

Nur im  
Abonnement

Die digitale Fabrik realisieren

www.productivity.de

# productivity

Fachmedium für Fabriksoftware

## Fabriksoftware

Digitalisierung

Smarte Daten

Prozessüberwachung

Energieoptimierung

Reihenfolgeplanung

Industrie 4.0-Readiness

Maschinelles Lernen

Marktüberblick:

Fabriksoftware

productivity 1.2018

Februar 2018

ISSN 2364-737X



Fachkongress  
**Fabriksoftware**  
15. und 16.02.2018

# Expertenwissen nutzen und Abonnent werden...

## productivity

Das Fachmedium für  
Fabriksoftware

Lesen Sie productivity zum  
Preis von **39,25 €** zzgl. Versand  
je Ausgabe, statt 44,00 € im  
Einzelverkauf.

Auslandspreise auf Anfrage



GITO mbH Verlag | Kaiserdamm 23, 14057 Berlin | Tel.: +49 30 419383-64 | Fax: +49 30 419383-67 | E-Mail: [service@gito.de](mailto:service@gito.de) | [www.gito.de](http://www.gito.de)

**Senden Sie eine E-Mail an:  
[service@gito.de](mailto:service@gito.de)**

Liefer- und Rechnungsanschrift

Stichwort „productivity im Abo“

\_\_\_\_\_  
*Name*

\_\_\_\_\_  
*Firma / Abteilung*

\_\_\_\_\_  
*Straße, Nr.*

\_\_\_\_\_  
*PLZ / Ort*

\_\_\_\_\_  
*Telefonnummer (für eventuelle Rückfragen)*

\_\_\_\_\_  
*E-Mail-Adresse*

-----  
*Datum, Unterschrift*

Möchte ich productivity nicht weiter beziehen, benachrichtige ich einfach bis vier Wochen vor Ablauf des Jahres den GITO Verlag. Ich kann das Abo nach Ablauf des Jahres jederzeit zum jeweils übernächsten Heft kündigen. Das Geld für bezahlte, aber noch nicht gelieferte Ausgaben, erhalte ich zurück.

# Fabriksoftware – der Schlüssel zum Erfolg

Zunehmend bestimmt die Fabriksoftware die Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen. Themen wie Industrie 4.0 oder IoT müssen von den Unternehmen beherrscht werden. Dieses haben wir zum Anlass genommen gleich mehrere Aktivitäten zu initiieren, um Ihnen als unsere Leser sowie weiteren Interessenten einen wertvollen Mehrwert zu bieten.

Gemeinsam mit dem Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0 haben wir den Wettbewerb „Fabriksoftware des Jahres“ zum ersten Mal ausgeschrieben. Bewerben konnten sich die Unternehmen in verschiedenen Kategorien – u. a. Prozesssteuerung, Logistik, IoT, Industrie 4.0 und MES. Die Finalisten dürfen sich im Rahmen unseres zweitägigem Fachkongresses Fabriksoftware vor der Jury aus Praxis, Beratung und Wissenschaft präsentieren. Dabei stehen nicht die funktionellen, sondern die weichen Kriterien im Fokus: bewertet werden die Plattformauglichkeit, ein möglicher Brownfield-Ansatz, die Darstellung eines konkreten Kundennutzens, die Interoperabilität, Aktivitäten in Forschung und Entwicklung sowie die Kundenkommunikation. Der zweite Tag des Fachkongresses ist für spannende und informative Vorträgen aus Praxis und Wissenschaft rund um das Thema Fabriksoftware reserviert. Als krönenden Abschluss werden die Sieger des Wettbewerbs bekanntgegeben und prämiert.

Sicherlich haben Sie es schon gesehen – die productivity trägt ab sofort den Untertitel „Fachmedium für Fabriksoftware“. Wir möchten damit unseren Fokus noch weiter schärfen. In Zukunft werden Sie Beiträge über die Anwendung und den Nutzen von Fabriksoftware auf den verschiedenen Ebenen der Fabrik lesen.

Schließlich ist der Schwerpunkt dieser Ausgabe auch Fabriksoftware. In unserem Marktüberblick stellen sich 40 Systeme vor. Die inhaltlichen Beiträge widmen sich unter anderem der Prozessüberwachung, dem Energiemanagement, der Supply Chain-Prozesse und benötigten Technologien für die Digitalisierung der Fabrik.



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau** ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, insb. Systeme und Prozesse an der Universität Potsdam und Herausgeber von productivity und Industrie 4.0 Management.

**Herausgeber**

Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau,  
Universität Potsdam  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Scholz-Reiter,  
Universität Bremen

**Redaktionsbeirat**

Bernd Balzer, Bosch Rexroth AG, Lohr  
Jan Franke, Brose Fahrzeugteile  
GmbH & Co. Kg, Coburg  
Heinz-Werner Marx, Daimler AG, Stuttgart  
Volker Schnittler, VDMA e.V., Frankfurt  
Horst Ziemer, Daimler-Benz,  
Ludwigsfelde GmbH

**Redaktionsleitung**

Hanna Theuer  
Sander Lass  
GITO mbH Verlag  
Kaiserdamm 23, 14057 Berlin  
Tel.: +49 331 977-3355  
Fax: +49 331 977-3406  
redaktion@productivity.de  
www.productivity.de  
Originalbeiträge werden an die Redaktion erbeten.

**Nachrichtenredaktion**

Wiebke Wegener  
nachrichten@gito.de

**Anzeigenleitung**

Martina Braun  
GITO mbH Verlag  
Kaiserdamm 23, 14057 Berlin  
Tel.: +49 30 419383-65  
Fax: +49 30 419383-67  
Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 23.

**Bezugsbedingungen**

productivity erscheint viermal jährlich.  
Jahresabonnementspreis 2018:  
EUR 157,- Inland zzgl. Versandkosten.  
Inlandspreise inkl. 7% USt.  
Für Studierende bei Einsendung einer Immatrikulationsbescheinigung 50% Ermäßigung.  
Auslandspreise auf Anfrage.

**Verlag und Vertrieb**

GITO mbH - Verlag für Industrielle  
Informationstechnik und Organisation,  
Kaiserdamm 23, 14057 Berlin  
Tel.: +49 30 419383-64  
Fax: +49 30 419383-67  
© 2018 GITO mbH - Verlag für Industrielle  
Informationstechnik und Organisation  
23. Jahrgang 2018  
(Jahrgänge 1-14 als ISSN 1434-2308)  
ISSN 2364-737X

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung des Verlages strafbar.

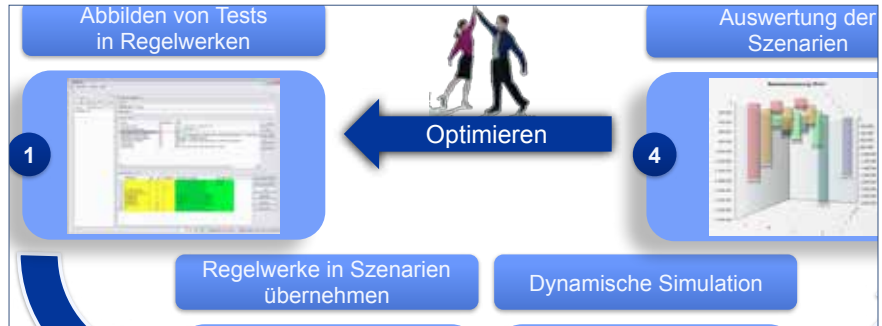
**Satz und Layout:** Wiebke Wegener  
**Druck:** Print Media Group GmbH & Co. KG  
**Titelgrafik:** Wiebke Wegener



**Disposition 4.0 für die Fabrik 4.0**

S. 12

Essentiell – aber noch unterentwickelt. Erfahren Sie, warum es sich lohnt, auf die Disposition achten



**Nutzenorientierter Einsatz digitaler Systeme zur Prozessüberwachung**

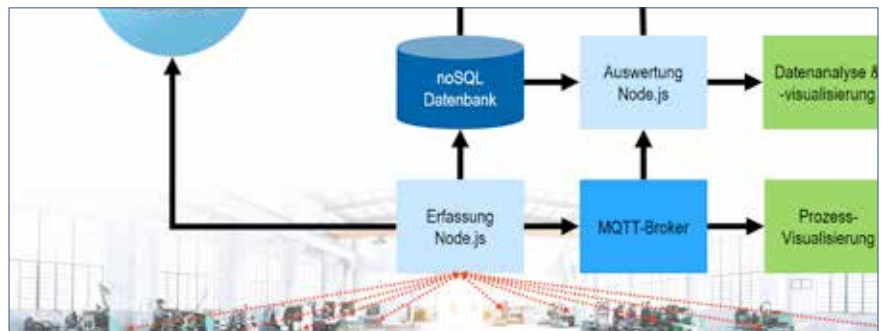
S. 28

Lesen Sie hier, wie maschinelles Lernen die Wartung und Instandhaltung vereinfacht

**Big Data mit MES**

S. 34

Big Data – blicken Sie hinter das Schlagwort und erfahren Sie, was wirklich drin steckt



Digitalisierung

**Wissen ist Trumpf – was der Digitalisierung noch im Wege steht**

S. 16

Lesen Sie hier, wie Sie Ihr Unternehmen für die Zukunft rüsten

**Realisierung digitaler Lösungen in produzierenden KMU**

S. 19

Die Qual der Wahl – erfahren Sie jetzt, welche Technologie Ihren Anforderungen entspricht

unbekannt (1)	irrelevant für Identifikationstechnologie		passiv (2)	aktiv (3)	14.0-konform
anonym bekannt (2)	Kennzeichnung einer Charge	Kamera und Bilderkennungssoftware	2D-Codes Barcodes QR-Codes RFID NFC und entsprechendes Lesegerät	Feldbusgerät	Echtzeitfähige Technologie
individuell bekannt (3)	Kennzeichnung mit Zeistempel und Produktname			Mobile Kommunikationsnetze	
als Entität verwaltet (4)				Industrial Ethernet WLAN	Drahtgebund Hochleistungskommunikation Echtzeitfähig

**Reihenfolgeplanung im Zeitalter von Industrie 4.0**

S. 23

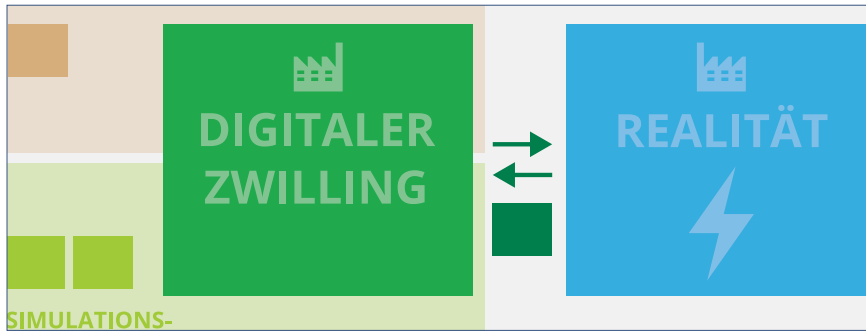
Finden Sie ein Optimierungsverfahren, das zu Ihnen passt

Energiemanagement

Softwareframework für die Energieoptimierung von Produktionssystemen

S. 37

So optimieren Sie Ihren Energieverbrauch und passen ihn individuell an Prozessabläufe an



Veränderungsmanagement

Organisation 4.0

S. 58

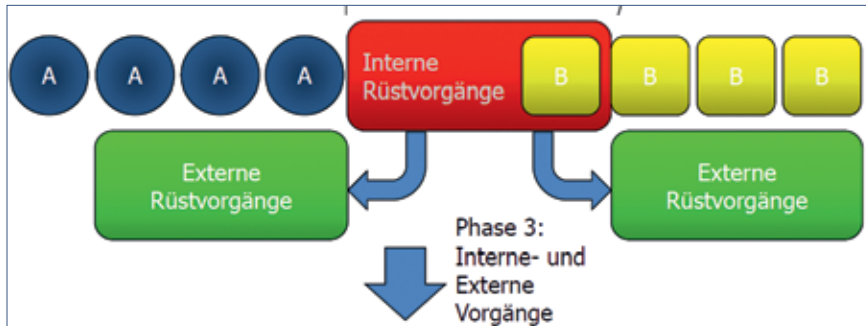
Vertrauen, Wertschätzung und Loyalität: So sieht die Mitarbeiterführung von morgen aus

Prozessverbesserung

Rüstzeiten als Schlüssel zur Wettbewerbsfähigkeit

S. 61

Wenn der Kunde König ist: mit Lean Management die individuellen Kundenwünsche erfüllen



Anwendungen in der Praxis

Haben Sie Ihre Supply Chain Transparenz im Blick?

S. 27

productivity Potenziale

Nachgefragt

Die Bedeutung von Lean Manufacturing – nachgefragt bei: LOEWE

S. 32

Die Bedeutung von Lean Manufacturing – nachgefragt bei: Nokia

S. 33

Marktüberblick „Fabriksoftware“

S. 40

Service

Nachrichten

S. 6

Anbieterportal

S. 65

Impressum

S. 4

Titel: zapp2photo / fotolia.com

# Das Anbieterportal productivity.de



Zur Realisierung der digitalen Fabrik bietet Ihnen das productivity.de-Anbieterportal zahlreiche

## Anbieter von A-Z



## geordnet nach Branchen



## und nach Leistungen



## Fachkongress

# Fabriksoftware

Beim diesjährigen Fachkongress **Fabriksoftware** mit dem Wettbewerb Fabriksoftware des Jahres werden am 15.02.2018 die Systeme des Wettbewerbs präsentiert und am 16.02.2018 praxisrelevante Vorträge zu folgenden Themen gehalten:

- Integration von Fabriksoftware in Industrie 4.0
- Digitalisierung der Fabrik
- Manufacturing Analytics
- Industrie 4.0-Technologien
- Produktionssysteme

Als Referenten sind vertreten:

**Prof. Dr.-Ing. Joachim Berlak**, software4production GmbH  
**Prof. Dr. Hartmut Binner**, Prof. Binner Akademie

**Nikolai D'Agostino**, CENIT AG  
**Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau**, Universität Potsdam  
**Bernd Hanstein**, RITTAL GmbH & Co. KG  
**Götz-Andreas Kemmner**, Abels & Kemmner Gesellschaft für Unternehmensberatung GmbH  
**Philipp Schlunder**, Rapid Miner  
**Volker Schnittler**, VDMA e.V., Informativ Technologies Department  
**René Wöstmann**, RIF e.V. Institut für Forschung und Transfer Abteilung Produktionssysteme

### Digitalisierungsnutzen in der Produktion genau berechnen

Für die Food-Branche trägt die Zukunft den Namen Lebensmittelindustrie 4.0 mit vollständiger Digitalisierung der Produktion. Diese Ausrichtung zielt darauf ab, eine flexiblere und effizientere Herstellung bei geringeren Kosten und einem gleichzeitigen Höchstmaß an Lebensmittelsicherheit zu erreichen. Diesem Themenfeld widmet sich der 10. Best Practice Day von FELTEN und der Höfelmeyer Waagen GmbH am 22. Februar 2018 in Georgsmarienhütte (bei Osnabrück), an dem auch die DLG inhaltlich mitwirken wird.

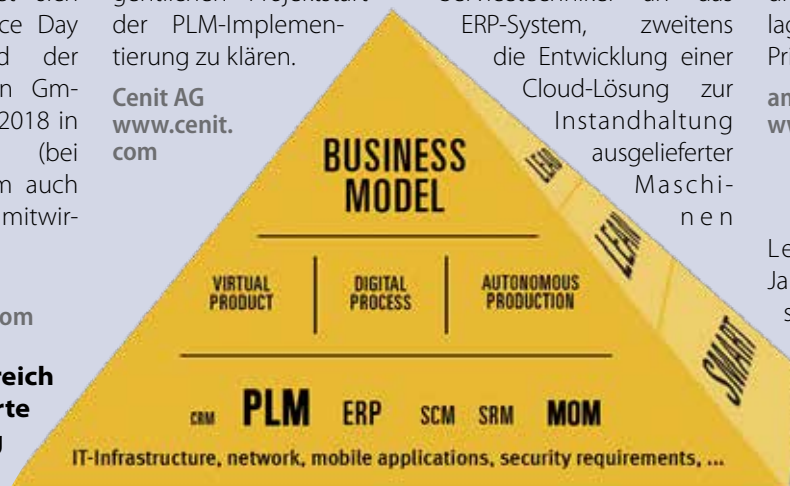
**FELTEN GmbH**  
[www.felten-group.com](http://www.felten-group.com)

### Erfolgreich durch smarte Digitalisierung

Die Digitale Transformation stellt das Management in Fertigungsun-

ternehmen vor bedeutende Gestaltungsaufgaben. Komplexe Zukunftsfragen verlangen vom Entscheider ein neues Denken. Die zentrale Frage dabei: Wann ist der beste Zeitpunkt, daraus die ersten Weichenstellungen abzuleiten und umzusetzen? Und wo sollten Veränderungen konkret ansetzen? Die CENIT AG unterstützt Entscheider dabei, grundlegende Fragestellungen vor dem eigentlichen Projektstart der PLM-Implementierung zu klären.

**Cenit AG**  
[www.cenit.com](http://www.cenit.com)



Die Cenit AG begleitet mit smartPLM die Digitalisierung in den wertschöpfenden Prozessen ihrer Kunden.

### Geschäftsprozesse mit ams.erp digitalisiert

Der Einzelfertiger Hoffmann Maschinen- und Apparatebau digitalisiert seine Geschäftsprozesse. Als zentrale Datendrehscheibe dient das Auftragsmanagementsystem ams.erp, das Hoffmann seit 2009 unternehmensweit im Einsatz hat. Der aktuelle Ausbau konzentriert sich auf drei Anwendungsfelder: Erstens die mobile Anbindung der Servicetechniker an das ERP-System, zweitens die Entwicklung einer Cloud-Lösung zur Instandhaltung ausgelieferter Maschinen

und drittens die Einführung eines papierlosen Belegflusses in der Kühlanlagenfertigung. Zusätzlich zum Servicebereich hat Hoffmann die Digitalisierung auch in der Fertigung vorangetrieben. Hier setzt der Maschinenbauer auf einer Zusammenarbeit mit der TU Braunschweig auf. Deren Ziel besteht darin, Hoffmanns Fertigungsorganisation umfassend zu optimieren. Hierzu gehört die Umstellung der Kälteanlagenproduktion auf das Prinzip der Fließfertigung.

**ams.Solution AG**  
[www.ams-erp.com](http://www.ams-erp.com)

### Kundenspezifisch produzieren

Lebensmittelhersteller Jancke GmbH steuert ab sofort ihre Unternehmensprozesse mit der GUS-OS Suite. Das ERP-System verzahnt die wesentlichen Abläufe des Lebensmittelherstellers, löst fünf zuvor eingesetzte IT-Insellösungen ab

und digitalisiert erstmals die Materialwirtschaft des Unternehmens. Zudem unterstützt das Basissystem der GUS-OS Suite bei Jancke unter anderem den Einkauf, die Produktion, den Verkauf, die Qualitätskontrolle und die Lagerverwaltung.

**GUS Deutschland GmbH**  
[www.gus-group.com](http://www.gus-group.com)

## Lösungskompetenz für alle IT-Szenarien

Angesichts der Digitalisierung sehen 73 Prozent der Unternehmen die Notwendigkeit zu erheblichen Modernisierungsschritten im Datacenter, das prognostizieren die Marktforscher von IDC. Die Treiber dafür sind Industrie 4.0, Internet of Things, Big Data und Edge-Computing. Relevanten Content über Lösungen für diese Herausforderungen erhalten Unternehmen ab sofort auf der neuen Website IT von Rittal.

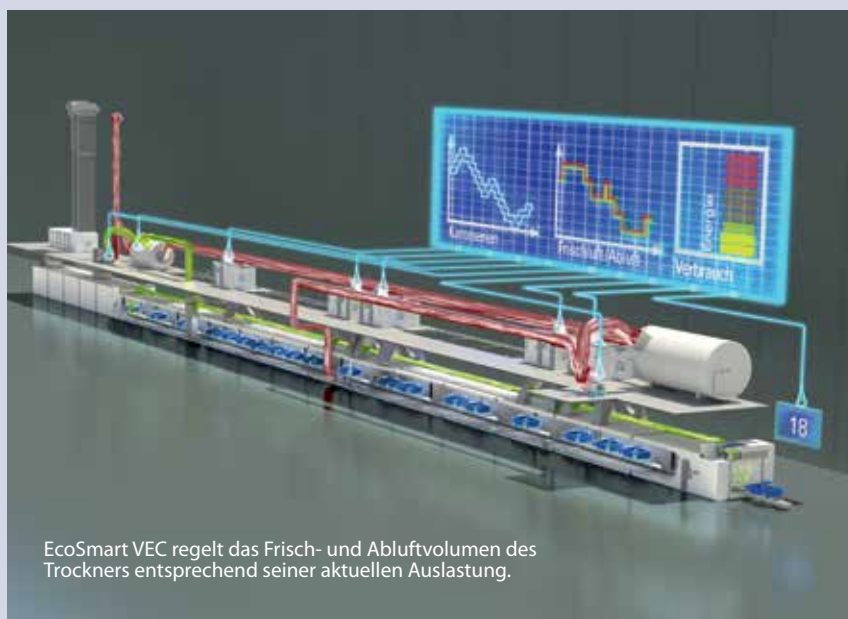
**Rittal GmbH & Co. KG**  
[www.rittal.com/](http://www.rittal.com/)  
[it-solutions/de](http://it-solutions/de)

## Lackiererei für Elektrofahrzeuge in China

Elektroautos gehört die Zukunft, denn sie ermöglichen eine emissionsfreie und

nachhaltige Mobilität. Neben den etablierten Automobilherstellern treten zunehmend neue Anbieter im Markt auf, speziell auch in China. Für einen lokalen OEM baut Dürr jetzt eine vollautomatische Lackiererei. Das Werk in Hefei ist auf eine Kapazität von 100.000 Einheiten pro Jahr ausgelegt und wird im Juni 2018 den Betrieb aufnehmen. Die Integration zahlreicher digital@DÜRR-Lösungen macht die Lackiererei zu einer Smart Factory mit umfassender Datennutzung. Die Anlage in Hefei kombiniert fortschrittliche Fahrzeugantriebe mit intelligenter Anlagentechnik und modernen Lackierkonzepten. Die Steuerung der gesamten Anlage mit Datenerfassung und -auswertung sowie Anlagenüberwachung übernimmt die Dürr Software-Lösung iTAC.MES.Suite. Das modulare MES gibt zu jedem Zeitpunkt einen detaillierten Einblick in die Produktionsabläufe und die Verbrauchsdaten.

**Dürr Systems AG**  
[www.durr.com](http://www.durr.com)



EcoSmart VEC regelt das Frisch- und Abluftvolumen des Trockners entsprechend seiner aktuellen Auslastung.

## Materialnachschub mit StockSAVER steuern

Der Automobilzulieferer Auto-Kabel konfektioniert in seiner Fertigung aus den hergestellten Kabeln fertige Leitungssätze zur Stromversorgung. Hierfür müssen unter anderem die eingesetzten Schweißmaschinen stets mit ausreichend Material versorgt werden, ohne dabei überflüssige Sicherheitsbestände aufzubauen. Der Schutz vor leerlaufendem Material sollte die Stillstandzeiten der Maschinen auf ein Minimum reduzie-

ren. Um dieses Ziel zu erreichen, benötigt Auto-Kabel volle Transparenz über die Bestände in den FIFO-Regalen sowie ein zuverlässiges, transparentes und nachrüstbares System zur Materialnachschubsteuerung. Die Antwort darauf findet Auto-Kabel bei WERMA in der einfachen Nachrüstlösung „StockSAVER“: Dieses System zur Prozessoptimierung schützt vor Leerlaufen der FIFO-Regale, löst typische Kanbanprobleme und reduziert sukzessiv bisher notwendige Sicherheitsbestände auf ein Minimum.

**WERMA Signaltechnik GmbH + Co. KG**  
[www.werma.com](http://www.werma.com)

## LogiMAT 2018 – die Messe mit Mehrwert

Umfassende Informationsvermittlung rund um die nachhaltigen Themen Digitalisierung, Industrie 4.0, Logistik 4.0 und Internet der Dinge (IoT) kennzeichnen das qualitativ einzigartige Rahmenprogramm der 16. Internationalen Fachmesse für Intralogistik-Lösungen und Prozessmanagement. Intralogistik aus erster Hand – das gilt für die Fachbesucher der LogiMAT traditio-



Logimat - Die Zukunft ist digital! - Wie neue Technologien und Innovationen unser Leben verändern, Nick Sohnemann.



nell sowohl für die Kommunikation mit den Ausstellern wie für das anspruchsvolle Rahmenprogramm. Mit dem Motto: „Digital – Vernetzt – Innovativ umreißt die 16. Fachmesse dabei griffig nicht nur die aktuellen Herausforderungen für Intralogistik und Supply Chain, sondern auch das Themenspektrum insbesondere der zahlreichen Fachforen. Die Messe findet vom 13. - 15. März 2018 in Stuttgart statt.

**Messe Stuttgart**  
[www.logimat-messe.de](http://www.logimat-messe.de)

### **LTE-Tablet für den robusten Arbeitseinsatz**

RugGear®, Hersteller von „Rugged Mobile Devices“, präsentiert mit dem RG910 sein erstes Rugged Tablet für den Einsatz in allen industriellen Arbeitsumgebungen. Das RG910 kombiniert die Robustheit eines IP68 und MIL-STD-810G-zertifizierten Tablets mit einem leistungsstarken 6000mAh-Akku. Sein 8 Zoll großer, kapazitiver Bildschirm mit einer maximalen Auflösung von 1920 x 1200 Pixeln (WUXGA, Seitenverhältnis 16:10) gibt Inhalte wie Texte, Bilder, Schaltpläne oder Videos in scharfer Auflösung wieder. Ein 2,0 GHz Octa-Core-Pro-

zessor von Qualcomm verleiht dem RG910 den nötigen Schwung für Apps, Programme und Verbindungen ins Internet. Für Letztere sorgt die Unterstützung des LTE-Bands sowie der gängigen WiFi-Standards. Das robuste Tablet kann zudem auch über Bluetooth 4.1 LE angesteuert werden. Das RG910, dessen Telefonfunktion vollumfänglich freigeschaltet ist, besitzt einen Arbeitsspeicher von 3 GB und einen internen Datenspeicher von 32 GB (über microSD®erweiterbar) und wird mit Android™7.1 ausgeliefert.

**RugGear®**  
[www.ruggear.de](http://www.ruggear.de)

### **Mit Virtual Reality ganze Anlagen planen**

Die Forderung nach Unterstützung bei der Planung einer Montage- oder Transferanlage setzt die Schnaithmann Maschinenbau GmbH, Systemlieferant für Automatisierungstechnik, mithilfe virtueller Realität um. Bereits in der Konzeptionsphase kann der Kunde seine spätere Anlage auf einem Holo-Deck „wie in echt“ erleben und auf ergonomische Gesichtspunkte oder Wartungsfreundlichkeit hin virtuell untersuchen. Auch beim Einlernen und Schulen von Mitarbeitern verspricht der Einsatz der Virtual-Reality-Technologie Vorteile. Die bei Schnaithmann hierfür eingesetzte Software mit der Bezeichnung Cross Connected wurde von Rüdener 3D Technology GmbH (R3DT) entwickelt. Das Spin-off des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) brachte Mitte 2017 die Software für industrielle Planungs- und Entwicklungsprozesse auf den Markt. Sie wurde von R3DT jetzt dahingehend weiterentwickelt, dass nun

auch große Datenmengen, wie sie bei Montageanlagen zwangsläufig anfallen, ohne großen vorherigen Aufwand oder die Einbeziehung von Dienstleistern virtuell genutzt werden können. Auf Basis von CAD-Daten ist vor Ort eine virtuelle Arbeitsplatz- und Anlagenplanung möglich, die den gesamten Konstruktionsprozess unterstützt und den Kunden in den Entwicklungsprozess einbezieht. Dies beinhaltet zum Beispiel Arbeitsablauf-Analysen (MTM-Analysen), Ergonomieuntersuchungen und Greifraum- oder Kollisionsüberprüfungen. Das Verfahren eignet sich auch für Erreichbarkeitsuntersuchungen für die Instandhaltung, Tests zu geplanten Umbauten oder Erweiterungen sowie für Schulungszwecke.

**Schnaithmann Maschinenbau GmbH**  
[www.schnaithmann.de](http://www.schnaithmann.de)

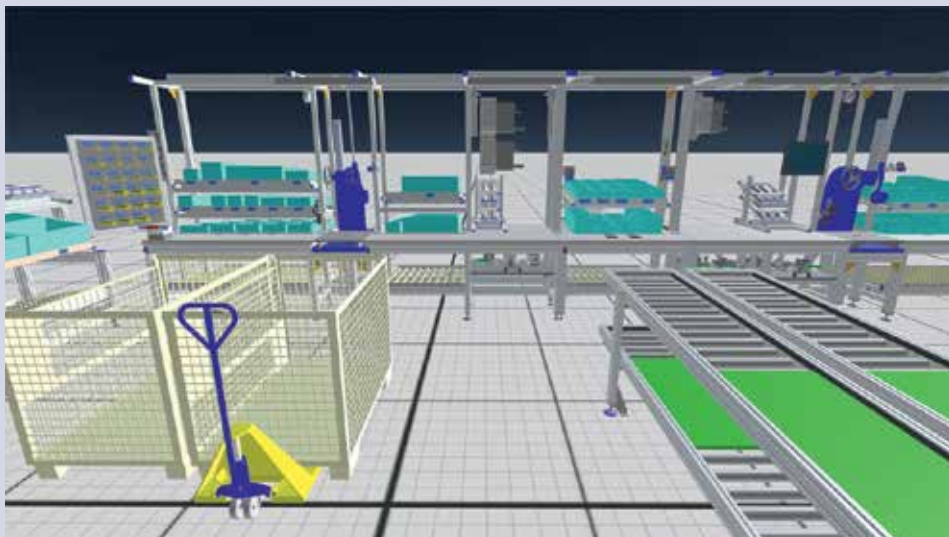
### **Nahtlose Interaktion zwischen Prozessplanung und Shopfloor**

Für SPRING Technologies, den Hersteller der CNC Maschinensoftware NCSIMUL SOLUTIONS, beginnt das neue Messejahr mit einem Ausstellungsstand und



Mit dem RG910 stellt RugGear sein erstes Rugged Tablet auf Android™-Basis vor, das sich für industrielle Arbeitsumgebungen und den ambitionierten Outdoor-Einsatz eignet.





Mit der Software von R3DT werden komplette Montageanlagen von Schnaithmann virtuell „wie in echt“ erlebbar.

## Prüfdaten mobil erfassen

Mit der neuen App zur mobilen Prüfdatenerfassung sorgt MPDV für mehr Flexibilität und Ergonomie bei der fertigungsbegleitenden Qualitätsprüfung. Bei der Erfassung von Prüfdaten stehen zwei wesentliche Anforderungen im Fokus: intuitive Bedienung und Verlässlichkeit der Daten. Die neue App zur Prüfdatenerfassung ermöglicht die mobile Prüfung variabler und attributiver Merkmale sowie Fehlersammelkarten. Zudem ist das Erzeugen einer Probe möglich, die dann im Prüflabor intensiver vermessen wird. Nutzt der Werker auch eine entsprechende App zur An- und Abmeldung von Aufträgen, so wird er automatisch auf die Fälligkeit von Prüfungen hingewiesen. Während der Prüfung selbst bekommt der Werker angezeigt, welche Werte er erfassen soll und ob die erfassten Daten plausibel sind bzw. innerhalb der vorgegebenen Toleranzen liegen. Dadurch wird sichergestellt, dass Mess-

Live-Demos auf der METAV in Düsseldorf. Die Internationale Messe für Technologien der Metallbearbeitung findet vom 20. bis 24. Februar 2018 statt und bildet das komplette Spektrum der Fertigungstechnik der metallverarbeitenden Industrien ab, klar gegliedert nach Schwerpunkten sowie Themen Areas. SPRING Technologies präsentiert den Fachbesuchern in der Halle 14, wie sich mit NCSIMUL SOLUTIONS ein komplett durchgängiger Prozess vom CAM System bis zum ersten fliegenden Span auf der Maschine umsetzen lässt: Die Maschinensimulation prüft den NC-Code nach dem Postprozessvorlauf, generiert kollisionsfreie Programme und optimiert gleichzeitig die Werkzeugpfade. Mithilfe des neuesten Moduls NCSIMUL 4CAM lassen sich CAM und NC-Programme automatisch auf verschiedene Maschinentypen und Steuerungen konvertieren, inklusive der NC Simulation und Optimierung, was schnelle und flexible Maschinenwechsel mit nur wenigen Klicks ermöglicht.

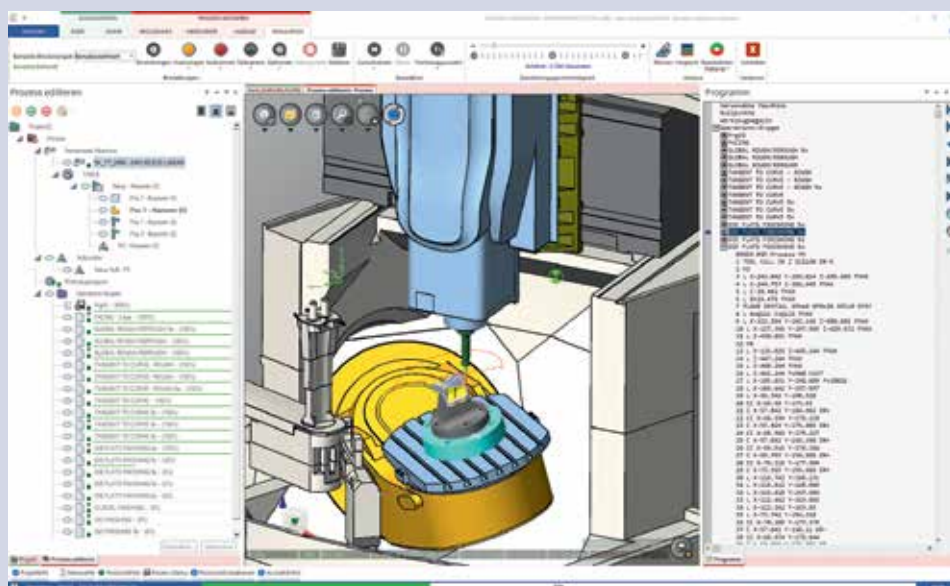
**SPRING Technologies GmbH**  
[www.ncsimul.de](http://www.ncsimul.de)

## 3-D-Time-of-Flight-Sensor- und Sicherheitsanwendungen

Rockwell Automation hat die Übernahme von Odos Imaging angekündigt, ein schottisches Technologieunternehmen, das dreidimensionale Time-of-Flight-Sensorsysteme für industrielle Bildverarbeitungsanwendungen anbietet. Rockwell Automation wird diese Technologie im Sensorbereich einsetzen, um

eine größere Bandbreite an anspruchsvollen Industrieanwendungen zu liefern, darunter Fahrzeugmontage und allgemeine Montage, Verpackung und Materialtransport sowie Logistik. Odos Imaging wurde 2010 gegründet, hat seinen Sitz in Edinburgh, Schottland, und entwickelt 3D-Bildverarbeitungstechnologien, die bessere Einblicke in die Fertigungssysteme liefern.

**Rockwell Automation, Inc**  
[www.rockwellautomation.de](http://www.rockwellautomation.de)



NCSIMUL SOLUTIONS integriert NC Simulation, Optimierung, digitales Werkzeugmanagement, sowie eine automatische Konvertierung von NC Programmen auf unterschiedliche Steuerungen und Maschinen (©SPRING Technologies).



Mobile Prüfdatenerfassung mit HYDRA und Smart MES Applications

und Eingabefehler bereits an der Quelle abgefangen werden.

MPDV Mikrolab GmbH  
www.mpdv.com

### Trends verändern 2018 die Fertigungsindustrie

Der ERP-Spezialist IFS erläutert, wie IoT-Technologie, Servitization und 3D-Druck die Digitalisierung der Fertigungsindustrie 2018 weiter vorantreiben werden: IoT wird fester Bestandteil des Produktdesigns, Servitization nimmt weiter an Fahrt

auf, Der 3D-Druck wird erwachsen.

IFS  
www.ifsworld.com/de

### Neue Studie zur Automatisierung

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT untersuchte gemeinsam mit der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie in seiner aktuellen Studie „Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau“ den Automatisierungsgrad der Fertigung des deutschen Werkzeugbaus.

Anhand einer Auswahl von Werkzeugbaubetrieben bietet die Studie einen Einblick in ihre Fertigungsstrukturen und vermittelt eine unternehmensinterne Sicht auf den Einsatz von Automatisierungslösungen. In der Studie analysierten die Wissenschaftler die Potenziale, den Nutzen und die Hindernisse der Automatisierung für die Branche. Die Autoren zeigen, dass für die Automatisierung des Werkzeugbaus in vielen Fällen noch Handlungsbedarf besteht und geben auf der Grundlage ihrer Ergebnisse konkrete Handlungsempfehlungen für zukünftige Automatisierungsprojekte.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT  
www.fraunhofer.de

### Auf die richtige Verbindung kommt es an

Wie genau Industrie 4.0 in der automatisierten Fertigung aussehen wird, lässt sich heute noch nicht genau absehen. Sicher ist, dass bei einer zunehmenden Vernetzung und Kommunikation von Anlagenkomponenten immer größere Datenmengen zuverlässig übertragen werden müssen und das auch unter schwierigsten Bedingungen. So sind Kabel und Leitungen insbesondere in Branchen wie dem Maschinenbau, der Robotik oder der Bahntechnik oft enormen Torsionsbelastungen oder extrem hohen Temperaturen ausgesetzt und kommen mit verschiedenen Chemikalien, Ölen oder Reinigungsmitteln in Kontakt. Auch das Thema Langlebigkeit ist in Bezug auf Industrie 4.0 in der Fertigungsbranche von essenzieller Bedeutung. Als Antwort auf die Megatrends Digitalisierung und Industrie 4.0 stellt der Kabelspezialist SAB eine

Reihe von neuen Industrial Ethernet Leitungen der Kategorie 6, 6A, 7 und 7A vor, die nicht nur äußerst robust sind, sondern auch eine schnelle und effiziente Datenübertragung gewährleisten. Im Fokus stehen dabei zwei Industrial Gigabit Ethernet Leitungen, die speziell für die steigenden Datenübertragungsraten in der Automatisierung entwickelt wurden. Neben CATLine CAT 7A RT, eine roboter-taugliche CAT 7A Leitung, präsentiert SAB Bröckskes eine schleppkettentaugliche Leitung mit UL/CSA Approbation - CATLine CAT 7A S.

SAB Bröckskes GmbH & Co. KG  
www.sab-kabel.de

### Innovationsstärke im Maschinenbau

Die Fachmesse für Produktion präsentierte sich erstmals mit Topthema 4.0 – Praxis für den Mittelstand und zieht eine positive Bilanz: 479 Aussteller, rund 12.000 Besucher und eine gestiegene Nachfrage nach Anlagen und Komponenten aus der Produktionstechnik – zum 30-jährigen Bestehen zieht die Fachmesse für Produktion eine positive Bilanz und präsentierte sich mit dem Topthema „4.0 – Praxis für den Mittelstand“ am Puls der Zeit. Sowohl junge als auch etablierte Unternehmen präsentierten auf dem Gelände der Hamburg Messe und Congress ihre innovativen Produkte und Lösungen im Zeitalter der Fertigung 4.0. Neben der Produktshow lobten die Besucher, mehrheitlich aus der metall- und kunststoff-bearbeitenden Industrie, das fachlich fundierte Konferenz- und Workshop-Programm der NORTEC, die am 26. Januar 2018 endete.

NORTEC  
www.nortec-hamburg.de



Fertigungsunternehmen beziehen IoT-Technologien zunehmend von Anfang an in ihr Produktdesign mit ein und treiben damit das Smart Manufacturing weiter voran (Quelle: IFS und EasyCompany).

## Robotic Process Automation neu gedacht

Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen stehen bei vielen Unternehmen auch 2018 weiterhin auf der Agenda. Robotic Process Automation (RPA) wird als vielversprechende Technologie gehandelt, um Arbeitsprozesse effizienter zu gestalten und Workflows zu automatisieren. Another Monday, Anbieter von intelligenter Prozessautomatisierung, erklärt, wie Unternehmen RPA nachhaltig zum Erfolg füh-

tritts ist eine Blackbox, zur der nur ausgewählte und zuvor angemeldete Kunden und Studenten Zutritt haben. Hinter geschlossenen Türen erwarten die Besucher dabei außergewöhnliche Überraschungen. Darüber hinaus zeigt der Logistikautomatisierer als weltweit größter Anbieter von fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) ein als Live-Demo betriebenes FTF in Aktion.

**Dematic GmbH**  
[www.dematic.com/de](http://www.dematic.com/de)



Unter anderem präsentiert Dematic den Taschensorter MonaLisa, der sich ideal für den Einsatz in der Retourenbearbeitung und im Fulfillment eignet. (Foto: Dematic).



Another Monday erklärt, wie Unternehmen das Maximum aus der Technologie herausholen.

ren können. Der Einsatz von Robotic Process Automation (RPA) verspricht Unternehmen Kostenersparnisse von bis 75 Prozent und Automatisierungsraten von bis zu 99 Prozent.

**Another Monday**  
[www.anothermonday.com](http://www.anothermonday.com)

## Branchenspezifische Automatisierungslösungen

Vom 13. bis 15. März präsentiert die Dematic GmbH branchenspezifische Automatisierungslösungen für den E-Commerce, das Lebensmittelgeschäft sowie den Bekleidungshandel auf der LogiMAT in Stuttgart. Auf der internationalen Fachmesse für Distribution, Material- und Informationsfluss stellt Dematic neu positioniert in Halle 1 (Stand H61) aus. Teil des neu konzipierten Messeauf-

## Automobilkonzern verkürzt Antwortzeiten bei Sicherheits-Incidents

Splunk Inc. (NASDAQ: SPLK) hat bekannt gegeben, dass der deutsche Automobilkonzern Daimler seine bisherige SIEM-Lösung durch Splunk Enterprise und Splunk Enterprise Security (ES) ersetzen wird. Der Konzern plant, Splunk ES als Nervenzentrum für Security Analytics einzusetzen, um sicherheitsrelevante Erkenntnisse aus dem gesamten Unternehmen zu gewinnen, was auch unternehmenskritische Umgebungen wie Fahrzeugsysteme und Fertigungsstraßen einschließt. Im Rahmen der Unternehmensstrategie, branchenführende Lösungen zu kaufen, anstatt eigene Lösungen zu entwickeln, gab der Konzern Splunk den

Vorzug gegenüber Open Source-Lösungen.

**Splunk Inc.**  
[www.splunk.com](http://www.splunk.com)

## Virtuelle und reale Produktionswelten verschmelzen

Die Wucht, mit der die digitale Transformation die automatisierte Produktion zu überrollen beginnt, wird auf der automatica 2018, von 19. bis 22. Juni in München, offenkundig. Begriffe wie Cloud Robotics, Deep Learning und Smart Production sind keine Schlagwörter mehr, sondern mehr und mehr gelebte Realität. Dass die Zukunft

der industriellen Fertigung komplett vernetzt sein wird, welche Vorteile daraus resultieren und wie einfach die dafür erforderlichen, offenen Netzwerke zu realisieren sind, werden die Aussteller auf der automatica belegen. Bereits heute steht fest: Bei vielen Anbietern lautet das Messemotto „Industrie 4.0“, „Smart Factory“ oder „digitale Vernetzung“ und die Innovationen, die in München präsentieren werden, haben eher revolutionären als evolutionären Charakter.

**automatica**  
[www.automatica-munich.com](http://www.automatica-munich.com)



In einer digital vernetzten Anlage, bei der alle Komponenten in die Cloud eingebunden sind, produzieren zwei Bearbeitungszentren und ein Roboter Komponenten für Roboter.

# Disposition 4.0 für die Fabrik 4.0

Götz-Andreas Kemmner und Gerrit Sames

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ warum die Disposition essentiell für Unternehmen ist,
- ✓ was einer erfolgreichen Disposition noch im Wege steht und
- ✓ wie es dennoch gelingt, sie zu verbessern.

Die Disposition ist zwar eine zentrale Funktion jedes Unternehmens, aber selbst heute, in der „Fabrik 3.0“ noch unterentwickelt. Ohne eine leistungsfähigere Disposition wird sich eine durchgängige Fabrik 4.0 nicht realisieren lassen. Die Grundlagen einer moderneren, leistungsfähigen und weiter automatisierbaren Disposition sind jedoch gelegt und werden von Technologieführern bereits eingesetzt. Rettung ist also nah.

Wir stehen an der Schwelle zur Fabrik 4.0 und die meisten Unternehmen versuchen den Grad der Digitalisierung weiter voranzutreiben. Die Disposition von Material, sowohl in der Beschaffung als auch in der Fertigung, wird auch in der Fabrik 4.0 eine zentrale Funktion bleiben. Bei oberflächlichem Blick könnte man den Eindruck gewinnen, dass die Disposition IT-technisch bereits weit vorangekommen ist; wer plant heute noch von Hand? Überall werden ERP-Systeme, Warenwirtschaftssysteme oder PPS-Systeme eingesetzt. Schaut man sich die Dispositionsprozesse jedoch genauer an, stellt man fest, dass in vielen Unternehmen, gewissermaßen getarnt durch ein IT-System, noch immer „mit der Hand am Arm“ disponiert wird.

In Optimierung und Automatisierung der Disposition steckt Potenzial

Viele Manager sehen zwar, dass die Datenqualität im ERP-System nicht zufriedenstellend ist, bezweifeln aber immer noch, dass sich durch das Nachjustieren von Dispositionsparametern viel erreichen lässt. Bei der richtigen oder zumindest verbesserten Einstellung der Dispositionsparameter geht es aber nicht um das Tuning eines eigentlich schon ausreichend starken Motors, aus dem nun noch das letzte herausgekitzelt werden soll, sondern darum, einen Motor erst einmal richtig zum Laufen zu bringen. Das folgende Praxisbeispiel aus einem internationalen Produktionsunternehmen mag dies verdeutlichen.

In manchen Fällen werden noch „Dispolisten“ aus dem ERP-System gezogen und die Disponenten entscheiden selbst über Bestelltermine und -mengen. Häufiger kommen die Dispositionsvorschläge zwar aus dem ERP-System, die Anwender überschreiben die vorgeschlagenen Bestelltermine und -mengen jedoch massiv. Ein Vergleich mit dem Reifegradmodell zur Industrie 4.0 (Bild 1) zeigt die zu schließende Lücke zwischen dem heutigen Stand und dem Industrie 4.0-Niveau am Beispiel der Beschaffungsprozesse.

Bild 2 zeigt, wie drastisch sich unterschiedliche Verfahrenseinstellungen auf Bestände und Lieferbereitschaft auswirken können. Ziel des Unternehmensbereiches war es, eine Lieferbereitschaft von 95 Prozent zum Markt hin sicherzustellen. Die dafür erforderlichen Bestände sollten möglichst gering gehalten werden. Wie die Abbildung zeigt, gelang es durch geeignetes Einstellen der Dispositionsparameter des ERP-Systems (Verfahrenskombination 1), die Lieferbereitschaft hinreichend sicherzustellen, allerdings auf Kosten eines um 18 Prozent höheren Bestandes. Durch weitere Optimierungen, ergänzt durch eine erweiterte Dispositions- und Prognosefunktionalität, konnte die geforderte Lieferbereitschaft letztlich sogar mit 40 Prozent weniger Bestand erreicht werden (Verfahrenskombination 3).

Zentrale Ursache für dieses Manko ist die Datenqualität der ERP-Systeme, die sich in zwei Dimensionen ausdrückt. Zum einen sind Stammdaten fehlend, falsch oder veraltet und zum anderen sind die Dispositionssysteme nicht richtig parametrisiert.

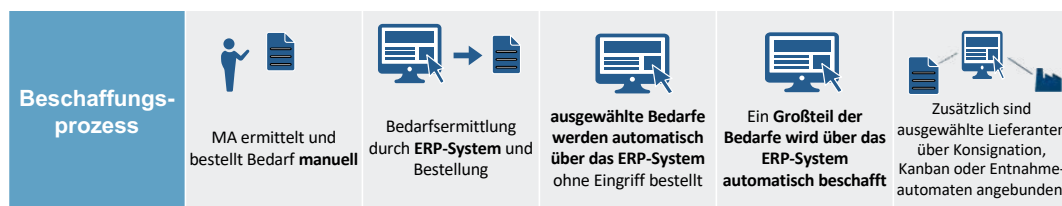


Bild 1: Die Bedeutung der Disposition zeigt sich auch im Industrie 4.0-Reifegradmodell (Quelle: THM Gießen und AWF-Arbeitsgemeinschaft Industrie 4.0).



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Götz-Andreas Kemmner ist Geschäftsführender Gesellschafter der Unternehmensberatung Abels & Kemmner GmbH und Honorarprofessor für Logistik und Supply Chain Management an der Westsächsischen Hochschule in Zwickau.



Prof. Dr.-Ing. Gerrit Sames ist Professor für allg. BWL, insbesondere Organisation mit Ausrichtung auf ERP-Systeme an der THM Business School in Gießen.

Es bedarf keiner großen Visionen, um zu erkennen, dass die Herausforderungen an die Disposition weiter wachsen werden. Die Zeit, die Disponentinnen und Disponenten zur Datenpflege zur Verfügung steht, wird zwangsläufig immer geringer werden; alleine schon aufgrund der demographischen Entwicklung wird das notwendige Personal immer stärker fehlen. Aber wohl noch entscheidender ist, dass das Verständnis der Anwender für die Auswirkung von Dispositionparametern sehr eingeschränkt ist, zumal selbst ausgewiesene Experten deren komplexes Zusammenwirken nicht mehr zuverlässig durchdringen können. Letztlich werden in den ERP-Systemen im Allgemeinen keine geeigneten Werkzeuge zur Optimierung der Dispositionparameter zur Verfügung gestellt. Schauen wir uns die Digitalisierungshemmnisse der Disposition im Einzelnen an:

**Hindernis 1: Die konventionelle Pflege von Dispositionparametern ist viel zu aufwändig.**

Ein einfaches Rechenbeispiel macht dies deutlich: Eine Disponentin ist für (nur) 1000 Artikel zuständig und konzentriert sich auf die Pflege der wesentlichsten zehn Dispositionparameter. Diese soll sie viermal im Jahr, also alle drei Monate überprüfen. Es ist sicherlich nicht übertrieben, von einer Prüfdauer von mindestens 60 Sekunden pro Dispositionparameter auszugehen, denn jede Materialnummer muss aufgerufen, die Masken mit den gewünschten Parametern müssen geladen werden und über die richtige Einstellung muss nachgedacht oder sie muss nachgeschlagen werden. Mit diesen Vorgaben ergibt sich ein erforderlicher Pflegeaufwand von 666 Stunden pro Jahr. Das entspricht ca. 40 Prozent der Jahresarbeitskapazität einer Person.

Der vollständige Pflegeaufwand ist sogar noch größer: In leistungsfähigen ERP-Systemen lassen sich pro Materialnummer weit mehr als nur zehn Dispositionparameter einstellen. Im SAP-System können bei Bedarf beispielsweise über 130 Parameter für jedes Material festgelegt werden; dabei sind Einstellungen zu Vergangenheitswerten, Quotierungen, Lieferplänen und Kontrakten noch gar nicht enthalten. Natürlich benötigt niemand so viele Einstellungen für einen Artikel zur selben Zeit; weit mehr als zehn sind es in der Praxis jedoch allemal.

**Hindernis 2: Die konventionelle Pflege von Dispositionparametern liefert keine reproduzierbaren Dispositionsergebnisse.**

Dieser Effekt ist jedem Praktiker bekannt, doch die meisten Unternehmen tun wenig dagegen. Jeder Anwender gewichtet Sachverhalte anders, verhält sich damit anders und hat darüber hinaus nur den Überblick über einen Teil des Geschehens. Mit jeder Urlaubs- oder Krankheitsvertretung, mit je-

dem Personalwechsel verändert sich die Dispositionswelt der betroffenen Artikel, was wiederum Auswirkungen auf alle nachfolgenden Dispositionsstufen hat.

**Hindernis 3: Eine konventionelle Pflege von Dispositionparametern liefert keine wirtschaftlich optimierten Ergebnisse.**

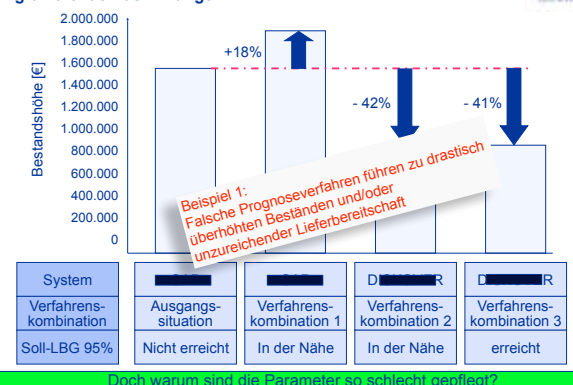
Wirtschaftlich optimierte Dispositionsergebnisse lassen sich nicht per Bauchgefühl erreichen, denn das Zusammenspiel der verschiedenen Dispositionseinstellungen ist äußerst komplex. Letztlich geht es um statistische Effekte und statistische Zusammenhänge zwischen Parametereinstellungen und wirtschaftlichen Ergebnissen, deren vollständige Auswirkungen selbst Fachspezialisten nicht mehr voraussehen können. Auf den ersten Blick erscheint es daher schwierig, unter diesen Umständen zu richtig eingestellten Dispositionparametern zu gelangen.

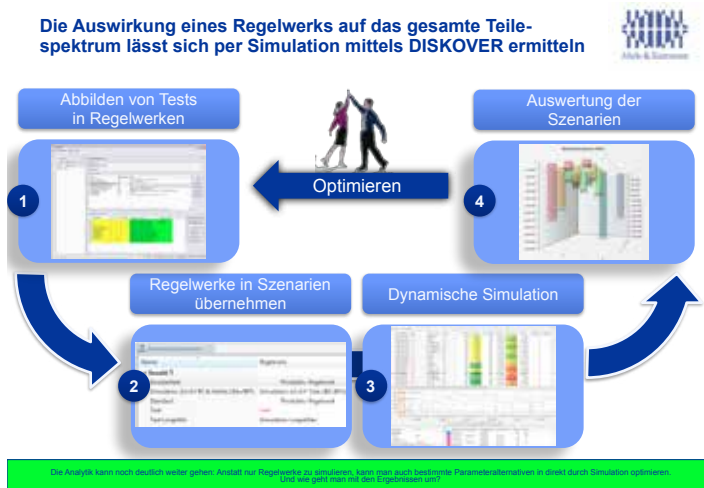
Smart Data Analytics eröffnet breite Möglichkeiten für die Disposition 4.0

Heinrich von Pierer, dem ehemaligen Vorstandsvorsitzenden von Siemens, wird das Bonmot zugeschrieben: "Wenn Siemens wüsste, was Siemens weiß". Entsprechendes gilt für unsere ERP-Systeme. Die meisten Unternehmen sind sich gar nicht darüber im Klaren, was ihre ERP-Systeme alle wissen; welcher enormer Fundus an Erkenntnissen zur Optimierung der Disposition aus dem gesammelten Datenpool gezogen werden kann, wenn man nur die richtigen Instrumente dafür hat. Ein solches Analyseinstrument stellt beispielsweise das System DISCOVER SCO der SCT GmbH dar. Das System ist in der Lage, die umfangreichen Datenbestände eines ERP-Systems zu nutzen, um mittels Simulation optimierte Parametereinstellungen zu ermitteln und bestimmte Dispositionparameter laufend nachjustieren. Mit Simulationsansätzen arbeitet man heute an vielen Stellen. So werden Fahrzeugkarosserien bereits während der Entwicklung im CAD-System 'gecrasht' und auf Grund der Simulationsergebnisse optimiert. Entsprechendes gilt bei der Entwicklung von Formen für formgebende Fertigungsprozesse wie Gießen, Schmieden oder Spritzgießen. Auch in diesen Fällen wird das Fließen des Materials beim Einspritzen in die Form simuliert, um die Formgebung zu optimieren.

**Bild 2: Falsche Dispositionparameter haben häufig gravierende Auswirkungen.**

**Falsche Planungs- und Dispositionparameter haben häufig gravierende Auswirkungen**





**Bild 3:** Die Auswirkung eines Regelwerks auf das gesamte Teilespektrum lässt sich per Simulation mittels DISCOVER ermitteln.

Simulation auch zur Optimierung von Dispositionsparametern und Stammdaten einzusetzen, ist deshalb ein eigentlich naheliegender Ansatz. Will man sich nicht mit „Küchendisposition“ zufriedengeben, ist es auch praktisch der einzige Ansatz, dem komplexen Zusammenwirken von Dispositionsparametern auf die Schliche zu kommen. Mittels Simulationen wird überprüft, wie sich bestimmte Kombinationen von Dispositionsparametereinstellungen auf die Wirtschaftlichkeit der Dispositionsergebnisse auswirken. Das System „crasht“ sozusagen die Disposition im Rechner, ehe die Parametereinstellungen in der Praxis umgesetzt werden.

Obwohl DISCOVER SCO Parametereinstellungen zum Teil bereits automatisch optimiert, ersetzt der Simulationsprozess noch nicht den Fachmann, der die Simulationsergebnisse interpretieren und daraus Schlüsse ziehen kann. Optimierungsprozesse werden jedoch drastisch beschleunigt, Risiken deutlich verringert und es werden qualitativ weit bessere Ergebnisse erreicht. Die Simulationsergebnisse können einerseits in Dispositionsregelwerken abgebildet werden, andererseits werden besonders dynamische Parametereinstellungen, wie Sicherheitsbestände oder Prognosewerte, durch Simulationsprozesse direkt nachjustiert.

Sehr interessant ist dabei auch, dass sich für jeden einzelnen Artikel und jedes Material direkt überprüfen lässt, ob geforderte Lieferbereitschaftsgrade in der Praxis überhaupt eingehalten werden können und welche Durchschnittsbestände erreicht werden müssen. Der grundsätzliche Ablauf der Datenanalysen und Simulationen lässt sich in vier Schritte unterteilen:

Der erste Schritt ist die Übernahme umfangreicher Stamm- und Bewegungsdaten aus dem ERP-System mit denen der gesamte Wertstrom sowie der Planungs- und Dispositionsprozess im Simulationssystem abgebildet werden.

Im zweiten Schritt können nun unterschiedliche Kombinationen von Dispo-Parametereinstellungen und Dispositionsstrategien nach logistischen und wirtschaftlichen Kriterien wie z. B. erreichbare Lieferbereitschaft, Durchschnittsbestände oder Lagerhaltungs- und Bestellkosten simuliert und miteinander verglichen werden. Um die Auswirkungen alternativer Dispositionseinstellungen für unterschiedliche Artikelgruppen zu simulieren, werden zu testende Dispositionsparametereinstellungen oder ganze Regelwerke in Szenarien übernommen und durchsimuliert. Die Ergebnisse lassen sich direkt als Gesamtergebnis über alle Artikel sowie für jeden einzelnen Artikel ansehen, um daraus ggf. Hinweise für Optimierungsansätze zu erhalten. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Handlungsalternativen durchspielen und miteinander vergleichen (Bild 3).

Als Ergebnis der Datenanalysen gewinnt man nicht nur Informationen zu den richtigen Parametereinstellungen im ERP-System, sondern auch strategische Erkenntnisse und Organisationsregeln, die für das logistische Geschäftsmodell eines Unternehmens von großer Bedeutung sein können, an dieser Stelle aber nicht weiter diskutiert werden sollen.

Von direkter Bedeutung für die Disposition 4.0 ist nun, wie man die gewonnenen Erkenntnisse zur richtigen Einstellung von Dispositionsparametern in der Praxis effektiv und effizient anwenden kann. Der dritte Schritt besteht darin, die aus der Simulation gewonnenen Erkenntnisse mit welchen Einstellungen und unter welchen Randbedingungen optimierte Bestandshöhen sowie Reichweiten resp. Lieferbereitschaftsgrade erreicht werden, in Entscheidungstabellen und Regelwerken abzulegen.

„Dispo-Handbücher“ oder einfache Arbeitsanweisungen werden diesen Regelwerken nicht gerecht. Das liegt nicht nur daran, dass es für die Anwender viel zu aufwändig wäre, zwecks Datenpflege die Regeln nachzuschlagen. Entscheidender ist, dass die Regelwerke auf einer großen Zahl unterschiedlicher Materialklassifizierungen aufsetzen, die laufend neu berechnet werden müssen und ohne welche die Regelwerke nicht funktionieren.

Der vierte und letzte Schritt, die Optimierung und das Rückspielen der Ergebnisse ins ERP-System, erfolgt daher im System DISCOVER täglich automatisch oder zu wählbaren Zeiten. Systeme, die dem ERP-System die jeweils aktuellen Dispositionsparametereinstellungen vorgeben und auf diese Weise die Logistikperformance optimieren, kann man als „ERP Performance Management

Systeme“ ansehen oder sie einfach als „Dispo 4.0-System“ bezeichnen (Bild 4).

Ein solches ERP-Performance Management System / Dispo 4.0-System regelt die Parametereinstellungen im ERP-System nach. Es muss dazu

- ein breites Spektrum an Stamm- und Bewegungsdaten aus dem ERP-System übernehmen,
- zahlreiche Artikelklassifizierungen und Kennzahlenermittlungen vornehmen,
- Regelwerke und Entscheidungstabellen abbilden,
- über umfangreiche Simulationsfunktionen verfügen, und
- die Einstellungsvorgaben an das ERP-System zurückgeben.

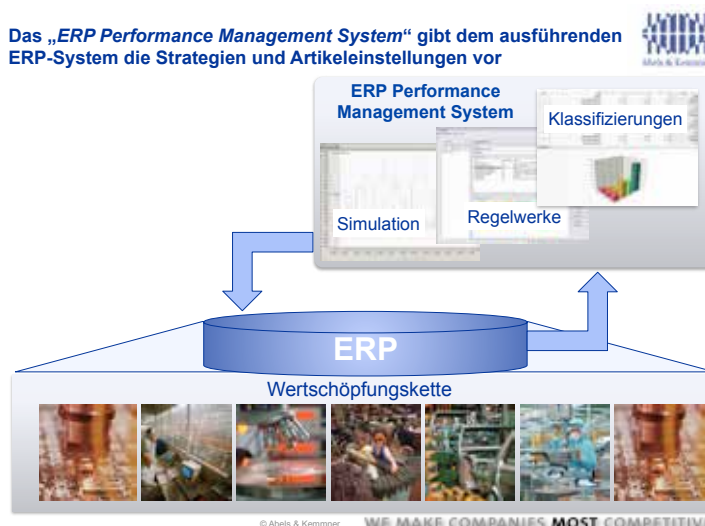
Für Klassifizierungen und einfache Regelwerke gibt es bereits verschiedene Lösungen am Markt, bei den Simulationsfunktionen trennt sich heute jedoch die Spreu vom Weizen. Durch die vorgestellte Vorgehensweise kann die manuelle Pflege von Dispoparametern entfallen und die Qualität der Dispositionsvorschläge wird besser. Wenn sich die Disponenten seltener dazu gezwungen sehen, die Dispositionsvorschläge des IT-Systems anzupassen, werden Dispositionsergebnisse reproduzierbarer und da die Dispositionsparameter gezielt auf eine möglichst wirtschaftliche Wertschöpfungskette hin optimiert worden sind, ergeben sich effektivere Dispositionsergebnisse. Letztlich lässt sich damit der Automatisierungsgrad der Disposition steigern, da der Teil der Artikel, der automatisch disponiert werden kann, deutlich ansteigt. Wie weit die Automatisierung getrieben werden kann, hängt hauptsächlich vom Detaillierungsgrad der erarbeiteten Dispositionsregelwerke ab.

### Dispo 4.0 ist bereits Realität

Auch wenn der Markt noch dünn gesät ist, auf „Smart Company Data“ basierendes ERP-Performance Management ist in der Praxis angekommen und bei Technologieführern bereits im Einsatz. Das zeigen die Beispiele von drei Unternehmen, die in diesem Bereich sehr weit vorangeschritten sind:

- Die Hansaflex AG, weltweit einer der führenden Systemanbieter rund um die Hydraulik, disponiert ca. 400 Regionalläger praktisch vollautomatisch. Bedarfsprognosen, Lagerhaltungs- und Dispositionsstrategien werden von DISCOVER durch automatische Simulation und mittels eines differenzierten Regelwerks dem SAP-System vorgegeben.
- Die TROST Fahrzeugteile, eine Marke der WMSE, einer der führenden Kfz-Teilegroßhändler im Independent Aftermarket in

Das „ERP Performance Management System“ gibt dem ausführenden ERP-System die Strategien und Artikeleinstellungen vor



Deutschland und in Europa, steuert über die ebenfalls im DISCOVER-System definierten Planungs- und Dispositions-Regelwerke die Disposition seines Zentrallagers und der ca. 150 Niederlassungen in Deutschland, Österreich, Tschechien, der Slowakei und Rumänien.

- Die STO-Gruppe - international führender Hersteller von Farben, Putzen, Lacken und Beschichtungssystemen sowie Wärmedämmverbundsystemen - setzt zur Steuerung der Nachbevorratung seiner Filialen in Deutschland und Europa das Dispo 4.0-System DISCOVER ein, um mittels Regelwerken und Simulation dem SAP®-System unter Wirtschaftlichkeitskriterien optimierte Nachbevorratungsstrategien vorzugeben.

In allen drei Fällen wurden bedeutende Bestandsreduzierungen, verbesserte Lieferbereitschaft und rationellere Dispositionsprozesse erreicht. Alle drei Unternehmen sehen die Einführung des Dispo 4.0-Systems als strategische Investition in die Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit und Ertragsstärke an.

Ein leistungsfähiges Dispo 4.0-System kann man als CNC-Steuerung der Werkzeugmaschine ERP-System ansehen. Ähnlich wie Fertigungsqualität, -genauigkeit und -effizienz durch den Sprung von der manuell bedienten Werkzeugmaschine zur CNC-Maschine massiv gestiegen sind, wird die Ansteuerung des ERP-Systems durch Dispo 4.0-Systeme die Dispositionsqualität, -genauigkeit und -effizienz deutlich vorantreiben und die Disposition reif für die Fabrik 4.0 machen.

#### Schlüsselwörter:

Automatisation, Disposition, MES, Reifegradmodell, Industrie 4.0

Bild 4: Das „ERP Performance Management System“ gibt dem ausführenden ERP-System die Strategien und Artikeleinstellungen vor.

#### Disposition 4.0 for a Factory 4.0

Although the disposition represents an essential function in every company, it is still underdeveloped. Without a strong disposition an encompassing factory 4.0 can not be realized. The path of a modern, efficient and further automatized disposition has been traced and is already used by technology leaders. Therefore, salvation is close.

#### Keywords:

Automatisation, Disposition, MES, Maturity Modell, Industrie 4.0

# Wissen ist Trumpf – was der Digitalisierung noch im Wege steht

Ergebnisse der Perfect Production Umfrage in 2017 zur Nutzung von Industrie 4.0-Modellen

Jochen Schumacher

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ in welchen Bereichen die Unternehmen einen Nutzen von Industrie 4.0 für ihr Unternehmen sehen,
- ✓ wie Industrie 4.0-Modelle bisher genutzt werden und
- ✓ durch welche Einflussfaktoren Unternehmen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 behindert werden.

Nachdem die Bundesregierung bereits im Jahr 2013 ihre Industrie 4.0-Vision auf der Plattform Industrie 4.0 vorstellte, scheint die Digitalisierung in den Unternehmen selbst vier Jahre nach dem Start immer noch verzögert zu starten. Dieser Artikel stellt die wichtigsten Ergebnisse aus der Umfrage vor und zeigt Hindernisse der Digitalisierung auf.

Bereits im Jahr 2013 präsentierte die Bundesregierung zusammen mit deutschen Spitzenverbänden die Vision Industrie 4.0 auf der Plattform Industrie 4.0. Inhaltlich geht es darin um drei Themenfelder [1]:

1. „Intelligente, digital vernetzte Systeme, mit deren Hilfe eine weitestgehend selbstorganisierte Produktion möglich wird“
2. „Produktions- und Logistikprozesse zwischen Unternehmen im selben Produktionsprozess werden intelligent mit einander verzahnt“
3. „Wertschöpfungsketten (...), die alle Phasen des Lebenszyklus des Produkts miteinschließen, von der Idee eines Produkts über die Entwicklung, Fertigung, Nutzung und Wartung bis zum Recycling“

Im Rahmen der Perfect Production-Umfrage zu Industrie 4.0 im Herbst 2017 wurde untersucht, wo die Unternehmen seit der Ankündigung von Industrie 4.0 aktuell stehen, nach welchen Industrie 4.0-Modellen sie vorgehen und welche Hindernisse es eventuell noch gibt. Befragt wurden produzierende Unternehmen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. Teilgenommen haben 68 Unternehmen überwiegend aus den Branchen Automotive, Metallverarbeitung, Kunststoffverarbeitung und Maschinen- und Anlagenbau.

## Der Nutzen von Industrie 4.0

Zunächst wurden die Unternehmen gefragt, wie hoch sie den Nutzen von Industrie 4.0 für das eigene Unternehmen sehen. Der größte

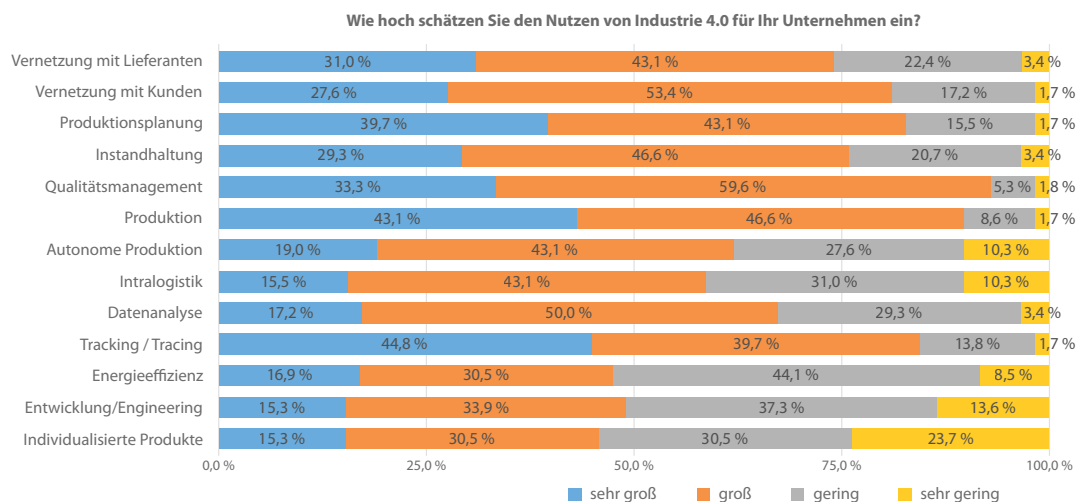


Bild 1: Nutzen von Industrie 4.0 für das eigene Unternehmen



Jochen Schumacher ist Geschäftsführer der Perfect Production GmbH, einer Unternehmensberatung für produzierende Unternehmen (Lean & IT).

[www.perfect-production.de](http://www.perfect-production.de)



Nutzen wird dabei in den Bereichen Produktion (digitales Abbild in Echtzeit, papierlose Kommunikation), Qualitätsmanagement (digitale Erfassung und Analyse von Qualitätsdaten, selbststeuernde Regelkreise), Tracking und Tracing (vollständige und digitale Erfassung aller Daten zur Rückverfolgung, z. B. Chargen, Qualitätsdaten, Prozessdaten), Produktionsplanung (autonom/optimiert) und Vernetzung mit Kunden und Lieferanten gesehen (Bild 1).

### Der Status Quo der Industrie 4.0-Einführung

Obwohl der Nutzen von Industrie 4.0 sehr hoch eingeschätzt wurde, haben nur ca. 50 Prozent der befragten Unternehmen erste Projekte gestartet bzw. geplant (vgl. Bild 2), d. h. rund die Hälfte der Unternehmen beobachtet derzeit noch das Thema bzw. hat sich noch gar nicht mit Industrie 4.0 beschäftigt.

Der Status Quo in der Produktion sowie im Bereich der produktionsnahen IT sieht wie folgt aus. 50 Prozent der Unternehmen setzen bereits Manufacturing Execution Systeme (MES) in der Produktion ein, 96 Prozent im Bereich Auftragsmanagement, 94 im Bereich Datenerfassung (Mengen, Zeiten, Prozessdaten, Störungen), 79 Prozent im Bereich Feinplanung und 72 Prozent im Bereich Leistungsanalyse. Alle anderen MES-Funktionalitäten gemäß VDI 5600 werden deutlich seltener genutzt.

Im Bereich Lean Production fehlt den Unternehmen in den meisten Fällen noch eine gute Ausgangsbasis. Zwar beschäftigen sich 87 Prozent mit Ordnung und Sauberkeit (5S Methode), an Themen der Prozessstabilisierung und KVP arbeiten jedoch nur ca. 55 Prozent der befragten Unternehmen. Ca. 45 Prozent der Unternehmen gaben an, dezentraler Produktionsplanung bzw. selbststeuernde Regelkreise (Kanban) im Unternehmen etabliert zu haben.

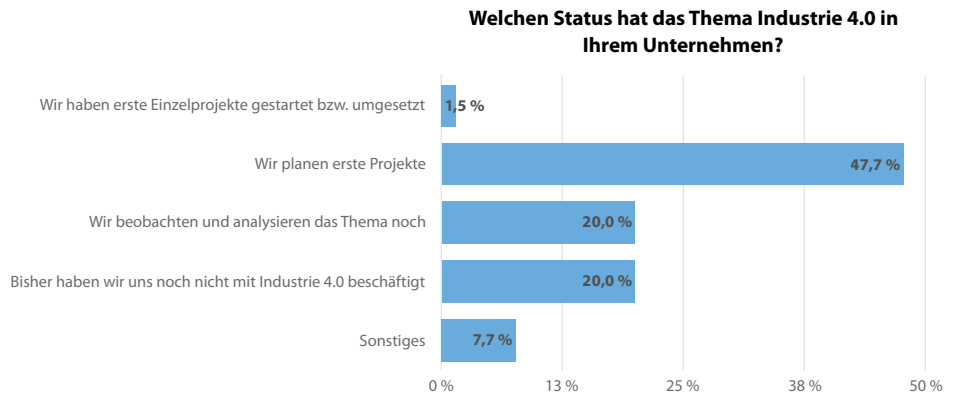
### Nutzung von Industrie 4.0-Modellen

Bereits kurz nach der Kommunikation der Industrie 4.0-Vision im Jahr 2013 entwickelten und veröffentlichten IT-Anbieter, Verbände, Beratungshäuser und For-

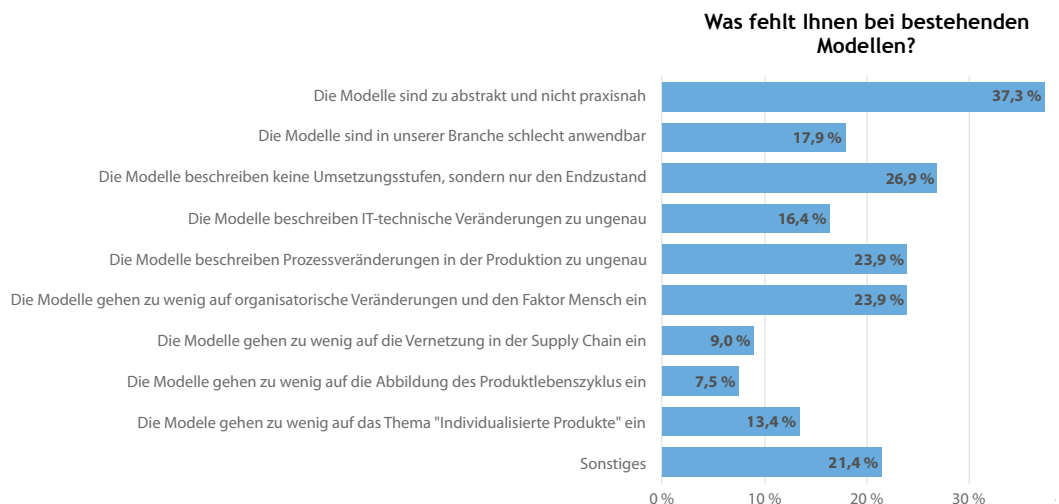
schungsinstitute verschiedene, unterschiedlich ausgeprägte Industrie 4.0-Modelle und -Readiness Indizes. Auf die Frage, ob sie ein für die Umsetzung von Industrie 4.0 geeignetes Modell für ihr Unternehmen gefunden haben, antworteten 86 Prozent der befragten Unternehmen dennoch mit „Nein“. Bild 3 zeigt die am häufigsten genannten Defizite bestehender Industrie 4.0-Modelle aus Sicht der Unternehmen.

Am häufigsten wurde bemängelt, dass die Modelle zu abstrakt und nicht praxisnah seien (37 Prozent). Ein weiterer Kritikpunkt lag darin, dass die Modelle keine Umsetzungsstufen, sondern nur den Endzustand beschreiben (27 Prozent). Dies erschwert den Unternehmen die Status Quo-Bestimmung sowie den Einstieg in Industrie 4.0. Bemängelt wurde auch, dass die bestehenden Modelle zu wenig auf die erforderlichen Prozessveränderungen eingehen, die mit der Digitalisierung einhergehen (24 Prozent). Auch auf organisatorische Veränderungen und den Faktor Mensch wird offenbar zu wenig eingegangen (24 Prozent).

Als einzige namentlich erwähnte Modelle, die als Vorlage bei der Umsetzung von Industrie 4.0

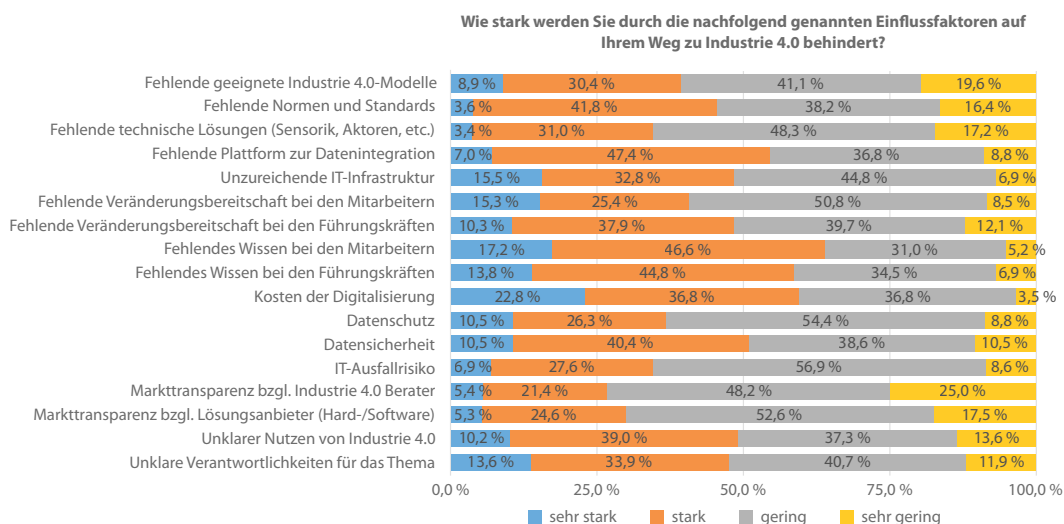


**Bild 2: Der Status Quo der Industrie 4.0-Einführung im Unternehmen**



**Bild 3: Defizite bestehender Industrie 4.0-Modelle**

**Bild 4: Hindernisse auf dem Weg zu Industrie 4.0**



dienten, wurde einerseits das Modell „Industrie 4.0 Maturity Index“ von acatech [2] genannt. Dieses Modell zeigt Gestaltungsfelder auf (Informationssysteme, Kultur, Organisationsstruktur, Ressourcen) sowie die Reifegradstufen Computerisierung, Konnektivität, Sichtbarkeit, Transparenz, Prognosefähigkeit und Adaptierbarkeit. Daneben wurde noch das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 RAMI 4.0 [3] genannt. RAMI 4.0 führt alle Elemente und IT-relevanten Komponenten in einem Schichten- und Lebenszyklusmodell zusammen.

### Hindernisse auf dem Weg zu Industrie 4.0

Aus der bisher geringen Nutzung der bestehenden Industrie 4.0-Modelle lässt sich ableiten, dass nach wie vor Bedarf an geeigneten Modellen besteht, die als Vorlage bei der praktischen Umsetzung von Industrie 4.0 dienen können. Das Fehlen solcher Modelle wurde jedoch nur von 39 Prozent der Unternehmen als starkes bis sehr starkes Hindernis gesehen (Bild 4). 63 Prozent gaben als stärksten Hindernisgrund das fehlende Wissen von Mitarbeitern an, 60 Prozent nannten die Kosten der Digitalisierung und 59 Prozent nannten das fehlende Wissen von Führungskräften. Erst dann folgten technische Hindernisse, wie fehlende Plattformen zur Datenintegration (54 Prozent), Datensicherheit (51 Prozent) oder Infrastruktur (48 Prozent) wie Netzwerke, Maschinenanbindung, etc.

### Ausblick

Viele Unternehmen zögern derzeit noch mit dem Einstieg in Indus-

trie 4.0. Die Ursache liegt dabei mehr am Wissen der eigenen Mitarbeiter als an der Verfügbarkeit der erforderlichen Technologien. Das fehlende Wissen lässt sich dabei sicher auch mit dem Fehlen geeigneter Industrie 4.0-Modelle begründen. Erst wenn es anerkannte und für die praktische Umsetzung geeignete Industrie 4.0-Modelle gibt, lässt sich darauf auch ein Schulungs- und Weiterbildungsangebot für Mitarbeiter und Führungskräfte aufbauen. Ein solches Modell müsste Handlungsempfehlungen für die drei Bereiche

- vernetzte, weitestgehend selbstorganisierte Produktion
- Vernetzung zwischen den Unternehmen in der Supply Chain
- Abbildung des Produktlebenszyklus von der Idee über die Entwicklung, Fertigung, Nutzung und Wartung bis zum Recycling umfassen, um den Unternehmen einen vollumfänglichen Einstieg in Industrie 4.0 gemäß Plattform Industrie 4.0 zu ermöglichen. Ferner sollte es als Stufenmodell konzipiert sein, um Unternehmen bei der schrittweisen Vorgehensweise anzuleiten.

Zur Schaffung einer optimalen Ausgangsbasis für Industrie 4.0 ist zu empfehlen, die Prozesse vor der Digitalisierung mit Lean-Methoden zu verschlanken. Dadurch lässt sich der Digitalisierungsaufwand erheblich reduzieren, so benötigt ein sich selbst steuernder Kanban-Prozess beispielsweise keine aufwändigen Planungsfunktionalitäten.

### Schlüsselwörter:

Industrie 4.0, Digitalisierung, RAMI, acatech, Readiness Index, Umfrage, Status Quo Modell, Produktion, Supply Chain, Produkt Lebenszyklus, Reifegrad, Manufacturing Execution System (MES), Lean Production

### Literatur

- [1] Plattform Industrie 4.0, <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html>
- [2] Schuh, Anderl, Gausemeier, Hompel, Wahlster (Hrsg.): Acatech Industrie 4.0 Maturity Index. Utz Verlag, 2017
- [3] Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0), <http://www.plattform-i40.de/I40/Online-Bibliothek>

### Knowledge is Power – What Get in the Way of Digitalisation

Already in 2013, the Vision Industry 4.0 was presented on the Industry 4.0 platform (<http://www.plattform-i40.de>). As part of an Industry 4.0 survey in 2017, it emerged that only 50 % of manufacturing companies are dealing with the subject of Industry 4.0, although a great deal of benefit is seen in the areas of production, quality management, tracking & tracing, production planning and networking with customers and suppliers. The reason for the delayed entry into Industry 4.0 is mainly the lack of knowledge among employees and executives, which can be explained by the lack of suitable practical Industry 4.0 models.

### Keywords:

Industrie 4.0, IIOT, Digitization, RAMI, acatech, Readiness Index, Survey, Status Quo, Model, Production, Supply Chain, Product Lifecycle, Maturity Index, Manufacturing Execution System (MES), Lean Production

# Realisierung digitaler Lösungen in produzierenden KMU

## Identifikation und Auswahl benötigter Technologien

Riccardo Prielipp, Ralph Riedel, Nadine Göhlert und Philipp Wilsky

Sowohl klassische Automatisierungslösungen als auch neuartige produktionsnahe Dienstleistungen basieren auf der Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von Daten. Für die Implementierung solcher digitalen Lösungen werden neben einem geeigneten Informationsmanagement auch verschiedene Technologien zur Umsetzung der Prozesse und zur Nutzung der Daten benötigt. Gerade kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) fällt die anwendungsbezogene Auswahl solcher Technologien erfahrungsgemäß schwer. Der in diesem Beitrag vorgestellte methodische Ansatz soll diese Unternehmen aktiv bei der anwendungsbezogenen Auswahl entsprechender Technologien unterstützen, indem er die Technologien systematisiert und die Komplexität der Entscheidungsfindung merklich verringert.

Für die Realisierung datenbasierter Lösungen sind der Informationsfluss und das damit verbundene Informationsmanagement von entscheidender Bedeutung. Die Technologien, welche digitale Lösungen prägen, sind daher weitestgehend von den Anforderungen des Informationsflusses abhängig. Dabei zielen gerade klassische Automatisierungslösungen auf die Steuerung von Aktoren auf Grundlage von Informationen. Bevor diese Informationen in einem System genutzt werden können, muss jenes sie vorab erheben, übertragen, verarbeiten und interpretieren. Die gleiche Vorgehensweise gilt für die Implementierung produktionsnaher Dienstleistungen, wie es viele KMUs aktuell beabsichtigen [1]. Für die Planung digitaler Lösungen gilt zu klären, welche Informationen benötigt werden, wie und wo sie zu erheben, wie sie zu strukturieren sowie zu speichern sind und welchen Mehrwert sie bringen sollen.

Digitale Lösungen können als System betrachtet werden, welches sich durch einen iterativen Informationsprozess mit den Elementen der Akquise, Kommunikation und Verarbeitung von Daten sowie der Analyse, Interpretation und Nutzung von Informationen charakterisiert. Zur näheren Beschreibung dieser Prozessschritte dienen methodische, datenbeschreibende und technologische Faktoren, wie Bild 1 verdeutlicht.

Der in diesem Beitrag vorgestellte konzeptionelle Ansatz zur Auswahl anwendungsspezifischer Technologien geht über klassische Reifegradmodelle – die i. d. R. die gesamtunter-

nehmerische Aufstellung in Bezug zur Industrie 4.0 analysieren [2] – hinaus. Die Methode zielt dabei zunächst rein auf die Auswahl von Technologien und bezieht in der bisher entwickelten ersten Phase methodische und datenbeschreibende Faktoren vorerst nicht mit ein.

### Aufbau der Methode

Für mehrwertschaffende digitale Lösungen sind Informationen verschiedener Informationsträger – insbesondere des Produktes und der Produktion – miteinander in der Informationswelt zu vernetzen. Ist die Zielstellung, beispielsweise mittels maschinellem Lernen, optimale Maschinenparameter für die Produktion eines Produktes festzulegen, müssen dafür die Qualitätsdaten des Produktes mit den Fertigungsparametern der Maschine verbunden werden. So lässt sich ableiten, welche Einstellungen der Maschine zu welcher Güte der Produkte führten.

Mit Schwerpunkt auf produzierende KMUs liegt auch der Fokus der hier vorgestellten Methodik auf dem Produkt, der Produktion und der Informationswelt. Dafür wurde die Methode des morphologischen Kastens gewählt. Mit der Anwendung einer Morphologie werden zunächst übergeordnete Anwendungsebenen gebildet. Den Anwendungsebenen werden Merkmale zugeordnet, welche selbst in Ausprägungsstufen unterteilt sind, die wiederum Entwicklungsgrade aufweisen. Es entsteht eine modulare Hierarchie, welche beliebig verfeinert werden

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ welche grundlegenden Technologien für digitale Lösungen in produzierenden KMUs benötigt werden,
- ✓ wie diese Technologien systematisiert werden können und
- ✓ wie diese Systematisierung die Implementierung digitaler Lösungen unterstützt.

**Riccardo Prielipp, M.Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Chemnitz, Fachbereich Fabrikplanung und Digitale Fabrik. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Mensch-Roboter-Kollaboration und digitale sowie produktionsnahe Dienstleistungen.

**Prof. Dr. Ralph Riedel** ist außerplanmäßiger Professor an der Technischen Universität Chemnitz und leitet die Fachgruppe Fabrikbetrieb/Qualitätsmanagement. Neben diversen Lehraufgaben arbeitet er an zahlreichen Forschungsprojekten.

**Dipl.-Wirt.-Ing. Nadine Göhlert** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Technischen Universität Chemnitz, Fachbereich Fabrikbetrieb/Qualitätsmanagement. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen in der Organisations- und Prozessgestaltung sowie im Projektmanagement.

**Philipp Wilsky, M.Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Chemnitz, Fachbereich Fabrikbetrieb/Qualitätsmanagement. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in der Fabrikorganisation sowie deren Planung und Simulation.

[www.tu-chemnitz.de/mb/FabrPlan/](http://www.tu-chemnitz.de/mb/FabrPlan/)

**Bild 1: Faktoren des Informationskreislaufes zur Realisierung digitaler Lösungen**



kann. Merkmale, die den Informationsfluss beschreiben sind im Wesentlichen die Elemente und Funktionen eines cyber-physischen Systems (CPS). Zu diesen zählen die Bekanntheitsgrade und Kommunikationsfähigkeit der Objekte und des Menschen, die Reaktionsgeschwindigkeit und die Echtzeit-Qualität des Systems, vorhandene Sensoren, Aktoren und Schnittstellen, einbezogene Softwaresysteme bzw. deren Funktionen sowie die Ebene der Datenverarbeitung [3].

Ist die anwendungsbezogene Zielstellung eines Unternehmens erschlossen, kann auf Beschaffenheitsmerkmale rückgeschlossen werden, welche die Umsetzung der Lösung voraussetzt. Mit dem Vergleich der anwendungsbezogenen Ausgangssituation eines Unternehmens mit dessen Zielstellungen ist es möglich, einen ersten Investitionsbedarf abzuleiten. Für die konkrete Ableitung der benötigten Technologien besitzen zum einen die Entwicklungsgrade der einzelnen Merkmale eine entscheidende Bedeutung, da digitale Lösung zur Realisierung immer gewisse Mindestanforderungen an das Gesamtsystem stellen. Zum anderen gestattet es der modulare Aufbau von jeder Ausprägungsstufe bzw. insbesondere von der Kombination von Ausprägungsstufen, Rückschlüsse auf geeignete Technologien zu ziehen. Bild 2 verdeutlicht die Methodik und die beschriebenen Zusammenhänge. Ein nachfolgend beschriebenes Anwendungsbeispiel wird mithilfe des morphologischen Kastens dargestellt.

Anwendungsbeispiel in einem produzierenden KMU

Im Anwendungsbeispiel handelt es sich um ein produzierendes KMU mit mehreren Standorten, welches aufgrund seiner Flexibilität und seines Maschinenparks nicht nach vollautomatischen Lösungen, sondern vor allem nach investitionsarmen Lösungen strebt. Das vorab beschriebene Szenario des maschinellen Lernens soll nachfolgend die Anwendung und den Nutzen der Methode demonstrieren: Wie bereits erwähnt, geht

es im Kern darum, Maschinen- daten – mit Aussagefähigkeit über bestimmte Parameter des Produktionsprozesses – mit Qualitätsdaten der gefertigten Produkte zu verknüpfen. Dabei wird angenommen, dass die Qualität eindeutig zu einer signifikanten Menge an Produkten in einem Qualitätssicherungssystem regelmäßig festgehalten wird. Mittels einer Analysesoftware sollen Rückschlüsse gezogen werden, welche Maschinenparameter zu Gut-Teilen und welche zu Schlecht-Teilen führen sowie welche Maschinenparameter welche Produktqualitätsmerkmale beeinflussen.

Zur Einordnung in den morphologischen Kasten sind zunächst die Anwendungsebenen zu definieren. Dabei werden die produzierende Maschine der Anwendungsebene der Produktion (Produktionsanlage) und die von der Maschine gefertigten Produkte der Anwendungsebene des Produktes zugeordnet. Die digitale Lösung entsteht in der Informationswelt, welche selbst einen Produkt- und Produktionsbezug besitzen kann.

Zunächst soll die Anwendungsebene des Produktes betrachtet werden. Jedes Merkmal, was in den nachfolgenden Ausführungen nicht erwähnt wird, spielt bei der Umsetzung des Anwendungsfalls keine Rolle. Es wird angenommen, dass die Produkte Informationsträger sind, die jedoch aus Wirtschaftlichkeitsgründen die Produktion nicht aktiv steuern, sondern lediglich den einbezogenen Produktionsanlagen und Menschen die Information bei Bedarf zur Verfügung stellen. Da in diesem Beispiel das Unternehmen über mehrere Produktionsstandorte verfügt, sind die Informationen auf Unternehmensebene bereitzustellen. Aus Kostengründen werden sie hier auch verarbeitet. Die Merkmale der Anwendungsebene des Produktes benötigen daher die Ausprägung „passive Schnittstelle“ bei der Kommunikationsfähigkeit und „auf Unternehmensebene“ beim Merkmal Datenverarbeitung. Alle weiteren Merkmale sind für das Anwendungsszenario unbedeutend.

## Literatur

- [1] Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Mittelstand Digital – Strategien zur Digitalen Transformation der Unternehmensprozesse, März 2017, S. 9
- [2] Vgl. Wahlster, W. (Hrsg.): Industrie 4.0 Maturity Index. Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten, Herbert Utz Verlag, München, 2017
- [3] Vgl. Prielipp, R.: Technologieanalyse für die Implementierung datengetriebener Lösungen in produzierenden klein- und mittelständischen Unternehmen im Kontext des Internets der Dinge, Chemnitz, November 2017
- [4] Vgl. DIN SPEC 91345:2016-04, S. 12, 16
- [5] Vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI): Statusreport Industrie 4.0 – Technical Assets, Grundlegende Begriffe, Konzepte, Lebenszyklen und Verwaltung; VDI Verlag; Düsseldorf; November 2015, S. 15

Die Produktionsanlage im betrachteten Szenario sollte mit entsprechenden Sensoren ausgestattet sein, die für die Aufnahme der relevanten Fertigungsparameter benötigt werden. Gleichzeitig wäre es für die Umsetzung des Anwendungsfalls hilfreich, dass die Maschine automatisch erkennt, welches Produkt gerade bearbeitet wird, um die Datenzuordnung später zu vereinfachen. Die passive Kommunikationsschnittstelle des Produktes muss also mit entsprechender Sensorik ausgelesen werden. Die Maschine benötigt darüber hinaus selbst eine „passive Schnittstelle“, um die Daten bereitzustellen. Für die Reaktionszeit reicht es einen „manuellen Datenabgleich bei Bedarf“ beispielsweise mittels Batchlauf vorzunehmen. Die Datenverarbeitungsebene richtet sich dadurch an das Gesamtsystem und nimmt ebenfalls die „Unternehmensebene“ ein.

In der Informationswelt fließen die erhobenen Daten zusammen. Die Qualitätssicherung prüft die gefertigten Produkte anhand verschiedener Kriterien und bewertet die Qualität im Qualitätssicherungssystem. Hierfür werden Eingabegeräte benötigt (Schnittstelle des Menschen zur Informationswelt) und sowohl das jeweilige Produkt als auch die jeweilige Produktionsanlage

müssen individuell in der Informationswelt bekannt sein (Bekanntheit Produkt und Bekanntheit Produktion). Der etwaige Funktionsbereich der produktionsbezogene Softwarelösung zur Umsetzung des Anwendungsfalls benötigt eine „Analysefunktion“. Hierfür sind sowohl die Maschinendaten als auch die Produktdaten in ein übergeordnetes System zu übertragen und dann mittels entsprechenden Data Mining-Methoden zu analysieren. Für das Angebot einer solchen Lösung sind zudem eine „Informationsbereitstellung“ sowie eine „Verwaltung“ sicherzustellen. Zur Informationsbereitstellung und zur Verwendung der erkannten Muster werden zudem „Ausgabegeräte“ benötigt. Die Schnittstelle des Menschen zur Informationswelt erhält daher die Ausprägung „beidseitiger Austausch“. Das Anwendungsszenario stellt sich im Bild 2 mittels orange hinterlegter Felder dar.

Durch die Möglichkeit, den einzelnen Ausprägungsstufen der verschiedenen Merkmale der Morphologien unterschiedliche Technologien zuzuordnen, gestattet die Anwendung der Methode auf das Anwendungsbeispiel es im Folgenden, nicht geeignete Technologien auszuschließen und so die Komplexität bei der Auswahl zu verringern.

**Bild 2: Technologiefinder für produzierende Unternehmen in höchster Abstraktionsebene mit farblicher Kennzeichnung des Produkt- sowie Produktionsbezuges**

Merkmale		Ausprägungsstufen								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Produkt	Reaktionszeit	keine Reaktionszeit	manueller Abgleich bei Bedarf	auf Mustererkennung oder langfristig	auf Sekundärebene	Auf Mikrosekundenebene	Auf Mikrosekundenebene oder schneller			
	Echtzeit-Qualität	keine Echtzeitfähigkeit	weiche Echtzeitfähigkeit	harte Echtzeitfähigkeit	keine Echtzeitfähigkeit					
	Sensoren	keine	optisch	akustisch	thermoelektrisch	mechanisch	fluidisch	elektromagnetisch	chemisch	biologisch
	Kommunikationsfähigkeit	keine	passive Schnittstelle	aktive Schnittstelle	IoT-konforme Schnittstelle					
	Mensch-Produkt-Schnittstelle	keine	Eingabe durch den Mensch möglich	Ausgabe aus Produkt möglich	Beidseitiger Austausch					
	Datenverarbeitungsebene	keine	In der Komponente	Im Produkt	auf Fertigungsebene	Auf Steuerungsebene Ebene	Auf Netzwerkebene	Auf Ebene der Technischen Anlage	Auf Unternehmensebene	Auf Ebene der erweiterten Welt
	Aktoren	keine	manuell	teilautomatisch	vollautomatisch					
Informationswelt	Bekanntheit Produkt	unbekannt	anonym bekannt	individuell bekannt	als Einheit verarbeitbar					
	Bekanntheit Produktion	unbekannt	anonym bekannt	individuell bekannt	als Einheit verarbeitbar					
	Bekanntheit Mensch	unbekannt	anonym bekannt	individuell bekannt	als Einheit verarbeitbar					
	Schnittstelle des Menschen zur Informationswelt	keine	Eingabe durch den Mensch möglich	Ausgabe aus Produktion möglich	Beidseitiger Austausch					
	Funktionsbereich produktbezogene Software	keine	Verwaltung	Planung	Analyse	Modellierung	Simulation	Informationsbereitstellung	Regelung und Steuerung	
	Funktionsbereich produktionsbezogene Software	keine	Verwaltung	Planung	Analyse	Modellierung	Simulation	Informationsbereitstellung	Regelung und Steuerung	
	Funktionsbereich Dienstleistungssoftware	keine	Verwaltung	Planung	Analyse	Modellierung	Simulation	Informationsbereitstellung	Regelung und Steuerung	
Produktion	Reaktionszeit	keine Reaktionszeit	manueller Abgleich bei Bedarf	auf Mustererkennung oder langfristig	auf Sekundärebene	Auf Mikrosekundenebene	Auf Mikrosekundenebene oder schneller			
	Echtzeit-Qualität	keine Echtzeitfähigkeit	weiche Echtzeitfähigkeit	harte Echtzeitfähigkeit	keine Echtzeitfähigkeit					
	Sensoren	keine	optisch	akustisch	thermoelektrisch	mechanisch	fluidisch	elektromagnetisch	chemisch	biologisch
	Kommunikationsfähigkeit	keine	passive Schnittstelle	aktive Schnittstelle	IoT-konforme Schnittstelle					
	Mensch-Maschine-Schnittstelle	keine	Eingabe durch den Mensch möglich	Ausgabe aus Maschine möglich	Beidseitiger Austausch					
	Datenverarbeitungsebene	keine	In der Komponente	In der Maschine	auf Fertigungsebene	Auf Steuerungsebene Ebene	Auf Netzwerkebene	Auf Ebene der Technischen Anlage	Auf Unternehmensebene	Auf Ebene der erweiterten Welt
	Aktoren	keine	manuell	teilautomatisch	vollautomatisch					

**Bild 3: Technologie-matrix aus Bekanntheitsgrad, Kommunikationsfähigkeit und Technologie-Reifegrad**

		C-Klasse (Communication)			
		nicht (1)	passiv (2)	aktiv (3)	I4.0-konform (4)
Bekanntheitsgrad	unbekannt (1)	irrelevant für Identifikationstechnologie			
	anonym bekannt (2)	Kennzeichnung einer Charge	Kamera und Bilderkennungssoftware	2D-Codes Barcodes QR-Codes RFID NFC und entsprechendes Lesegerät	Feldbusgerät
	individuell bekannt (3)	Kennzeichnung mit Zeistempel und Produktname			Mobile Kommunikationsnetze
	als Entität verwaltet (4)			Industrial Ethernet WLAN	Echtzeitfähige Drahtloskommunikation (5G)

TRL 1-3
TRL 4-6
TRL 7-8
TRL 9

### Ausblick: Weitere Schritte des Konzeptes

Die Beschreibung dieser Zielsituation und der Vergleich mit der anwendungsspezifischen Ausgangssituation stellt die erste Phase der Analyse dar. In einem nächsten Schritt ist von den einzelnen Merkmalen oder der Kombination aus Merkmalen auf konkrete Technologien zu schließen. Dabei lässt sich der Detaillierungsgrad des Entwicklungsbedarfs durch die Kombination mit weiteren, bisher noch nicht betrachteten Merkmalen stetig erhöhen. Dies soll an zwei Beispielen verdeutlicht werden:

Ein sehr einfaches Beispiel aus der Methode ist die weitere Unterteilung der Ausprägungsstufe „Eingabe durch den Menschen ist möglich“ des Merkmals Schnittstelle des Menschen zur Informationswelt. Diese Eingabegeräte können untergliedert werden in Tastaturen und Mäuse, Touch-Pads, Controller, Knöpfe und Hebel, Stellräder, Sprachsteuerungsgeräte, Gestensteuerungs- oder Irisbewegungsmessgeräte. Neben dieser Untergliederung können weitere Merkmale zur Auswahl solcher technischen Geräte wie die Umgebungsbedingungen, die Kosten oder die Benutzerfreundlichkeit herangezogen werden.

Ein weiteres Beispiel ist die Kombination der Merkmale Bekanntheitsgrad und Kommunikationsfähigkeit, welche auf den in der DIN SPEC 91345 getroffenen Ausprägungsstufen basiert. Demnach lassen sich je nach Anwendungsfall unterschiedlich benötigte Ausprägungen des Bekanntheitsgrades (unbekannt, anonym bekannt, individuell bekannt, als Entität verwaltet) und der Kommunikationsfähigkeit (nicht, passiv, aktiv, I4.0-konform)

ableiten [4]. Diese unterschiedlichen Ausprägungskombinationen führen zur Communication Presentation-Ziffernotation (CP-Klassifizierung), welche wiederum auf unterschiedliche Technologien schließen lässt [5], die mindestens zur Realisierung des Anwendungsfalls benötigt werden. Bild 3 verdeutlicht dies durch eine Auswahl verschiedener Technologien zur Identifikation und Kommunikation.

Neben diesem Anwendungsbeispiel wurde die Methodik bereits an vier Anwendungspartnern der produzierenden Industrie angewandt. Das Konzept bildet derzeit lediglich einen Teil des Sachverhaltes ab und ist in der weiteren Bearbeitung um eine datenbezogene Sicht – insbesondere Datenarten und -formate – zu erweitern. Durch die weitere Arbeit und Vertiefung der Betrachtungsebene der einzelnen Module des morphologischen Kastens soll es in Zukunft möglich sein, von Anwendungsszenarien und Umgebungsbedingungen auf detaillierte Technologievorschläge zu schließen, welche die bisherigen allgemeinen Vorschläge der Methode übertreffen. Die Einteilung der bisherigen Anwendungsfälle der produzierenden Industrie lassen den Schluss zu, dass das Konzept hierfür grundlegend geeignet ist. Allerdings besteht weiterer Entwicklungsbedarf. Langfristig könnte das Konzept als Fabriksoftware umgesetzt werden, welche den Übergang der taktischen zur operativen Planung unterstützt.

### Danksagung

*Dieser Beitrag entstand im Rahmen von Vorstudien des vom BMBF geförderten Projekts „Plug\_and\_Control“ mit Förderkennzeichen 02K16C130 an der TU Chemnitz.*

### Schlüsselwörter:

Cyber-Physische Systeme, Technologieanalyse, digitale Dienstleistungen, Produktion, KMU

### Technology-Finder for the Concept of Digital Solutions

Both automation solutions and smart services are digital solutions and are realized through elicitation, processing and usage of data. Beside an appropriate information management there are also different technologies required to implement and utilize those solutions. Especially small and middle-sized companies are faced with difficulties in the process of selection of suitable technologies which enable digital solutions. The concept introduced in this article should support those companies for this selection while structuring the technologies and reducing the complexity of decision making appreciably.

### Keywords:

CPS, Technology Analysis, Digital Services, Production, Small and Medium-Sized Companies

# Reihenfolgeplanung im Zeitalter von Industrie 4.0

## Optimierung in der Werkstattfertigung

Norbert Gronau und Edzard Weber

**Für eine effiziente Produktion sind Optimierungsverfahren unverzichtbar. Durch die Ausrichtung der Produktion auf Konzepte wie Industrie 4.0 verändern sich aber die Rahmenbedingungen für den richtigen Einsatz dieser Verfahren. Dieser Beitrag stellt die vorhandene Vielfalt an Optimierungsverfahren vor und diskutiert ihre Eignung für Industrie 4.0.**

Der Begriff Industrie 4.0 umschreibt den Einsatz von cyber-physischen Systemen (CPS; softwareintensive eingebettete Systeme, die über das Internet miteinander verbunden sind), die die Eigenschaften von Produkten, Produktionsprozessen, Märkten und Arbeitsbedingungen verändern. Häufig geht mit dem Einsatz von CPS ein höherer Grad an Autonomie in der Fabrik einher [1, 2].

Daher ist zu untersuchen, ob die zahlreichen Verfahren zur Reihenfolgeoptimierung, die zu meist vor dem Hintergrund zentraler Planungsparadigmen entwickelt wurden, noch Gültigkeit besitzen bzw. inwieweit diese an eine große Zahl autonom agierender Objekte in der Fertigung angepasst werden müssen. Dazu stellt dieser Beitrag zunächst eine Klassifikation der bisher bekannten Reihenfolgeplanungsverfahren vor und beurteilt diese u. a. hinsichtlich ihrer Komplexitätsbeherrschung. Als erstes Fazit werden Rahmenbedingungen und Kritik an zentralen Optimierungsverfahren für die Reihenfolgeplanung der Werkstattfertigung genannt.

### Stand der Forschung

Eine Maschine steht als Ressource zu bestimmten Zeitpunkten zur Verfügung, abhängig u. a. davon, ob sie zur Zeit mit einem Arbeitsauftrag belegt ist oder nicht. Wird für die Produktion die Reihenfolge der Maschinen nicht geändert, so kann aus der Sicht der Reihenfolgeplanung von einer Fließfertigung (Flow Shop) gesprochen werden [3, 4]. Eine gleichbleibende Reihenfolge ohne fix vorgegebene zeitliche Taktung stellt eine Linienfertigung dar [5]. Ändert sich hingegen die Reihenfolge bei der Bearbeitung von Aufträgen, so wird von Werkstattfertigung (Job Shop) gesprochen [6]. Die Suche nach einer effizienten Reihenfolge der Aufträge wird als Maschinenbelegungsplanung bezeichnet [7].

Die Verfahren zur Maschinenbelegungsplanung (JSP – Job Shop Scheduling Problem) können in optimierende, heuristische und Verfahren der Künstlichen Intelligenz klassifiziert werden [8, 4]. Alternative Systematiken differenzieren nach exakten, eröffnenden, verbessernden und hybriden Verfahren [9]. JSP gehört in die Klasse der NP-vollständigen Probleme [10, 11, 12], denn ihr Berechnungsaufwand steigt exponentiell mit der Anzahl der Variablen und Fragestellungen, die untersucht werden [13]. Zu diesen Variablen gehören die Anzahl einzuplanender Aufträge, die Verweildauer von Arbeitsstücken auf Maschinen, die Anzahl der Maschinen, Rüstzeiten, die Wartezeit [14] oder alternative Maschinen zur Bearbeitung eines Auftrages (Flexible JSP) [15]. Ziel der Verfahren ist u. a. die Optimierung der Durchlaufzeit (makespan) [16] und der Rüstzeit [17].

Optimierende Verfahren haben das Ziel, eine bestmögliche Lösung für das Scheduling zu finden. Ihre Berechnungszeit steigt exponentiell zur Zahl der Eingaben des zu überprüfenden Problems, da sie jede Eingabe einzeln betrachten und sich schrittweise einer optimalen Lösung annähern (wie z. B. CENUM) [18]. Um die Berechnungszeit zu verkürzen, werden Techniken angewendet, mit denen die Problemmenge verkleinert wird (z.B. QUADLS) [18]. Lösungen, die bereits im Vorfeld als nicht optimale Lösung erkannt wurden, werden nicht mehr betrachtet. Des Weiteren kann die Problemmenge in verschiedene Bereiche aufgeteilt und jeder Bereich einzeln betrachtet oder neu angeordnet werden [19, 20].

Für die Berechnung einer Lösung kommen Ansätze wie lineare Programmierung, Branch&Bound

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ welche Methoden der Reihenfolgeplanung in der Werkstattfertigung existieren,
- ✓ wie diese klassifiziert werden können und
- ✓ wie sie sich für den Einsatz in Industrie 4.0-Szenarien eignen.

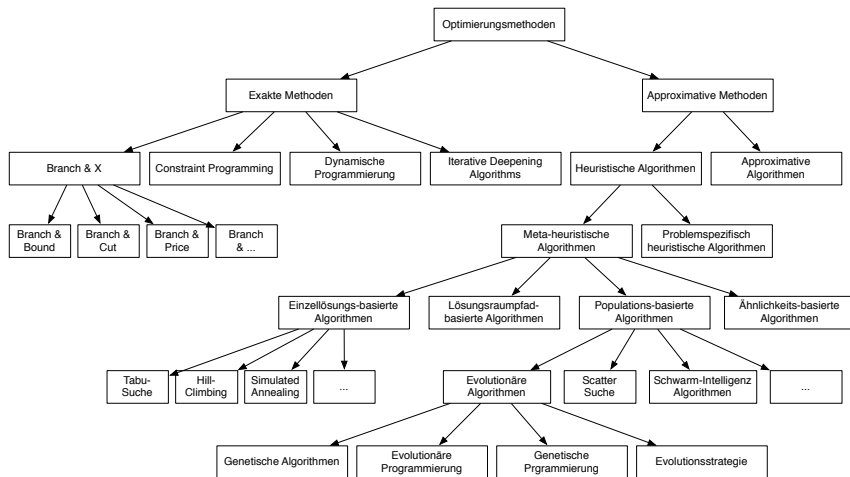


**Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau** ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik insb. Prozesse und Systeme an der Universität Potsdam und wissenschaftlicher Direktor des Forschungs- und Anwendungszentrums Industrie 4.0.



**Dr. Edzard Weber** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik insb. Prozesse und Systeme an der Universität Potsdam und Leiter der Nachwuchsforschungsgruppe Entscheidungsmanagement.

[www.lswi.de](http://www.lswi.de)



**Bild 1: Taxonomie der Optimierungsmethoden (in Anlehnung an [83])**

ding oder Simulated Annealing [21, 22] zum Einsatz. Die Grundidee der linearen Programmierung wurde bereits 1960 mit MIP (mixed integer linear programming) vorgestellt [23]. Branch & Bounding nimmt die Idee der Teilbarkeit der Problemmenge auf und generiert einen Baum, der nach der optimalen Lösung durchsucht werden kann [24]. Neuere Ansätze kombinieren MIP mit Constraints und generalisierten Solvern [25].

Heuristische Verfahren finden eine Lösung zu einem Problem, ohne zu bestimmen, ob es sich dabei um eine optimale Lösung handelt oder wie weit die gefundene Lösung von dem globalen Optimum entfernt ist [8, 26, 27, 28]. Zur Untersuchung von JSP werden auch metaheuristische Verfahren sowie genetische Algorithmen genutzt. Metaheuristiken stellen allgemeine Ansätze für die Suche nach Lösungen zur Verfügung [29, 30]. Berechnungszeit und Qualität der Lösungen hängen von den zu betrachteten Parametern ab. So stellt der I-JAR Algorithmus [31] einen Ansatz vor, der den Iterated Local Search-Algorithmus (ILS) erweitert [32]. Simulated Annealing beschreibt die Suche nach globalen Minima [21, 33]. Ebenso können jene Parameter durch unscharfe Mengen beschrieben werden [34]. Planung kann auch durch kombinierbare Prioritätsregeln erfolgen, von denen über 30 existieren [35]. Ideen aus der Künstlichen Intelligenz, um JSP zu lösen, sind Neuronale Netze [36, 37, 38, 39, 40], Agentensysteme oder Expertensysteme (zum Beispiel CBR - Case-based Reasoning) [41, 42]. Frühe NN-basierte Ansätze (Neuronale Netze) konnten durch beschränkte Rechenkapazitäten oder Modellkomplexität keine praktische Relevanz erwirken [43, 44, 45]. Später wurden Neuronale Netze in der Praxis erfolgreich eingesetzt, um Job Scheduling durchzuführen [46]. Auch eine Kombination von CBR und Neuronalen Netzwerken konnte erprobt und angewandt werden [47, 48].

Genetische Algorithmen werden [49, 50, 51] auf Probleme erfolgversprechend angewendet,

welche eine hohe Komplexität besitzen bzw. NP-schwer sind, so dass berechnende Verfahren zu keinem Ergebnis kommen können. Der Lösungsraum ist entsprechend groß und insbesondere bei Reihenfolgeproblemen so strukturiert, dass gute Lösungen nicht zwangsweise nebeneinander liegen müssen [52]. Um verschiedenartige Lösungen und Populationsstämme zu erzeugen, werden Veränderungsoperationen, wie z. B. Mutationsverfahren [53], erprobt oder heuristische Zwischenschritte eingebunden [54]. Zwischenlösungen werden durch lokale Suchfunktionen geprüft [55].

Genetische Algorithmen setzen bekannte Algorithmen [56], die vorher zur Berechnung genutzt wurden, neu um [57, 58]. Diese Ansätze erlauben es, JSP nahezu in Echtzeit durchzuführen [59] und so direkt in der Produktionsplanung einzusetzen [60, 61]. Durch Genetische Algorithmen werden die Algorithmen optimiert und es wird versucht, die Komplexität des Problems zu reduzieren [58] und damit den Suchraum zu verkleinern [62].

Die Erforschung und Entwicklung Genetischer Algorithmen sind noch nicht abgeschlossen [63, 64]. Genetische Algorithmen können JSP zum Beispiel mit Hilfe von Rekursion [65] lösen und durch Konzepte des parallelen Rechnens effizienter werden [66].

Der Bereich der Heuristischen Suche wird durch Methoden zur Problem- und Berechnungszeitreduzierung bearbeitet. Dies erfolgt durch die Optimierung der zu untersuchenden Parameter [67, 68]. Hierzu werden z. B. Filter-Such-Algorithmus-Anwendungen entwickelt [69].

Neue Produktionsaufträge, veränderte Prioritäten zur Produktionszeit, Lieferengpässe oder Maschinenausfall bzw. eine veränderte Maschinenanzahl erfordern, dass Planungsverfahren auch die Umwelt als Einflussgröße betrachten müssen [70, 71, 72]. Diese Planungsunsicherheiten werden durch Fuzzy-Ansätze [73, 74] oder durch AHP-basierte (analytical hierarchy process) Bewertungsroutinen abgebildet [75].

Der Ansatz der Fitness Landscape [76, 77, 78] beschreibt den Standort optimaler Lösungen in einem Suchraum und kann mit Hilfe von Algorithmen wie dem Random Walk überprüft [79, 80] oder dem Tabu-Search-Algorithmus [81] bewertet werden [82].

### Klassifikation der Optimierungsverfahren

Eine Klassifikation der Optimierungsansätze ist sinnvoll, weil dadurch deren Unterschiedlichkeiten und Gemeinsamkeiten aufgezeigt werden.



Darauf wird im weiteren Verlauf des Beitrags Bezug genommen, wenn die Eignung für bestimmte Anwendungskontexte betrachtet werden soll.

Es sind mehrere Merkmale für die Unterscheidung bzw. Klassifikation anwendbar, wie z. B. die mathematische Belastbarkeit von Verfahrensentscheidungen zur Reduktion des Lösungsraums bzw. der Problemkomplexität zwecks Erreichung einer Berechenbarkeit oder die algorithmischen Prinzipien der Herangehensweise. Optimierungsverfahren können z. B. auf einer stetigen oder einer diskreten Berechnung basieren oder lineare / nichtlineare Nebenbedingungen berücksichtigen. Weiterhin kann danach klassifiziert werden, welche Art von Problemlösungswissen genutzt wird (Bild 1). Dies kann einerseits auf berechnenden Verfahren für exakte Ergebnisse basieren oder auf Näherungsergebnissen, welche durch heuristische Ansätze oder durch tatsächlich nur näherungsweise berechnende Verfahren ermittelt werden. Heuristiken sind als Faustregeln zu verstehen, sodass z. B. der Lösungsraum für ein bestimmtes Problem durch Erfahrungs- bzw. Expertenwissen systematisch eingegrenzt werden kann. Es gibt auch Heuristiken, die nicht problemspezifisch sind und somit für eine große Bandbreite von Problemen oder Problemklassen genutzt werden können. Dabei können sie ausgehen von:

- einer einzelnen Lösung, die iterativ verbessert wird,
- einer Menge von Einzellösungen, die zueinander im Wettbewerb stehen, für einen gegenseitigen Vergleich genutzt werden, sich miteinander zu neuen Lösungsvorschlägen kombinieren oder jeweils ausgehend von einer eigenen Optimallösung einen gemeinsamen Kompromiss aushandeln,
- Lösungspfaden, die eine Menge von Einzellösungen nach einem bestimmten Muster im Lösungsraum zusammenfassen, um daraus erfolgreiche Teil-Muster bzw. vielversprechende Lösungsteilräume zu bestimmen
- einer Menge von bewährten Einzellösungen, die hinsichtlich der Ähnlichkeit mit der Problemstellung verglichen und als anzupassende Ideallösung ausgewählt werden.

Aus praktischer Sicht ist eine weitere Klassifikation sinnvoll, welche auf den zuvor genannten Klassifikationssystemen aufbaut (siehe Bild 2). Von Interesse ist es, die Ergebnisqualität in Relation zum Aufwand für ein eingesetztes Verfahren einschätzbar zu machen. Deshalb ist einerseits die Handhabung der Problemkomplexität durch die Problemrepräsentation von Bedeutung. Ein Verfahren kann den gesamten, theoretisch denkbaren Lösungsraum aufgreifen, diesen zwecks einer besseren Durchsuchbarkeit reduzieren (systematisch, heuristisch, zufällig) oder aber ignorieren, al-

so sich seiner Größe gar nicht bewusst sein. Andererseits ist die Handhabung des nun verbliebenen Lösungsraums durch die Lösungsberechnung von Bedeutung. Der Lösungsraum kann entweder zufällig, heuristisch bis systematisch oder vollständig untersucht werden. Die Kombination aus gewählter Repräsentations- und Berechnungsart ergibt eine bestimmte, garantierbare Lösungsqualität.

Über die Kombination von Merkmalen, wie von der Problemrepräsentation und dem Verfahren selbst mit der Problemkomplexität umgegangen wird, ergibt sich die mögliche Ergebnisgüte. Einige Verfahren sind lediglich in der Lage, gültige Lösung zu ermitteln. Weitere Verfahren können eine Minimalgüte sicherstellen, indem z. B. der Suchraum nicht zufällig über gute Lösungen reduziert wird. Weitere Verfahren schaffen es, ein lokales Optimum als Ergebnis zu garantieren oder sogar mehrere lokale Optima zu finden, bis zumindest eine Mindestgüte des Ergebnisses erreicht worden ist. Weiterhin kann der Lösungsraum gezielt um schlechte Bereiche reduziert werden, sodass die Rechenkapazitäten genutzt werden können, um zu gewährleisten, dass das Ergebnis ein überregionales (lokales) Optimum darstellt. Dass das globale Optimum gefunden wird, kann nur garantiert werden, wenn der komplette Lösungsraum von der Problemrepräsentation und dem Optimierungsverfahren aufgegriffen wird.

Die Güte-Matrix (Bild 2) dient der Verfahrens-Positionierung und der Auswahl sukzessiv besserer Verfahren oder Optimierungsmodellerweiterungen. Sie verdeutlicht, dass es nicht ausreicht, nur die Problemrepräsentation oder nur das Verfahren nachzubessern, um eine höhere Ergebnisgüte gewährleisten zu können.

### Eignung im Kontext von Industrie 4.0

Durch Konzepte wie Industrie 4.0 werden mitunter die Vernetzung der Teilnehmer einer Wertschöpfungskette gesteigert und mehr Produktionsdaten generiert. Dies trägt auch zu Produktivitätssteigerungen bei, wenngleich diese

### Literatur (Auswahl)

- [1] N. Gronau, H. Theuer: Determination of the optimal degree of autonomy in a cyber-physical production system. accepted paper, CIRP-CMS Stuttgart 2016
- [2] N. Gronau: Der Einfluss von Cyber-Physical Systems auf die Gestaltung von Produktionssystemen. Industrie Management 3 / 2015, S. 16-20
- [3] M. Medo: Kontinuierliche Planung der Fließfertigung von Varianten. Schriftenreihe des IFU, Band 15, Braunschweig 2010
- [4] J. Blazewicz, K. H. Ecker, E. Pesch, G. Schmidt, J. Weglarz: Handbook on Scheduling – From Theory to Applications. Berlin Heidelberg 2007
- [5] H. Kühnle: Produktionsmengen- und -Terminplanung bei mehrstufiger Linienfertigung. Berlin Heidelberg 1987
- [6] H. Seelbach: Ablaufplanung. Würzburg Wien 1975

**Bild 2: Klassifikation von Lösungsverfahren nach Handhabung der Problemkomplexität**

Handhabung der Komplexität durch Problem-Repräsentation	gesamt	Gültige Lösung	Minimalgüte	Überregionales Optimum	Globales Optimum
	systematisch reduzieren	Minimalgüte	Lokales Optimum	Überregionales Optimum	Globales Optimum
	heuristisch reduzieren	Minimalgüte	Lokales Optimum	Mindestgüte	Mindestgüte
	zufällig reduzieren	Gültige Lösung	Minimalgüte	Minimalgüte	Minimalgüte
	ignorieren	Gültige Lösung	Minimalgüte	(fehlendes Abbruchkriterium)	(fehlendes Abbruchkriterium)
		zufällig	heuristisch	systematisch	vollständig
Handhabung der Komplexität durch Optimierungsalgorithmus					

Erfolge durch technisches und datenanalytisches Aufrüsten erzielt werden und nicht durch neuartige Optimierungsalgorithmen. Denn die klassischen Verfahren zur Reihenfolgeoptimierung sind für dezentrale Industrie 4.0-Rahmenbedingungen nicht ausgelegt:

- Jeder Akteur in einem vernetzten Produktionsverbund hat sein eigenes Zielsystem und sucht sein eigenes Optimum. Dadurch entsteht für den Produktionsverbund eine Gesamtlösung bestehend aus vielen lokalen Optima. Per se gibt es für einen einzelnen Akteur keinen Anreiz, zu Gunsten eines anderen Akteurs eine für sich ungünstige Reihenfolge zu planen, selbst wenn dieser davon überproportional profitiert.
- Für ein zentral zu bestimmendes, globales Optimum für ein unternehmensübergreifendes Produktionsszenario ist globale Datenverfügbarkeit notwendig. Wenngleich es technisch möglich sein kann, sind es betriebswirtschaftliche Gründe, die einen solchen Ansatz in der Praxis unterbinden. Denn aus den zu übermittelnden Daten lassen sich die Leistungsfähigkeit, Arbeitsweisen, Produktionsverfahren, Produktkonzepte, Auftragsauslastung, Strategie und Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens herauslesen. Mittelfristig wird diese Offenlegung einen Wettbewerbsnachteil mit sich bringen.
- Jeder Akteur in einem Produktionsverbund ist ein eigenes System, welches in der Lage ist, die eigene Produktion vor einer Vielzahl von internen und externen (Umwelt-)Einflüssen zu bewahren. Das jeweilige Optimierungsverfahren ist so gewählt worden, dass es gegenüber diesen Einflüssen tolerant oder robust ist. Ein zentrales Optimierungsverfahren für einen gesamten Produktionsverbund muss sämtliche spezifischen Einflüsse seiner Akteure auffangen können, um realistische Ergebnisse liefern zu können.
- Selbst wenn in einem Idealfall sämtliche Informationen für ein zentrales Optimierungsverfahren zur Verfügung gestellt werden können, besteht das Problem der wachsenden Lösungsraumkomplexität. In der Regel steigt die Größe des zu untersuchenden Lösungsraumes für jedes neue einzuplanende Element exponentiell an. Durch die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette vervielfacht sich die Menge der einzuplanenden Elemente. Durch diese enorme Komplexitätssteigerung wird es für klassische Optimierungsverfahren immer unwahrscheinlicher, eine annähernd ideale Lösung zu finden.

trale, komplexitätsreduzierende Optimierungsansätze eignen, welche viele lokale, miteinander konkurrierende Optima zu einem gemeinsamen Optimum zusammenführen unter den Nebenbedingungen einer globalen Datenintransparenz und einer lokalen Datenanreicherung (Produktionsdaten zu Analyse Zwecken).

Exakte Methoden benötigen die vollständige Datentransparenz einhergehend mit der ansteigenden Problemkomplexität und sind nicht in der Lage, Akteurs-spezifische Umwelteinflüsse zu berücksichtigen. Gleiches gilt für Approximierungs-Algorithmen, wengleich diese die Komplexität durch die Anzahl von Näherungsschritten beliebig annehmen oder ausblenden können.

Einzellösungs- und populationsbasierte Metaheuristiken eignen sich ebenfalls wegen der unvollständigen Information und der Komplexitätssteigerung nur für den lokalen Einsatz.

Drei Arten von Optimierungsverfahren kommen daher für die Optimierung von vernetzten Produktionspartnern in Betracht. Dazu zählen problemspezifische Heuristiken, die durch ausreichendes Wissen über die jeweilige Wertschöpfungskette individuell umgesetzt werden können. Hieraus lassen sich allerdings keine allgemein gültigen Lösungsverfahren ableiten. Prädestiniert sind agentenbasierte Verfahren. Jeder Agent kennt seine lokalen Einflussgrößen und Zielsysteme, kann daraus sein spezifisches Optimum ermitteln und in der Interaktion mit anderen Agenten z. B. durch Ausgleichszahlungen von seinem eigenen Optimum abweichen, damit sich das Gesamtsystem dem globalen Optimum annähern kann.

Eine Zwischenform können lösungsraumbasierte Verfahren sein. Hierbei kann für diejenigen Aufgaben, welche die Schnittstelle zwischen zwei Akteuren darstellen eine fixierte Anordnung definiert werden, welche bereits kritische Ressourcen oder Aufträge idealtypisch eingeplant haben. Dies bedeutet dann, dass der Lösungsraum eingegrenzt worden ist und Strategien für die Navigation durch den Lösungsraum sich auf kleine Räume beschränken können.

#### Förderhinweis:

*Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektes „Reihenfolgeplanung in der Werkstattfertigung durch systematische Lösungsraumnavigation“. Es wird mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert (Kz. GR 1846/17-1).*

#### Schlüsselwörter:

Reihenfolgeplanung, Industrie 4.0, Werkstattfertigung

- [7] T. Siegel: Optimale Maschinenbelegungsplanung: Zweckmäßigkeit der Zielkriterien und Verfahren zur Lösung des Reihenfolgeproblems. Berlin 1974
- [8] M. Junge: Simulationsgestützte Entwicklung und Optimierung einer energieeffizienten Produktionssteuerung. In: J. Hesselbach (Hrsg.): Produktion und Energie, Band 1, Kassel 2007
- [9] M. Teichner: Analyse der Wirksamkeit ausgewählter Verfahren der Reihenfolgeplanung für die Erreichung ökonomischer Ziele. Aachen 2010
- [10] J.K. Lenstra, K. A. H. G. Rinnooy, P. Brucker, Complexity of Machine Scheduling Problems. Annals of Discrete Mathematics (1) 1977, S. 343-362

Die vollständige Literaturliste des Beitrags erhalten Sie online unter [www.productivity.de](http://www.productivity.de)

## Methods for Job Shop Scheduling in Industrie 4.0

Optimization Methods are essential for efficient production. Due to focussing new concepts like Industrie 4.0, the framework conditions for the right use of these concepts change. This article gives an overview of the range of existing optimization approaches and discusses their suitability for Industrie 4.0.

#### Keywords:

Job Shop Scheduling, Industrie 4.0, Workshop Production

# Haben Sie Ihre Supply Chain Transparenz im Blick?

Der Kunde ist der beste Terminjäger im Unternehmen! Gilt das auch bei Ihnen? Oder wissen Sie, was in Ihrer Fabrik, in Ihrer Materialwirtschaft, in Ihrer Supply Chain los ist? In unseren Projekten müssen wir immer wieder feststellen, dass viele Unternehmen dies nicht so genau wissen. Fragen wir in Projekten nach grundsätzlichen Kennzahlen wie Bestandsreichweiten, Lieferbereitschaftsgraden oder Anlagenauslastung, bekommen wir zuweilen keine spontanen Antworten. Noch intransparenter sind detaillierte Informationen wie Lieferstatus und Fertigungsfortschritte.

Warum gibt es so wenig Übersicht in der Supply Chain? Nach meiner Erfahrung gibt es hierfür vier Hauptursachen: mangelnde Datenintegration, Datenqualität, Funktionalität und Organisation.

In Unternehmen mit Vertriebsniederlassungen oder Produktionswerken in verschiedenen Ländern ist es nicht ungewöhnlich, dass neben dem ERP-System in der Unternehmenszentrale bei verschiedenen Töchtern weitere ERP-Systeme im Einsatz sind. Wirtschaftlich kann dies durchaus sinnvoll sein, trotzdem sollte in einem System die gesamte Supply Chain abgebildet werden. Das ist oft in einem Add On-System einfacher zu bewerkstelligen als im zentralen ERP-System.

Sofern ein ERP-System mit unvollständigen, falschen oder veralteten Daten gefüttert wird, zeigt das System sowieso keinen realistischen Betriebszustand in der Fabrik oder der gesamten Supply Chain. Da kein Anwender und keine Führungskraft den Daten traut, wird man zwar situativ reagieren, sich aber keine langfristigen und damit rechtzeitigen Aussagen zu Fertigstellungsterminen von Fertigungs- oder Kundenaufträgen bezüglich Lieferterminen von Bestellungen zutrauen. Selbst wenn die erforderliche Funktionalität im ERP-System vorhanden ist, wird niemand Auswertungen fahren, da niemand den Zahlen glaubt.

Häufig fehlt jedoch auch die erforderliche Funktionalität, um differenzierte Analysen zu Fertigungsfortschritt und drohenden Rückständen von Fertigungsaufträgen und Kundenauslieferungen durchzuführen. Viele ERP-Systeme verfügen gar nicht über eine brauchbare mehrstufige Verfügbarkeitsprüfung, sodass schon Liefertermine abgegeben werden, die von Anfang an nicht zu halten sind. Sofern Kapazitäten nicht flexibel an die Bedarfe angepasst werden können, aber andererseits das ERP-System keine Auftragseinplanung gegen begrenzte Kapazität beherrscht, zeigt das ERP-System wiederum keinen realistischen Betriebszustand in der Fabrik oder der gesamten Supply Chain an.

Selbst wenn die Datenqualität stimmt und die Planungs- und Steuerungsfunktionalität vorhanden ist, findet manchmal niemand im täglichen Zweikampf mit Kunden und Aufträgen die Zeit dafür, die Lieferzustände aller Artikel und Aufträge zu überwachen oder – schlimmer noch – es ist überhaupt nicht definiert, wer die Auftragssituation wie oft und wann prüft und wer den Kunden informiert.

Letztlich ist in vielen Unternehmen nicht einmal genau definiert, wer die Gesamtzusammenhänge zu überwachen hat und über die Kompetenz verfügt, strategische Maßnahmen einzuleiten, um Lieferfähigkeit, Verfügbarkeit und Kapazitäten miteinander abzugleichen.

Auch der Planungs- und Steuerungs-Zug geht in Richtung Automatisierung. Es wird Zeit, die Schienen zu verlegen, sonst stürzt die Fabrik 4.0 ins Gleisbett.



**Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Götz-Andreas Kemmerer** ist Geschäftsführer der Unternehmensberatung Abels & Kemmerer GmbH, Herzogenrath bei Aachen.

# Nutzenorientierter Einsatz digitaler Systeme zur Prozessüberwachung

Implementierungsansatz zur Umsetzung „digitaler Services“ in der Instandhaltung mit Hilfe maschinellen Lernens

Alexander Busse, Jonas Lauer und Joachim Metternich

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ welche Service-Möglichkeiten die Prognose von Maschinenzuständen bietet,
- ✓ wie man zielgerichtet digitale Prozessüberwachung implementiert und
- ✓ welche Software hierbei zum Einsatz kommen kann.

Maschinelles Lernen ermöglicht es, Gesetzmäßigkeiten in Daten zu „erlernen“ und zur Maschinenzustandserkennung und -prognose zu nutzen. Dies kann in der Produktion zur Prozessstabilisierung genutzt werden, indem Ergebnisse der Datenanalysen in Planung und Steuerung von Instandhaltungsaufträgen verwendet werden. Im folgenden Beitrag wird ein strukturierter Implementierungsansatz zur zielgerichteten Auswahl digitaler Anwendungsfälle vorgestellt.

Die fortschreitende Vernetzung von Maschinen durch günstigere Sensorik sowie leistungsfähige Informations- und Kommunikationstechnik ebnet den Weg für eine datengetriebene Maschinenzustandsüberwachung. Verfahren der Datenanalyse – unter anderem im Bereich des Maschinellen Lernens – ermöglichen es, aus den meist mehrdimensionalen Maschinendaten Aussagen über den

gegenwärtigen bzw. Prognosen zum zukünftigen Gesundheitszustand von Komponenten abzuleiten. In der Instandhaltung von Maschinen kann dieses Wissen vorbeugend genutzt werden: Die Zustandserkennung beantwortet die Frage, welchen Abnutzungszustand eine Maschinenkomponente erreicht hat und ermöglicht es, auf entsprechende Zustandsveränderungen zu reagieren. Während die



Alexander Busse, M.Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) an der Technischen Universität Darmstadt (TU Darmstadt).



Jonas Lauer, B.Sc., ist Student des Maschinenbaus an der TU Darmstadt.



Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich ist Institutsleiter des PTW an der TU Darmstadt.

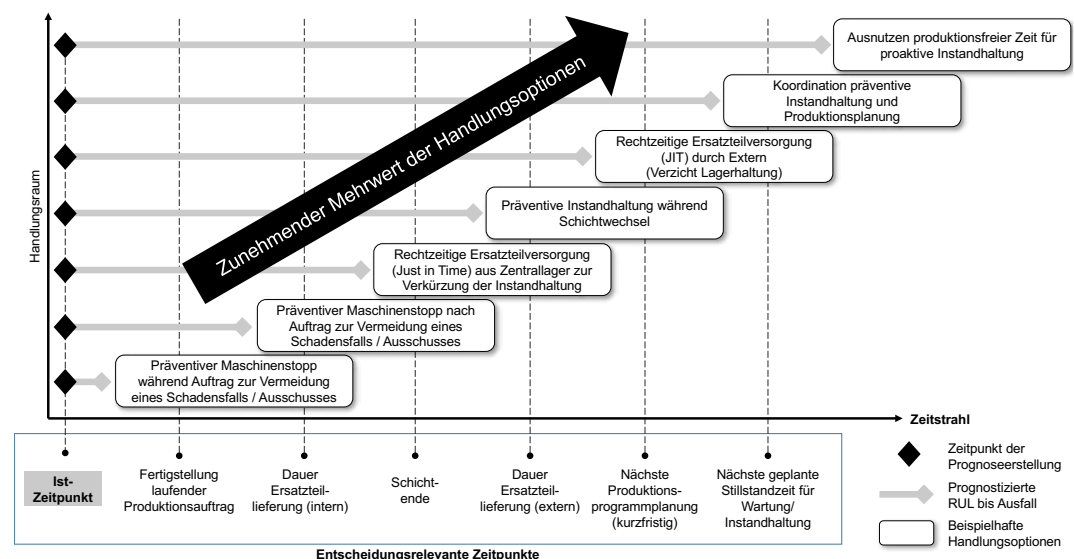
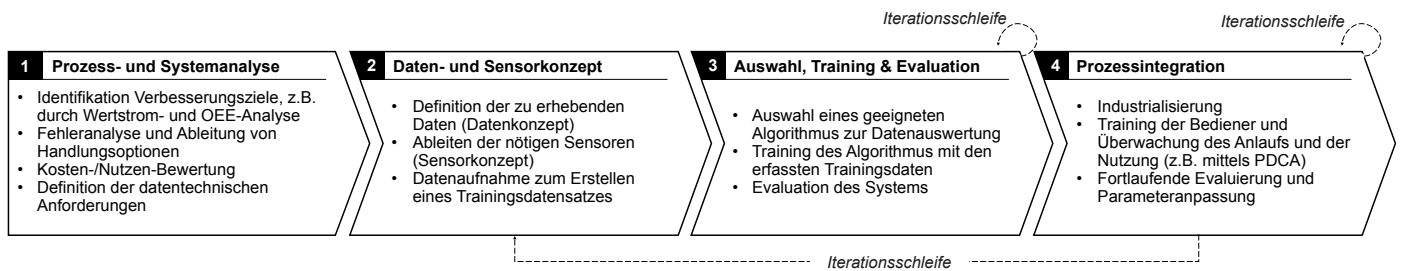


Bild 1: Beispielhafte Handlungsoptionen in Abhängigkeit der RUL (Quelle: eigene Darstellung)



Zustandserkennung lediglich ein Reagieren auf Zustandsveränderungen ermöglicht, versucht die Zustandsprognose zukünftig eintretende Maschinenzustände vorherzusagen und in Form der sogenannten Restlebensdauer (engl. Rest of useful life - RUL) einen Indikator über die verbleibende Nutzungszeit bis zum Komponenten- bzw. Maschinenausfall zur Verfügung zu stellen. Dies ermöglicht ein proaktives Planen von Instandhaltungstätigkeiten und stellt die Grundlage der voraussagenden Instandhaltung dar, durch die Ausfälle und korrespondierende Ausfallfolgekosten (z. B. Produktionsausfall) verhindert werden können [1].

Grundlage der Zustandsprognosen sind historische Datenreihen mehrerer Schadensverläufe, bei denen letztlich das physikalische Abnutzungsverhalten (z. B. Rissausbildung) mit Hilfe mathematischer Verfahren modelliert und zur Abbildung des Zustandsverlaufs genutzt wird. Nach erfolgreicher Modellierung werden aktuelle Messdaten mit Messdaten angelernter Fehler verglichen. So können ein auftretender Fehler (z. B. fortgeschrittener Lagerschaden) klassifiziert und ein Gesundheitszustand bestimmt werden. Basierend auf dem bisherigen Zustandsverlauf wird anschließend eine Prognose erstellt, welche zusätzlich auch weitere Faktoren (bspw. Maschinenbeanspruchung) berücksichtigen kann. Die prognostizierte Restlebensdauererschätzung kann nun zur Planung und Durchführung von Instandhaltungstätigkeiten (im Folgenden als Services bezeichnet) genutzt werden, so dass die gesetzten Produktionsziele möglichst gut erfüllt werden [2].

Die Prognose des Zeitpunkts eines (möglichen) Maschinenausfalls eröffnet also einen planerischen Spielraum, um die innerhalb der RUL verfügbaren Handlungsoptionen optimal auf das Produktionsprogramm abzustimmen [3]. Diverse Forschungsbeiträge weisen den Mehrwert der Maschinenzustandsprognose als Grundlage einer Optimierung der Instandhaltungszeitpunkte nach, basieren dabei jedoch meist auf der Annahme, dass die

Restlebensdauer über das gesamte Komponentenleben bekannt und eine vollständige Planung der Instandhaltungstätigkeiten stets möglich sind. Plötzlich auftretende Fehler mit kurzer Zeit bis zum Defekt führen jedoch dazu, dass nicht für alle Zustandsprognosen eine großzügige Vorlaufzeit erzielbar ist. Dies reduziert in Verbindung mit eingeschränkter Planungs- bzw. Reaktionsflexibilität die Handlungsmöglichkeiten: Beispielsweise kann eine RUL-Prognose von wenigen Stunden unter Umständen nicht mehr im Rahmen einer Instandhaltungsplanung berücksichtigt werden, die nur einmal zum Wochenbeginn durchgeführt wird. Andererseits sind andere, kurzfristige Services denkbar, wie beispielsweise die proaktive Materialversorgung mit Ersatzteilen aus dem Zentrallager.

Daraus folgt, dass der Lösungsraum möglicher Servicefälle durch die erzielbare RUL-Prognose und damit letztlich durch das physikalische Abnutzungs- bzw. Ausfallverhalten bestimmt wird. Im Zuge der Bestimmung möglicher Nutzenszenarien sind daher die Kenntnis über auftretende Ausfallarten sowie ihre Ursachen und zeitlichen Verläufe nötig. Ein Beispiel möglicher RUL-bedingter Servicefälle kann Bild 1 entnommen werden.

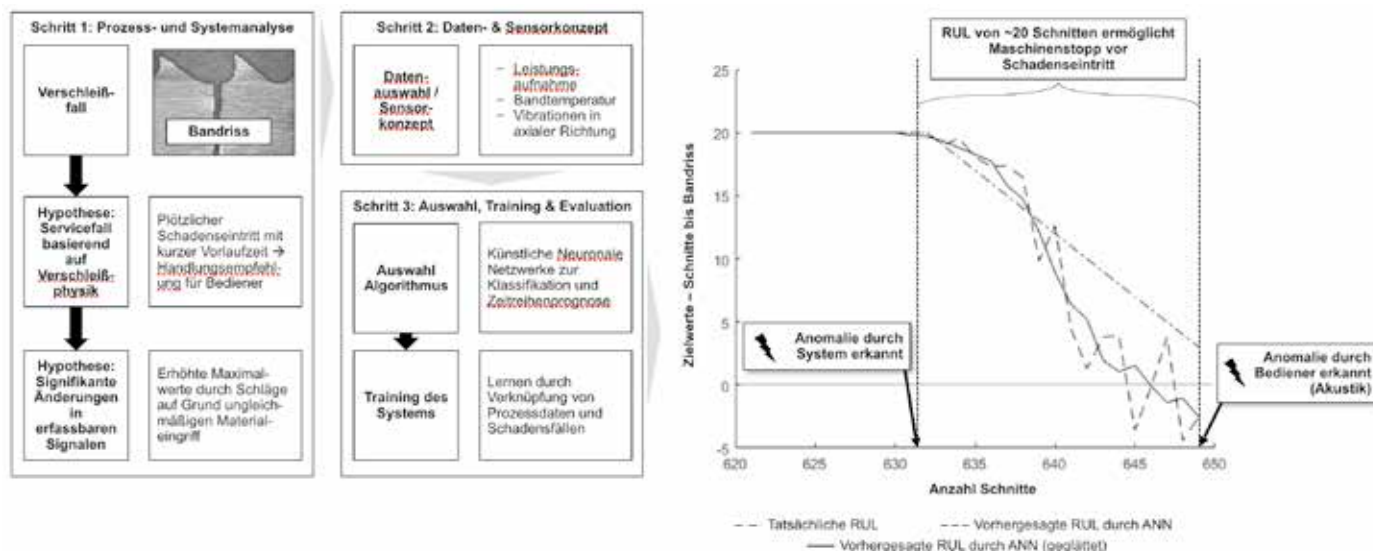
### Implementierung „digitaler Instandhaltungsservices“

Um eine gezielte Digitalisierung zum Zwecke der Prozessstabilisierung durchzuführen, ist ein strukturierter Ansatz sinnvoll: Ausgehend von identifizierten Instandhaltungsursachen und deren zugrundeliegender Ausfallphysik sind mögliche Handlungsoptionen abzuleiten und hinsichtlich Kosten und Nutzen zu analysieren, so dass eine qualifizierte Entscheidung für oder gegen das Digitalisierungsvorhaben möglich wird. Der momentan am PTW entwickelte ganzheitliche Ansatz [5] unterteilt sich in vier Stufen (Bild 2), wobei an dieser Stelle auf die Ableitung von Handlungsoptionen in Schritt 1 sowie die datengetriebene Umsetzung (Schritt 2 und 3) eingegangen wird.

**Bild 2: Methodisches Konzept der zielgerichteten Einführung einer digitalen Prozessüberwachung (Quelle: eigene Darstellung)**

### Literatur

- [1] Ahmad, R.; Kamaruddin, S.: An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application. *Computers & Industrial Engineering* 63 (2012), S. 135 – 149.
- [2] Kothamasu, R.; Huang, S.; Verdun, W.: System health monitoring and prognostics – a review of current paradigms and practices. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 28 (2006), S. 1012 – 1024.
- [3] Kröning, S.: Integrierte Produktions- und Instandhaltungsplanung und -steuerung mittels Simulationstechnik. Garbsen, 2014.
- [4] Sandborn, Peter : Tutorial Session 4: Return on Investment. PHM Conference (2015), Internetbeitrag auf: <https://www.phmsociety.org/sites/phmsociety.org/files/1-Sandborn%20PHM%20Cost.pdf>.
- [5] Busse, A.; Meudt, T.; Metternich, J.: Einsatz digitaler Systeme zur Prozessüberwachung. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 10 (2017), S. 652 – 653.
- [6] Hölzfer, S.: Modell zur Auswahl von Instandhaltungsstrategien in anlageintensiven Industriebetrieben. Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften, Open Access Publikation, 2014.



**Bild 3: Erzielte RUL-Prognose des Servicefalls „Bandriss“ (Quelle: eigene Darstellung)**

Ausgangspunkt der gezielten Digitalisierung ist die Identifikation und Auswahl der zu überwachenden Verschleißfälle: Hierzu wird auf technischer Ebene die Auswahl der zu überwachenden Maschinenkomponenten in Kombination mit den verschleißbedingten Handlungsoptionen getroffen. Ein strukturiertes Vorgehen, bei dem u. a. vorhandenes Expertenwissen verwendet wird (bspw. die 5-W Methode oder D-FMEA), ermöglicht es, Fehlerursachen und -folgen zu identifizieren und Hypothesen zur grundlegenden Verschleißphysik und möglichen Prognosehorizonten aufzustellen.

Im Zuge der Methodenentwicklung wurde ein Maschinendemonstrator basierend auf einer industrietypischen Bandsägemaschine für Metallbearbeitung in der Prozesslernfabrik des PTW entwickelt. Die Prozesslernfabrik bildet den kompletten Wertstrom von der spannenden Bearbeitung bis hin zur Montage eines handelsüblichen Pneumatikzylinders ab. Der nutzungsbedingte Bandverschleiß führt regelmäßig sowohl zum Maschinenstopp, um das Band zu tauschen als auch zur Produktion von Ausschuss, wenn der Bandverschleiß zu einem sogenannten „schiefen Schnitt“ führt und Toleranzen nicht mehr eingehalten werden. Da es sich beim Zahnverschleiß um einen kontinuierlichen Prozess handelt, kann ein deterministisches Verschleißverhalten angenommen werden, das eine Zustandsprognose begünstigt [6]. Aufgrund der bekannt langen Standzeiten bei korrekter Bedienung (>1000 Sägevorgänge, Aluminium) ist eine Ausfallprognose mit großer Vorlaufzeit möglich, die eine Planung des Komponentenaustauschs in produktionsfreien Zeiten ermöglicht. Weitere bekannte Verschleißarten (bspw. Bandriss) stellen hingegen kurzfristig auftretende Ver-

sagensarten dar, die nur eine kurze Vorwarnzeit bieten [7]. Mögliche Handlungsoptionen fallen hierbei in die Kategorie der kurzfristigen Maßnahmen, bei denen bspw. ein ad hoc Instandhaltungseinsatz während der Produktionszeit empfohlen wird.

### Datenaufnahme und Auswertung mit Methoden des Maschinellen Lernens

Aufgrund einer Literaturrecherche mit Fokus auf die Verschleißvorhersage bei Sägen wurden charakteristische Parameter für das Daten- und Sensorkonzept definiert, wie Schwingungen, Temperatur oder Leistungsaufnahme [8]. Der Demonstrator wurde anschließend mit entsprechender Sensorik sowie einer SPS ausgestattet, auf der eine Bereinigung und Vorverarbeitung der erfassten Signale (bspw. Transformation in den Frequenzbereich) stattfindet. Alle so aufbereiteten Daten können über den Kommunikationsstandard OPC-UA mit einer systembedingten Aktualisierungsrate von 0,5 s abgerufen werden. Über einen eigenen Netzwerkpfad kann auf das virtuelle Abbild der Säge zwecks Datenerfassung und -speicherung zugegriffen werden, was eine dezentrale Datenverarbeitung in der „Cloud“ ermöglicht.

Das Kernstück der „lernenden“ Datenverarbeitung findet sich in der Datenverarbeitungssoftware Matlab, die Maschinendaten über OPC-UA erhält, abspeichert und mit Methoden des Maschinellen Lernens analysiert: Mit vorhandenen Systemkomponenten wurden künstliche neuronale Netze trainiert, die nach einer initialen Trainingsphase eine Abbildung anliegender Eingangsdaten (z. B. Temperatur, Vibration, Leistung) auf definierte Zielwerte

[7] Sarwar, M.; Haider, J.; Persson, M.: Scientific Evaluation of Cutting-Off Process in Bandsawing. In: Scientific Proceedings, 8th International Congress - Machines, Technologies, Materials, Bulgarien (2011), S.29–32.

[8] Saglam, H.: Tool wear monitoring in bandsawing using neural networks and Taguchi's design of experiments. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 55 (2011), S.969–982.

[9] Kotsiantis, S. B.: Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. Informatica 31 (2007), S.249–268.

(z. B. Abnutzungszustand) ermöglichen und zur Prognose von Zeitreihen verwendet werden können. Das Lernszenario sieht hierbei vor, Maschinendaten gepaart mit bekannten Systemzuständen (z. B. „Band abgenutzt“) dem Algorithmus als Trainingsdatensatz vorzugeben, welcher durch automatische Adjustierung der internen Modellparameter einen Lernerfolg in Form korrekter Abbildung erzielt. Wesentlich ist die Auswahl aussagekräftiger Daten, die einen hohen Informationsgehalt in Form starker Korrelation zum jeweiligen Maschinenzustand haben (bspw. verändertes Vibrationsverhalten bei Abnutzung der Sägezahnflanken). Mit Hilfe analytischer Verfahren aus dem Bereich der Regressions- und Cluster-Algorithmen (z. B. K-Nearest Neighbour) konnte ein Subset wesentlicher Signale für die jeweiligen Fehlerarten aus den Versuchsdaten definiert werden [9].

Das trainierte System ermöglicht es, den aktuellen Sägebandzustand zu diagnostizieren und Prognosen zur RUL abzuleiten. Diese

Informationen können zurück in die Instandhaltungsplanung bzw. direkt an den Maschinenbediener übertragen werden, um die definierten Servicefälle umzusetzen. Mit Hilfe eines an der Bandsäge befestigten Tablets erhält der Maschinenbediener jederzeit Informationen zum Komponentenzustand sowie Handlungsempfehlungen. Eine Integration in das in der Prozesslernfabrik CiP implementierte Prozessleitsystem ist angedacht, wobei auf Standard-schnittstellen und eine Übertragung durch OPC-UA gesetzt wird. Bild 3 zeigt Prognoseergebnisse des untersuchten datengetriebenen Servicefalls basierend auf dem Schadensfall „Bandriss“.

#### Schlüsselwörter:

Maschinelles Lernen, Künstliche Neuronale Netze, voraussagende Instandhaltung, Produktionsplanung, Geschäftsmodelle

#### Use-Case Oriented Implementation of Digital Process Monitoring

Machine learning helps to discover correlations in data automatically and can be used to stabilize production processes. A structured implementation approach is needed that – starting from a service definition – defines data requirements and benchmarks the digital value with analogue problem solving methods and is presented in the following issue.

#### Keywords:

Machine Learning, Artificial Neural Networks, Predictive Maintenance, Production Planning, Business Models



## Erleben Sie die Trends des Machine Learning auf der HANNOVER MESSE 2018

Vielen ist nicht bewusst, wie stark Machine Learning bereits unseren Alltag prägt. Selbstlernende Systeme lassen sich in unzähligen Szenarien einsetzen, vor allem auch im industriellen Umfeld. Machine Learning ermöglicht das Generieren von Wissen aus Erfahrungswerten. Die Technologien versetzen digitale Systeme in die Lage, wiederkehrende Datenmuster zu identifizieren und die so gewonnenen Erkenntnisse selbstständig auf unbekannte Datenströme anzuwenden. Auf diese Weise lassen sich Trends und Anomalien aufspüren – in Echtzeit und im laufenden System. Die durch die Integration von Sensorik in Maschinen aufgenommen Daten bilden die Grundlage für Analysen, die beispielsweise im Rahmen von Predictive Maintenance Ausfallzeiten von Maschinen und Anlagen reduzieren können. Weitere Anwendungsfälle gibt es im Qualitäts- und Energiemanagement.

Die spannendsten Trends rund um Machine Learning entdecken Sie auf der Leitmesse Digital Factory auf der HANNOVER MESSE 2018. Informieren Sie sich aus erster Hand über die Chancen der Technologie für Ihr Fertigungsunternehmen.

# LOEWE.

**Lean bedeutet für Ihre Prozesse...?**

Wir setzen auf flache Hierarchien, Transparenz und arbeiten ganzheitlich - von der Produktentwicklung, über die Einbindung unserer Zulieferer, die Produktion bis zum Kundenservice. Wir setzen alles daran, dass unsere Mitarbeiter diesen Zusammenhang erkennen und mit Hilfe geeigneter Lean Tools in ihrer täglichen Arbeit umsetzen. So schaffen wir Motivation, beste Produkte und Dienstleistungen für unsere Kunden – unser Produktionssystem ermöglicht eine flexible Fertigung bis hin zum individuellen Einzelstück..

**Lean bedeutet für Ihre Kunden...?**

Wir schaffen damit nicht nur individuelle Produkte, sondern auch kundennahe Dienstleistungen. Wir können so auch besonders nachhaltig arbeiten und Unterhaltungselektronik bleibt möglichst lange up-to-date. Dazu gehören Software-Upgrades, die neueste Funktionen sogar für Loewe Systeme erschließen, die bereits im Wohnzimmer stehen.

**Ohne Lean wären Sie heute...?**

... austauschbar und im reinen Preiswettbewerb. Wir gewinnen damit aber den Leistungswettbewerb um das bessere Produkt - mit Qualität und Performance „made in Germany“. Und das trotzdem zu einem erschwinglichen Preis.

**Als Alternative zu Lean Manufacturing können Sie sich vorstellen...?**

Keine!

**Lean Manufacturing oder Industrie 4.0?**

Beide gehören zusammen. Bei Loewe befinden wir uns mitten in der digitalen Transformation. Die papierlose Fabrik ist bei uns Realität. Wir haben eine klare Roadmap, mit der alle unsere digitalen Systeme vereinheitlicht werden. Alle Produktionsdaten sind in Echtzeit verfügbar. Und das wichtigste: Alle Mitarbeiter sind immer auf dem aktuellen Stand und die Teams können sich selbst steuern.



**Person:** Dr. Ralf Vogt

**Position im Unternehmen:** Chief Operating Officer

**Zukunftsvision:** Auslieferung und Installation von auf Kundenwunsch gefertigten Produkten innerhalb weniger Stunden. Der Kunde kann die Fertigung seines Loewe Systems online verfolgen und interaktiv den genauen Liefer-/Installationstermin festlegen.

**Interner Name für**

**Lean Manufacturing:** Loewe Produktionssystem (LPS)

**Einführungsjahr:** 2014 mit Gründung der Loewe Technologies GmbH

**Anzahl beteiligter Personen:** nach unserem Verständnis alle Mitarbeiter

**Geschätzte jährliche Ersparnis durch Lean Manufacturing:** 3 bis 5 Prozent, gemessen am Beschaffungsvolumen (konkret erfasst über unsere CIP Datenbank) - unsere OEE beläuft sich stabil oberhalb von 95 Prozent



# NOKIA

- Lean bedeutet für Ihre Prozesse...?** Lean Manufacturing ist für uns ein Werkzeug, um auch in der Zukunft konkurrenzfähig zu bleiben.
- Lean bedeutet für Ihre Kunden...?** Einem Partner zu vertrauen, der durch den Lean-Einsatz dafür sorgt, dass die Produkte, nicht nur wettbewerbsfähig sind, sondern auch umweltgerecht und kosteneffizient hergestellt werden. Das erfordert auch den ständigen Austausch mit dem Kunden.
- Ohne Lean wären Sie heute...?** Nicht effizient und nur Mittelmaß in den Supply-Chain-Aktivitäten.
- Als Alternative zu Lean Manufacturing können Sie sich vorstellen...?** Wir sehen derzeit keine sinnvolle Alternative zu Lean Manufacturing. Für mich steht es für ein ganzheitliches Führungs- und Organisationskonzept der Zukunft, das in allen Bereichen Kosteneffizienz, Agilität und Qualität befördert.
- Lean Manufacturing oder Industrie 4.0?** Ich glaube, das kann man nicht trennen. Nur wer beide Ansätze verfolgt wird mittelfristig erfolgreich sein, da beide zur Optimierung der Supply Chain beitragen.



© Nokia

- Interner Name für Lean Manufacturing:** Lean & Conscious Factory
- Einführungsjahr:** Der Lean-Ansatz existiert bei Nokia schon seit vielen Jahren. Seit 2015 ist dieser Ansatz auch eng verknüpft mit dem Conscious Factory Ansatz der Nokia Fertigungsorganisation. Lean wird auch weiterhin ein Ziel und wichtiges KPI bleiben.
- Anzahl beteiligter Personen:** Lean ist bereichsübergreifend und global aufgesetzt. Eine Vielzahl von Mitarbeitern ist damit mehr oder weniger intensiv befasst.
- Geschätzte jährliche Ersparnis durch Lean Manufacturing:** Die Einsparungen zu konkret zu beziffern ist schwierig, da diese auch einhergehen mit einem zunehmenden Automatisierungsgrad und Prozessoptimierungen. Sie sind in jedem Fall als sehr signifikant zu bezeichnen.

**Person:** Claus Heller

**Position im Unternehmen:** Senior Technology Engineer, Global Operations



**Zukunftsvision:** Eine hochautomatisierte, mobile, flexible auf Losgrößen 1 ausgerichtete Fertigung, die aber nicht menschenleer ist. Produktion findet dort statt, wo in der Supply Chain der Bedarf besteht.

# Big Data mit MES

## Massendaten im Fertigungsumfeld

Markus Diesner

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ welche Kriterien es für Big Data gibt,
- ✓ wie MES-Lösungen diese Kriterien bedienen können und
- ✓ welche Herausforderungen bei der Umsetzung in die Praxis entstehen.

Ähnlich wie „Industrie 4.0“ ist „Big Data“ mittlerweile ein häufig genanntes Schlagwort, wenn es um die Zukunft der Fertigungsindustrie geht. Aber ist das wirklich neu? Oder ist Big Data einfach nur ein neuer Name für das, was Manufacturing Execution Systeme (MES) heute schon leisten? Und wo geht der Weg hin?

Wendet man die Definition von Big Data aus dem zugehörigen BITKOM-Leitfaden [1] auf moderne MES-Lösungen an, so fällt auf, dass MES alle vier Kriterien für Big Data bedienen kann (Bild 1).

zustellen. Einerseits wollen Produktionsunternehmen mehr über ihre Prozesse erfahren und andererseits müssen insbesondere in der Medizintechnik sowie in der Automotive-Branche immer mehr Prozesswerte erfasst werden, um gängige Regularien zu erfüllen.

Datenmenge (Volume)

Auch wenn mit MES erfasste Daten sich heutzutage bei den meisten Fertigungsbetrieben noch nicht im Bereich von Petabytes und mehr bewegen, so ist in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme des Datenvolumens fest-

Datenvielfalt (Variety)

MES erfassen neben reinen Zahlenwerten (z. B. Prozesswerte oder Stückzahlen) auch Statusmeldungen, Prüfbilder, Freitexteingaben von Mitarbeitern, Chargeninformationen, Material-



Bild 1: Big Data – MES kann alle vier der von BITKOM vorgeschlagenen Kriterien bedienen



Dipl. Ing. (BA) Markus Diesner ist Product Marketing Manager bei MPDV Mikrolab GmbH

[www.mpdv.de](http://www.mpdv.de)

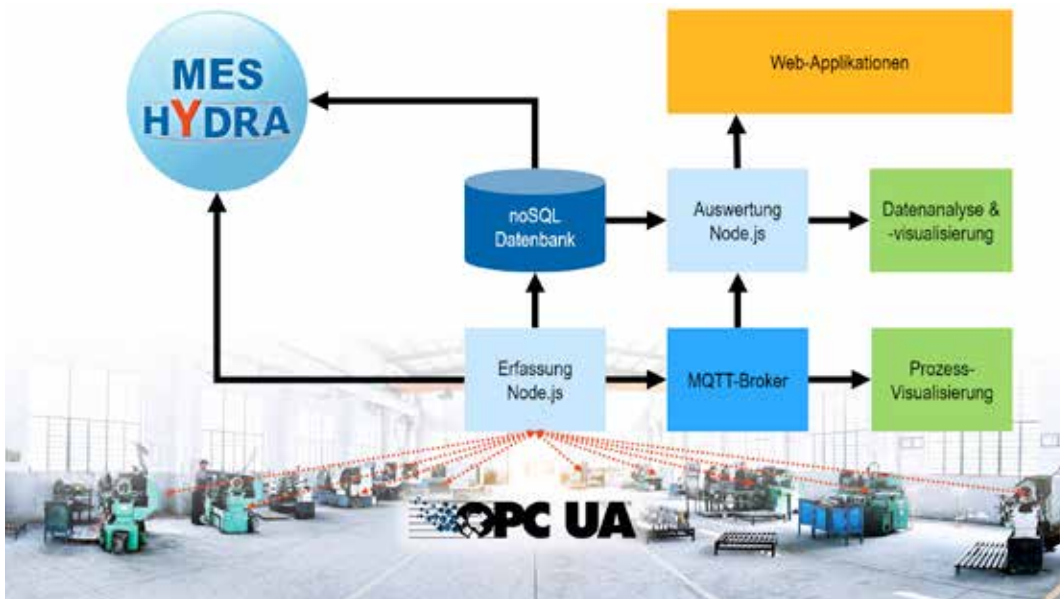


Bild 2: Neues MPDV-Konzept zur Erfassung von Massendaten im Shopfloor

bewegungen und vieles mehr. Dabei sind diese Daten strukturiert oder in wenigen Fällen semi-strukturiert.

### Geschwindigkeit (Velocity)

Um mit dem Takt der Fertigung mitzuhalten, müssen MES-Lösungen echtzeitfähig sein. Daher ist eine Erfassung von Prozesswerten im Sekundenintervall keine Seltenheit. Im Gegensatz zu ERP-Systemen, die maximal auf der Ebene von Schichten agieren, sind für ein modernes MES Stunden, Minuten und Sekunden relevant. Zudem ist der Zustrom an Daten konstant.

### Analytics (Value)

Schon jetzt haben MES die Aufgabe, Daten zu erfassen und aufzubereiten. Die eigentliche Auswertung der Daten sowie das Ableiten von Erkenntnissen oder Maßnahmen ist Aufgabe des Bedieners. Es gibt allerdings erste Ansätze, dass MES-Lösungen selbst Handlungsempfehlungen unterbreiten. Moderne MES analysieren beispielsweise die erfassten Rüstzeiten vergangener Auftragsanmeldungen und errechnen daraus eine Empfehlung zur Korrektur des Vorgabewertes, der in der Regel aus einem ERP-System übernommen wird [2]. Weitere Ansätze gibt es in der Auswertung von Prozessdaten.

### Big Data – nicht nur ein neuer Name

Die vorangehende Betrachtung würde den Schluss nahelegen, dass das, was heutige MES

leisten bereits mit Big Data überschrieben werden könnte. Damit wird man Big Data aber definitiv nicht gerecht. Vielmehr geht es bei Big Data um eine ganz neue Qualität der Datenverarbeitung. Hier stehen MES-Lösungen noch am Anfang. Aber sie wachsen sukzessive in die Welt der Massendaten hinein.

### Big Data vs. Smart Data

Was bei der Betrachtung von Massendaten aber auch nicht außer Acht gelassen werden darf, ist der Mensch. Sowohl heute als auch in Zukunft wird der Mensch die Verantwortung für das tragen, was tagtäglich in der Fertigung abläuft. Und damit er den Überblick behält, braucht er aussagekräftige Informationen – also nicht Big Data sondern Smart Data. Ein gutes Beispiel für Smart Data sind Kennzahlen [3]. Mit Big Data und den dazu gehörenden neuen Methoden zur Erfassung und Verarbeitung von Daten können Kennzahlen nun aufgrund einer breiteren Datenbasis berechnet werden und sind dadurch noch verlässlicher. Und so profitiert indirekt der Mensch von Big Data, auch wenn er mit der reinen Masse an Daten selbst wenig anfangen kann.

### Stand der Technik

Bereits heute verdichten MES viele Daten (Big Data) zu aussagekräftigen Informationen (Smart Data). Diese dienen dann als Entscheidungsgrundlage. In Zukunft werden im MES darüber hinaus konkrete Handlungsempfehlungen zur Fertigungsoptimierung abgege-

## Literatur

- [1] Big Data im Praxiseinsatz – Szenarien, Beispiele, Effekte; BITKOM 2012
- [2] NEWS, Ausgabe 38, Oktober 2015; HYDRA-Leitstand erweitert; MPDV 2015
- [3] Whitepaper Management Support – Mit Kennzahlen die Produktion im Griff; MPDV 2014

ben. In einem weiteren Evolutionsschritt sind dann auch eigenständige Entscheidungen seitens eines MES denkbar.

Basis dafür ist Big Data – also das Erfassen und Verarbeiten großer Datenmengen. Mehr Daten bedeuten auch im Fertigungsumfeld mehr mögliche Kombinationen und Korrelationen, was wiederum zur Folge hat, dass mehr und auch neue Informationen aus den erfassten Daten extrahiert werden können. Daraus können dann Entscheidungsvorlagen abgeleitet werden.

Der Umgang mit großen Datenmengen ist unter dem Schlagwort Big Data zwar methodisch umrissen, aber für die technische Umsetzung braucht es mehr: z. B. In-Memory-Technology. Viele werden diesen Begriff auch in Zusammenhang mit SAP-HANA gehört haben. Grundsätzlich bietet In-Memory-Technology die nötige Rechenkapazität und Performance, um große Datenmengen in angemessener Zeit verarbeiten und auswerten zu können. Viele der Auswertungen, die mit herkömmlicher Technologie viele Stunden oder Tage dauern würden, sind mit In-Memory-Technology quasi im Handumdrehen machbar. Da die Auswertung zeitnah zum Auftreten eines Ereignisses erfolgen kann, sind auch sinnvolle Handlungsempfehlungen möglich.

### Blick in die Praxis

Aber dafür braucht es neue Erfassungsinfrastrukturen, die den Umgang mit großen Datenmengen im Shopfloor erleichtern. Die klassischen Restriktionen heutiger Manufacturing Execution Systeme werden damit aufgebrochen.

Gemäß der herkömmlichen MES-Logik müssen die Definitionen zu allen aufzunehmenden Daten zunächst im System hinterlegt werden, was eine aufwendige Konfiguration und umfangreiche Stammdatenverwaltung (Kanalmapping, Erfassungsvorschriften, ...) zur Folge hat. In Zeiten von Big Data wird jedoch die Forderung, Daten einfach zu erfassen, immer lauter. Dazu braucht es offene Konzepte, mit denen erst einmal alle Daten aufgenommen und im Nachhinein klassifiziert, sortiert und wei-

terverarbeitet werden. Wichtigste Gründe für diese neue Art der Erfassung sind einerseits die höhere Flexibilität und andererseits die Möglichkeit, mehr Daten in einer deutlich höheren Geschwindigkeit aufzunehmen.

Mit dem MPDV-Konzept zur Massendatenerfassung im Shopfloor werden die Daten über OPC-UA eingelesen und direkt über einen effizienten Service auf Basis von Node.js ([www.nodejs.org](http://www.nodejs.org)) in einer noSQL-Datenbank abgelegt. Gleichzeitig werden die erfassten Daten über einen MQTT-Broker an die Prozess-Visualisierung weitergeleitet. MQTT ([www.mqtt.org](http://www.mqtt.org)) ist ein schlankes Nachrichtenprotokoll, das hauptsächlich in der Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) zum Einsatz kommt. Ebenfalls über einen Node.js-Service können Anwendungen zur Visualisierung und Analyse der Daten entweder an die noSQL-Datenbank oder den MQTT-Broker angebunden werden. Die Weiterverarbeitung der Daten erfolgt über eine intelligente Datenintegration. Der wesentliche Vorteil des neuen Konzepts besteht in der Entkoppelung der Erfassung von der Speicherung und Weiterverarbeitung. So können enorme Datenmengen mit hoher Geschwindigkeit erfasst und abgelegt werden – und genau das versteht man im Allgemeinen unter Big Data im Shopfloor. Durch die kontextfreie Erfassung können die Daten sowohl für das Process Engineering verwendet als auch die dafür notwendigen Konfigurationen auf ein Minimum reduziert werden.

### Ausblick

Der heutige Ansatz, mit MES-Lösungen sich langsam an Big Data anzunähern, zeigt bisher Erfolge. Allerdings ist bereits heute zu erkennen, dass die aktuell eingesetzten Technologien (z. B. SQL-Datenbanken) mit Blick auf die unaufhaltsam wachsenden Datenmengen sukzessive durch neue (z. B. NoSQL oder Hadoop) ersetzt bzw. zumindest erweitert werden müssen. Somit ist es nun an den MES-Anbietern, sich mit diesen Technologien zu beschäftigen und geeignete Lösungsansätze zu schaffen.

### Schlüsselwörter:

Manufacturing Execution Systeme, MES, Big Data

## Bulk Data in Production Environment - Big Data with MES

Regarding the future of the manufacturing industry, Big Data is an often mentioned keyword. But is Big Data a new thing or is it a new name for that what a MES already does today? What is the future path?

### Keywords:

Manufacturing Execution Systems, MES, Big Data

# Softwareframework für die Energieoptimierung von Produktionssystemen

Messung, Prädiktion und Anpassung der Energienutzung

Matthias Bartelt, Jannis Stecken, Anton Strahilov und Bernd Kuhlenkötter

Eine Betrachtung und Optimierung des Energieverbrauchs von Produktionsanlagen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Im ITEA-Forschungsprojekt SPEAR wird die Möglichkeit geschaffen, aktuelle Energieverbräuche von Produktionssystemen zu messen sowie diese für unterschiedliche Prozessabläufe zu berechnen. Optimierungsalgorithmen können dann den Energieverbrauch reduzieren beziehungsweise an den Verlauf der Energiepreise anpassen.

Die Betrachtung des Energieverbrauchs von Produktionssystemen hat besonders im Zuge des Klimaschutzes in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. In diesem Kontext spielen auch erneuerbare Energien und deren optimale Nutzung eine wesentliche Rolle. In Bezug auf Produktionssysteme sowie deren Planung fehlen derzeit allerdings geeignete Mittel, um den Energieverbrauch eines kompletten Produktionssystems zu planen, zu erfassen und zu optimieren. Außerdem ist eine flexible Änderung von Produktionsprozessen in der Regel nicht möglich, sodass auf Schwankungen der Energieproduktion nicht reagiert werden kann.

Im Hinblick auf den Klimaschutz sind erneuerbare Energien von großer Bedeutung und der Anteil erneuerbarer Energien ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Während 2013 noch etwa 11,8 Prozent der selbst produzierten Energie der EU-Länder aus erneuerbaren Quellen stammten, soll dieser Anteil bis 2020 auf 20 Prozent erhöht werden [1]. Insbesondere im Kontext von Produktionssystemen gibt es jedoch weiterhin einige Probleme, erneuerbare Energien im großen Maßstab zu nutzen. Zu den Gründen gehört, dass entsprechende Ressourcen wie Wind oder Sonne sehr witterungsabhängig sind, weshalb die Umsetzung einer dauerhaften, stabilen und langfristigen Energieversorgung auf Basis von erneuerbaren Energien eine Herausforderung darstellt. Eine stabile Energieversorgung ist jedoch eine der Hauptvoraussetzungen heutiger Produktionsanlagen. Ein Ansatz um das volatile Stromnetz zu regeln und damit auf konventionelle Kraft-

werke zu verzichten sind Smart Grids [2]. Durch die Vernetzung von Erzeugern und Verbrauchern kann eine intelligente Regelung erfolgen. Um jedoch auf diese Regelung reagieren zu können und sie zu unterstützen, müssen erneuerbare Energien für Produktionssysteme handhabbar gemacht werden.

## Software-Systeme in der Produktion

Spätestens mit der Einführung von cyber-physischen Konzepten, zum Beispiel in Form von cyber-physischen Systemen oder cyber-physischen Produktionssystemen, werden die im Kontext der Produktion und Produktionsplanung genutzten Software-Systeme um Informationen über die realen Prozesse angereichert. Aktuelle Systeme können aufgrund ausgeklügelter Technologien bereits ein breites Spektrum verschiedener Prozesswerte und Parameter messen und analysieren, beispielsweise den Energieverbrauch von Produktionsanlagen. Dennoch gibt es gegenwärtig keine industriell anwendbaren Mechanismen, Algorithmen oder Möglichkeiten, um den Energieverbrauch an externe Anforderungen, wie zum Beispiel die verfügbare Energiemenge am Markt, anzupassen. Dabei sind das Fehlen einer ganzheitlichen Bestimmung des Energieverbrauchs der Produktionsanlagen und fehlende Möglichkeiten den Energieverbrauch der Anlagen vorherzubestimmen wesentliche Hürden für den Einsatz geeigneter Technologien zur Anpassung des Energiebedarfs. Aktuell verfügbare Ansätze für die Prognose des Energie-

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ welche Probleme es bei der Reduzierung der Energiekosten einer Produktionsanlage gibt,
- ✓ wie Energieverbräuche von Produktionsanlagen bestimmt und beeinflusst werden können und
- ✓ welche Soft- und Hardware-Komponenten für eine Energieoptimierung notwendig sind.

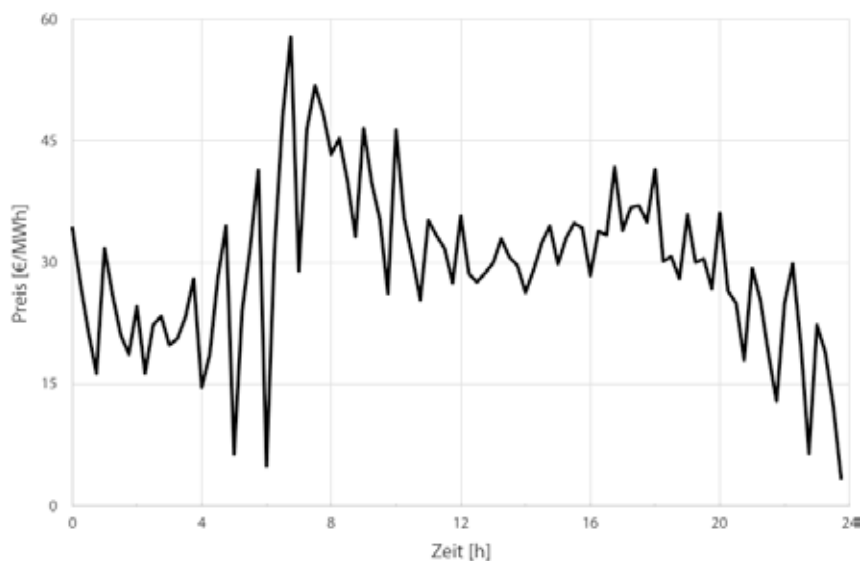
**Dr.-Ing. Matthias Bartelt** leitet den Bereich Digitalisierung in der Produktion am Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) der Ruhr-Universität Bochum.

**Jannis Stecken, M. Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) im Bereich der Digitalisierung in der Produktion.

**Dr.-Ing. Anton Strahilov** arbeitet bei der Firma EKS InTec GmbH und ist dort verantwortlich für alle Forschungsprojekte im Bereich der digitalen Innovationen.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter** leitet den Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) an der Ruhr-Universität Bochum.

[www.spear-project.eu](http://www.spear-project.eu)



**Bild 1: Voraussichtliche Energiepreise für den 7.12.2017 [5].**

verbrauchs haben verschiedene Nachteile. Sie sind entweder zu ungenau oder benötigen einen gewissen Einlernvorgang für jede Maschine durch ein Testprodukt, um daraus die Prognose für andere Produkte ableiten zu können [3]. Der im Rahmen des Forschungsprojektes SPEAR genutzte Forschungsansatz verfolgt jedoch das Ziel diese Nachteile zu beheben und eine genaue Prognose ohne Einlernvorgang zu ermöglichen. Der Ansatz der wandlungsfähigen Fabrik schafft die nötigen Voraussetzungen, um die durch die Optimierung und Reaktion auf den Energiemarkt entstehende, flexiblere Art der Produktion zu bewältigen. Durch die Kombination kann eine effizientere Art der Produktion geschaffen werden [4].

## Optimierung der Energienutzung

Das internationale Forschungsprojekt SPEAR (Smart Prognosis of Energy with Allocation of Resources) leistet einen Beitrag, um diese Lücke bei der Optimierung der Energienutzung zu schließen. Dazu stehen zwei Forschungsfragen im Fokus des Vorhabens: Wie kann der Energieverbrauch einer Produktionsanlage bestimmt und für unterschiedliche Szenarien vorhergesagt werden und wie kann das Anlagenverhalten beeinflusst werden, um Einfluss auf den Energieverbrauch zu nehmen. So könnten beispielsweise Prozesse, die einen erhöhten Energiebedarf haben, auf Zeiten geschoben werden, in denen aufgrund hoher Sonneneinstrahlung ein Überangebot an Energie am Markt verfügbar ist. Bild 1 zeigt eine Vorausberechnung des Energiepreises für 24 Stunden. Kann also der Energieverbrauch einer Anlage geeignet angepasst werden, können günstige Strompreise optimal genutzt werden. Dabei stehen vorerst einzelne Produktionszellen, zum Beispiel robotergestützte Schweißzellen, im Fokus der

Energiebetrachtungen. Diese bieten eine überschaubare Komplexität, während trotzdem alle Software-Werkzeuge involviert sind, die auch bei größeren Produktionsanlagen relevant sind.

Die für die Optimierung der Energienutzung notwendigen Software-Komponenten sind in Bild 2 schematisch dargestellt. Zunächst wird im Forschungsprojekt ein Rahmen geschaffen, um digitale Zwillinge auf den erweiterten Anlagenkomponenten nutzen zu können. Der digitale Zwilling enthält ein Modell der jeweiligen Komponente und ermöglicht die Nutzung der Komponente losgelöst vom realen Pendant, bspw. für Simulationszwecke. Dabei soll diese Erweiterung möglichst kostengünstig durchgeführt werden, sodass verstärkt Low Cost-Hardware eingesetzt wird. Die Umsetzung einer echtzeitfähigen Simulation ist dabei von zentraler Bedeutung. Die Simulationsumgebung greift dabei auf Modelle zurück, die in einer entsprechenden Datenbank hinterlegt sind und über einen Assistenten konfiguriert werden können. Ein Vorteil ist dabei, dass die Modelle sowohl in der laufenden Produktion als auch bereits bei der Planung und virtuellen Inbetriebnahme genutzt werden können.

Die Akquise der aktuellen Anlagendaten erfolgt in der realen Anlage über entsprechende Schnittstellen und reichert den digitalen Zwilling um entsprechende Prozessinformationen an. Die Kombination aus digitalem Zwilling und den aktuellen Prozessinformationen ergeben den digitalen Schatten der Komponente, die ähnlich zum Zwilling in digitalen Werkzeugen genutzt werden können, jedoch den aktuellen Zustand der Komponente widerspiegelt. Neben der Bestimmung des aktuellen Energiebedarfs sind diese Informationen zudem für die Validierung der Berechnungsergebnisse relevant. Eine Optimierungsplattform zusammen mit entsprechenden Algorithmen liefern dann Vorschläge für eine Verbesserung der Energienutzung der jeweiligen Produktionsanlage. Über die Optimierungsplattform kann zudem auf alle Informationen des digitalen Schattens oder des digitalen Zwillings zugegriffen werden und sie fungiert als Hauptschnittstelle für den Benutzer. Basierend auf sämtlichen Eingangsdaten, wie der aktuellen Auftragslage oder zukünftigen Strompreisprognosen, ermöglicht die Optimierungsplattform eine Energie-, Strom- und Kostenoptimierung. Natürlich können Benutzer zwischen verschiedenen Optimierungsoptionen wählen, zum Beispiel minimaler Energieverbrauch, minimale Kostenstruktur, minimale Prozessdauer oder Vermeidung von Leistungsspitzen. Basierend auf diesen Parametern generiert die Optimierungsplattform eine Prognose

des Energieverbrauchs des Produktionssystems für einen bestimmten Zeitraum.

### Drei Schritte zur Optimierung der Energienutzung

Um dieses Ziel zu erreichen, sollen im Rahmen des Projektes unterschiedliche Software-Komponenten entwickelt werden. In einem ersten Schritt werden klassische Produktionssysteme durch Einsatz kostengünstiger Standardelektronik erweitert und über Schnittstellen mit der realen Anlage beziehungsweise Komponente verbunden. Dadurch ergeben sich cyber-physische Systeme und in Kombination aller Einzelsysteme eine cyber-physische Produktionsanlage.

Der zweite Schritt ist die Verknüpfung der jeweiligen cyber-physischen Systeme mit ihrem digitalen Zwilling. Ein solcher Zwilling stellt eine virtuelle Kopie dar, die – soweit vollständig umgesetzt – alle physischen Eigenschaften und das gleiche Verhalten wie dessen reales Pendant besitzt. Je nach Vorgehensweise bei der Anlagenplanung (zum Beispiel durch eine virtuelle Inbetriebnahme) sind entsprechende digitale Zwillinge bereits vorhanden und können direkt oder mit geringem Zusatzaufwand genutzt werden. Als Resultat ergibt sich ein digitaler Schatten, der für die Bestimmung unterschiedlicher Parameter wie beispielsweise des Energieverbrauchs genutzt werden kann. Insbesondere kann über das enthaltene physikalische Modell auch für solche Komponenten der Energieverbrauch bestimmt werden, bei denen keine direkte Messung möglich ist oder zusätzliche Sensoren benötigen würden. Als

Innovation werden die einzelnen cyber-physischen Systeme befähigt, nicht nur ihren aktuellen Energiebedarf zu bestimmen, sondern sie können unter Nutzung ihres digitalen Zwillings berechnen, wie sich ihr Energiebedarf zukünftig und für unterschiedliche Produktionsszenarien verändern wird. Dadurch wird eine Methode bereitgestellt, den Einfluss von Änderungen in der Produktion auf den resultierenden Energiebedarf zu berechnen.

Im dritten Schritt kann schließlich die Optimierung der Energienutzung erfolgen. Unter Nutzung des Energiebedarfs als Kenngröße können geeignete Algorithmen genutzt und entwickelt werden, um die Produktion dynamisch anzupassen. Damit können sowohl die Energiekosten von Produktionssystemen gesenkt als auch die Nutzung regenerativer Energiequellen verbessert werden. Durch detaillierte Vorhersagen können Produktionssysteme anhand externer Faktoren, wie zum Beispiel der verfügbaren Energiemenge oder dem Strompreis, optimiert werden. Ebenso kann flexibel auf die schwankende Energieproduktion erneuerbarer Energien reagiert werden, wodurch eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen möglich und eine ökologischere Art der Produktion erreicht wird.

*Das ITEA Forschungsprojekt SPEAR wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01IS17024F gefördert.*

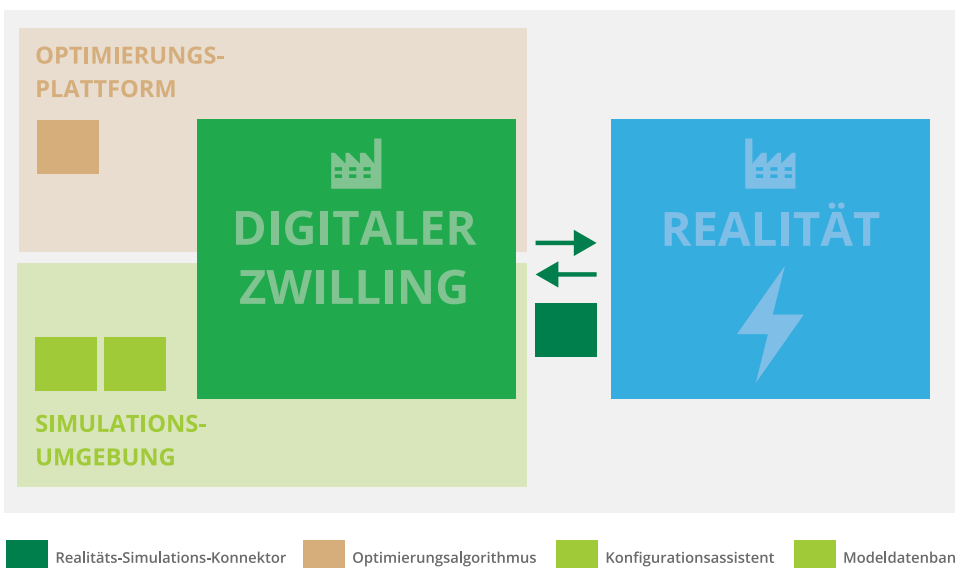
#### Schlüsselwörter:

Digitaler Zwilling, Digitaler Schatten, Energieoptimierung, erneuerbare Energien

#### Literatur

- [1] Eurostat: Share of renewable energy in gross final energy consumption. Code: t2020\_31. [http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&code=t2020\\_31&plugin=1](http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&code=t2020_31&plugin=1), abgerufen am: 05.12.2017
- [2] Geisberger, E. u. Broy, M.: agendaCPS, Bd. 1. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2012
- [3] Schmidt, C., Li, W., Thiede, S., Kara, S. u. Herrmann, C.: A methodology for customized prediction of energy consumption in manufacturing industries. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology 2 (2015) 2, S. 163–172
- [4] Schenk, M., Wirth, S. u. Müller, E.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2014
- [5] Energy Exchange Austria: Marktdaten 2017, 2017. <https://www.exaa.at/download/history/DSHistory2017.xls>, abgerufen am: 06.12.2017

**Bild 2: Software-Komponenten für die Optimierung der Energienutzung.**



#### Software Framework for Optimizing the Energy Consumption of Production Systems

The required energy of production systems as well as the optimization of the use of energy becomes more and more important. Appropriate means to measure and compute the energy consumption of production systems are developed within the research project SPEAR. However, the concept also allows estimation of energy consumption for different process flows. With this, algorithms are developed in order to optimize the required energy, e.g. with respect to future energy prices.

#### Keywords:

Digital Twin, Digital Shadow, Energy Optimization, Renewable Energy

# Marktüberblick Fabriksoftware

Hanna Theuer



**Dipl.-Ing. Hanna Theuer** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme an der Universität Potsdam und leitende Redakteurin der productivity.

[www.enterprise-research.de](http://www.enterprise-research.de)

**Die richtige Auswahl und Integration von Software in den Wertschöpfungsprozess zeugt von zunehmenden Relevanz für die Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen. Gerade in Zeiten der Digitalisierung können die Aufnahme und Analyse von Daten einen wertvollen Mehrwert bieten und beispielsweise als Grundlage für Prozessverbesserungen und die Generierung neuer Dienstleistungen dienen.**

Das Center for Enterprise Research (CER) der Universität Potsdam führte einen Marktüberblick zu „Fabriksoftware“ durch. Hierzu wurden Anbieter im deutschsprachigen Raum gebeten, Angaben zu den von ihnen angebotenen Systemen zu machen. Die Teilnehmenden wählten dabei aus vierzehn gelisteten Systemarten und machten Angaben zu Modulen bzw. Funktionen. Weiter wurden die Unternehmen nach ihrer Einschätzung hinsichtlich Herausforderungen und Trends der IT in produzierenden Unternehmen sowie der Fragestellung, ob sich langfristig Spezial- oder integrierte Gesamtlösungen etablieren werden, gefragt. Insgesamt sind Antworten zu 40 Lösungen eingegangen. Die Ergebnisse werden nachfolgend ausgewertet und zu Schwerpunktbereichen zusammengefasst. Bild 1 stellt – aufgeschlüsselt nach Art des Produktes – dar, welche IT-Systeme wie oft angeboten werden. Die teilnehmenden Lösungen konnten dabei jeweils auch mehreren Produktarten zugeordnet werden.

## Betriebsdatenerfassung

Unter der Betriebsdatenerfassung werden verschiedene Verfahren zur Erfassung von Ist-Daten von Zuständen und Prozessen zusammengefasst. Diese Systemart ist mit 30 Nennungen diejenige, die in der vorliegenden Marktübersicht am häufigsten als Bestandteil der angebotenen Lösung angegeben wurde. Die Betriebs- und Aufgabenerfassung wurden am häufigsten als angebotene Funktionen dieser Systemart genannt.

## Engineering Data Management / Product Data Management

Die verbesserte Rechnerleistung sowie die Weiterentwicklung von CAX-Systemen haben in den vergangenen Jahren eine starke Zunahme der zu verwaltenden Dokumente im Produktentwicklungsprozess verursacht. Eine mögliche Lösung diese effizient zu handhaben, bieten Engineering Data Management Systeme bzw. Product Data Management Systeme. Sie stellen eine Integrationsplattform für diverse Systeme dar, welche während des Produktentwicklungsprozesses Daten und Informationen erzeugen. Zwölf Unternehmen gaben an, dass das von ihnen angebotene System Funktionen des EDM/PDM erfüllt. Die häufigsten Funktionen sind dabei das Workflow- und das Variantenmanagement (11 bzw. 10 Nennungen).

## Manufacturing Execution System

MES sind in produzierenden Unternehmen weitverbreitet. Sie sind zwischen der Unternehmensleit- und der Fertigungsebene einzuordnen und bieten Funktionen, die die Generierung einer realen Abbildung der Fertigungssituation ermöglichen, auf deren Basis Handlungsempfehlungen geschaffen werden können.

29 der teilnehmenden Unternehmen gaben an, Funktionen im Bereich MES anzubieten. Am häufigsten sind dabei die MES-Aufgaben Date-



nerfassung (27 Nennungen) sowie die Feinplanung und -steuerung und das Informationsmanagement (26 bzw 25 Nennungen) in ihrem System verfügbar.

### Maschinendatenerfassung

Die Maschinendatenerfassung bildet die Schnittstelle zwischen der Produktionstechnik und der Informationsverarbeitung. Die automatische Erhebung von Kennwerten der Maschinen, wie beispielsweise Produktionsmenge, Auslastung, Maschinenzustand sowie Energieverbrauch bildet die Grundlage für die Verwendung in weiteren Systemen, wo durch die gezielte Analyse beispielsweise Muster entdeckt und darauf basierende Potenziale gehoben werden können.

28 Unternehmen gaben an, dass mit ihrem System Aufgaben der Maschinendatenerfassung möglich sind. Die automatische Stück- und Mengenerfassung sowie Auswertungs- und Analysemöglichkeiten sind die Funktionen, die bei dieser Systemart am häufigsten als verfügbar genannt wurden (jeweils 27 Nennungen).

### Qualitätsmanagement

Um dem wachsenden Anspruch der Kunden nach einer hohen Qualität gerecht zu werden, müssen zahlreiche Maßnahmen unternommen werden, um Kunden zu halten und neue zu gewinnen. Daher hat die Steigerung der Prozess- und Produktqualität für zahlreiche Unternehmen einen sehr hohen Stellenwert. Qualitätsmanagement-Systeme können hier eine wertvolle Hilfe sein.

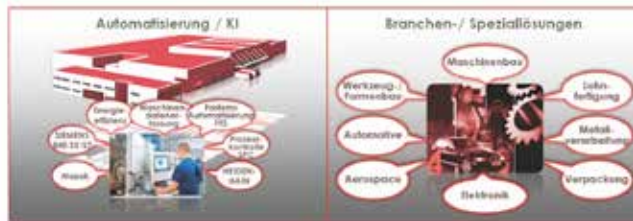
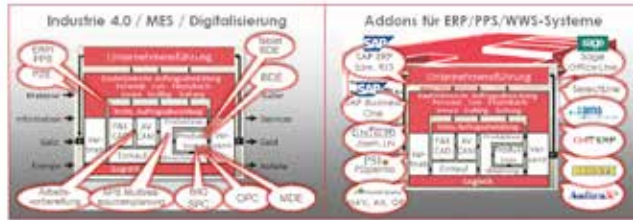
22 der teilnehmenden Lösungen bieten Funktionen in diesem Bereich – die Erfassung von Qualitätsdaten sowie ein integriertes Dokumentenmanagement sind die am häufigsten angebotenen Funktionen (22 bzw. 19 Nennungen).

### Advanced Planning and Scheduling

APS-Systeme werden zur Unterstützung der Planungsfunktionen nach der MRP II-Methode eingesetzt. Dabei werden mithilfe mathematischer Modelle und detaillierter Daten möglichst exakte Vorhersagen zu künftigen



### Innovative Fabriksoftware



[www.software4production.de](http://www.software4production.de)

Produktionsszenarien getroffen. Es wurde angegeben, dass 21 der Systeme APS-Funktionen ermöglichen, wobei die Planung mit beschränkten Ressourcen und die automatische Lieferterminberechnung mit 21 bzw. 20 Nennungen die häufigsten Funktionen sind.

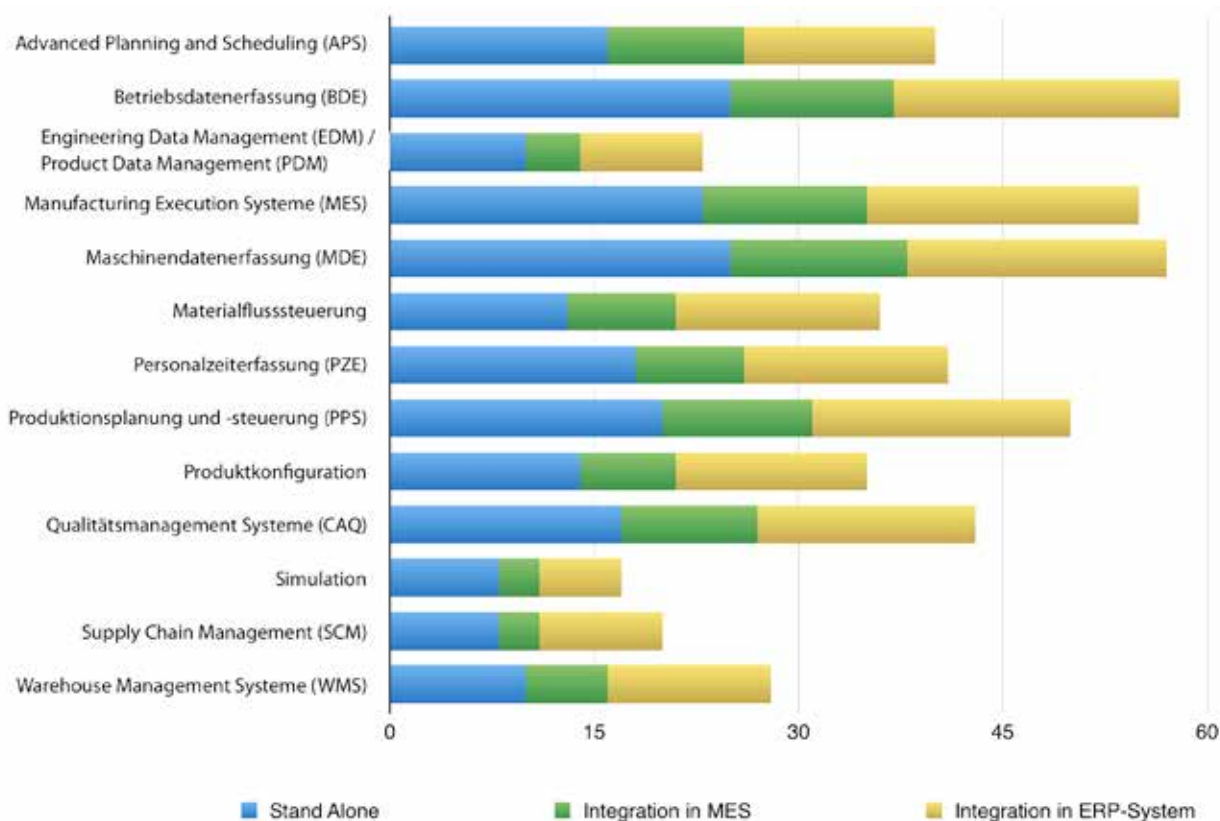
### Personalzeiterfassung

Die Personalzeiterfassung ermöglicht die Aufnahme und Auswertung von Anwesenheits- und Arbeitszeiten der Arbeitnehmer. Dazu existieren häufig Terminals, an denen sich der Mitarbeiter durch beispielsweise einen Chip beim Betreten und Verlassen des Betriebsgeländes identifiziert.

23 Mal wurde sie von den teilnehmenden Unternehmen benannt. Die Schicht- und Fehlzeitenplanung sowie die Möglichkeit der Erstellung einer Übersicht über an- und abwesende Personen sind mit jeweils 22 Nennungen die häufigsten Funktionen.

### Warehouse Management Systeme

Lagerverwaltungssysteme ermöglichen eine übergreifende Lagersteuerung sowie Bestandsverwaltung und tragen somit zur



**Bild 1: Anzahl der IT-Systeme – aufgeschlüsselt nach Art des Produktes (Mehrfachnennungen möglich)**

Verbesserung der Lagerprozesse bei. Obwohl aufgrund verschiedener Nachteile wie gebundenem Kapital oder Veralterung von Produkten viele Unternehmen Lager minimieren oder komplett eliminieren, ist die Lagerhaltung von Roh-, Zwischen- oder Fertigprodukten für einige Unternehmen immer noch unerlässlich. Funktionen des Warehouse Managements werden von 15 der 40 teilnehmenden Systeme zur Verfügung gestellt, mit jeweils 14 Nennungen sind die Kommissionierung, die Seriennummernverwaltung und die Werkzeug- und Betriebsmittelverwaltung die meist genannten Funktionen.

### Produktkonfiguration

Immer häufiger stellen Kunden heute individuelle Anforderungen an die Unternehmen. Deren Erfüllung ist für den Erfolg vieler Unternehmen unerlässlich. Häufige Folgen der zunehmenden Variantenvielfalt und des „Mass Customization“ sind steigende Kosten und Komplexität. Es ist erforderlich, dass die Unternehmen Möglichkeiten finden, diese Anforderung zu beherrschen. Eine Möglichkeit hierzu bieten Produktkonfiguratoren die virtuelle Entwicklung von Produkten wird dadurch möglich. Der Kunde kann also überprüfen, ob seine gewünschten Leistungsmerkmale realisiert werden.

19 der teilnehmenden Systeme gaben an, dass ihr System Funktionen der Produktkonfiguration bereitstellt, wobei die Stücklisten- und die Arbeitsplanerstellung (18 bzw. 17 Nennungen) die am häufigsten angegebenen Funktionen sind.

### Simulation

Das Simulation, also das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, birgt zahlreiche Chancen. Im Bereich der Produktion und Logistik können mittels Simulation beispielsweise die Werkstattsteuerung, die Fertigungs- und Fabrikplanung, Geschäftsprozesse oder die Distribution untersucht werden. Zehn der teilnehmenden Systeme bieten Funktionen in diesem Bereich. Die Ressourcenplanung wurde mit acht Nennungen als am häufigsten verfügbare Funktion angegeben.

### Product Lifecycle Management

Sich verändernde Marktbedingungen und steigende Kundenanforderungen verlangen eine schnelle und flexible Handhabung und Kontrolle von Prozessen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg. Insbesondere KMU müssen sich mit den genannten Herausforderungen immer öfter auseinandersetzen, um im Wettbe-

werb bestehen zu können. Da neben Massenmärkten auch Nischenmärkte besetzt werden müssen, stehen KMU häufig vor der Herausforderung, eine große Bandbreite von Produktvarianten beherrschen zu müssen. PLM-Lösungen können hier helfen. Mit neun Nennungen ist das PLM die Systemart, die von den teilnehmenden Unternehmen am seltensten zur Verfügung gestellt wird. Alle diese Lösungen bieten Funktionen des Produktdatenmanagements an.

### Materialflusssteuerung

Aufgrund einer immer höheren Komplexität von Transportvorgängen auch innerhalb eines Unternehmens gewinnt ein effizienter und effektiver unternehmensinterner Materialfluss immer mehr an Bedeutung. Dabei spielen sowohl technologische als auch betriebswirtschaftliche Faktoren eine wichtige Rolle. Durch moderne Informationssysteme können die Prozesse verbessert werden. 19 der in diesem Marktüberblick teilnehmenden Systeme bieten Funktionen der Materialflusssteuerung an. Mit jeweils 17 Nennungen sind die Bearbeitung von Transportaufträgen und -rückmeldungen, die Erstellung von Transportaufträgen und die Erzeugung von Bereitstellungs- bzw. Kommissioniertaufträgen die in diesem Zusammenhang am häufigsten genannten Funktionen.

### Produktionsplanung und -Steuerung (PPS)

Produktionsplanungs- und Steuerungs-Systeme (PPS) dienen dem Nutzer bei der Durchführung der produktionsrelevanten Prozesse im Unternehmen. Durch die integrierte Verwaltung der Daten aus unterschiedlichen (Funktions-) Bereichen können zahlreiche Potenziale ermittelt und gehoben werden. PPS-Lösungen grenzen sich von ERP-Systemen in sofern ab, dass bei ERP-Systemen weitere betriebswirtschaftliche Funktionsbereiche, wie beispielsweise Personal oder Finanzen, berücksichtigt werden können.

Für 26 Systeme wurde angegeben, Funktionen im PPS-Bereich bereitzustellen; alle diese Systeme bieten dem Nutzer eine Auftragsfortschrittskontrolle.

### Trends und Herausforderungen

Die Auswertung der Antworten nach den Trends der kommenden beiden Jahren im Bereich der Fabriksoftware, lässt eine klare Gliederung in drei Bereiche zu: die Digitalisierung,

**GEWATEC**  
SYSTEM LÖSUNGEN

Softwarelösungen  
für den Mittelstand!



Wir steigern Ihre Produktivität!

[www.GEWATEC.com](http://www.GEWATEC.com)

die Automatisierung sowie Machine Learning. Die Software-Anbieter sehen im Rahmen der Digitalisierung einen klaren Trend in Richtung der intelligenten Verknüpfung aller Produktionsprozessbeteiligten – Mensch und Technik (Maschine, Produkte, Werkzeuge, Software, etc.). Ebenso wurde mehrfach eine stärkere Verbreitung von webbasierten sowie mobilen Anwendungen genannt. Auch die Nutzung mobiler Geräte für die Produktionsplanung und -steuerung wird demnach in den nächsten beiden Jahren steigen.

Die Herausforderungen betreffen insbesondere die gesteigerten Kundenanforderungen nach Individualität. Es gilt, die Prozesse so zu gestalten, dass kurzfristig reagiert werden kann und eine ganzheitliche Transparenz gewährt wird. Darüber hinaus müssen die genannten Trends weiter konkretisiert und umgesetzt werden. Es muss sichergestellt werden, dass die Mitarbeiter die neuen Technologien akzeptieren und die Neugestaltung der Prozesse unterstützen.

#### Schlüsselwörter:

Marktüberblick, Fabriksoftware, IT-Systeme

#### Market Survey: Factory Software

For producing companies, the relevance of the right choice and integration of software in the value stream increases. Especially in times of digitalization, the recording and the analysis of data may provide an added value and form the basis for process improvements as well as the generation of new services.

#### Keywords:

Market Survey, Production, IT-Systems

Art des Produktes	IT-Systeme															Komponenten des Manufacturing Execution Systems											
	Stand Alone	Integration in MES-Lösung	Integration in ERP/PPS-Lösung	Manufacturing Execution Systeme (MES)	Maschinendatenerfassung (MDE)	Betriebsdaterfassung (BDE)	Qualitätsmanagement Systeme (CAQ)	Advanced Planning and Scheduling (APS)	Personalzeiterfassung (PZE)	Warehouse Management Systeme (WMS)]	Produktkonfiguration	Simulation	Product Lifecycle Management (PLM)	Engineering Data Management (EDM) / Product Data Management (PDM)	Materialflusssteuerung	Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	Supply Chain Management (SCM)	Feinplanung und -steuerung	Informationsmanagement	Qualitätsmanagement	Personalmanagement	Betriebsmittelmanagement	Leistungsanalyse	Datenerfassung	Materialmanagement	Energiemanagement	
<b>AIS Automation Dresden GmbH</b> FabEagle MES, FabEagle LC		✓	✓	✓	✓	✓					✓				✓	✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓	
<b>ams.Solution AG</b> ams.erp 8.0	✓		✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓											
<b>Böhme &amp; Weihs Systemtechnik GmbH &amp; Co. KG</b> WEB.MES	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>COSMO CONSULT</b> cc industry solutions			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓										
<b>Critical Manufacturing Deutschland GmbH</b> Critical Manufacturing V5.1	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>CSB-System AG</b> CSB-System Version 5.2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>customX GmbH</b> customX, Version 5.4	✓	✓	✓								✓																
<b>customX GmbH</b> Klio Enterprise	✓											✓	✓														
<b>DELTA BARTH Systemhaus GmbH</b> DELECO	✓		✓			✓	✓		✓	✓			✓		✓												
<b>digital ZEIT GmbH</b> AVERO 2018	✓			✓	✓	✓			✓						✓			✓						✓			
<b>Dontenwill AG</b> business express 6.5			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓		
<b>EAS Engineering Automation Systems GmbH</b> LEEGOO BUILDER	✓										✓																
<b>FAUSER AG</b> JOBDISPO	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓			✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	
<b>gbo datacomp GmbH</b> bisoft MES	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>GEOVISION GmbH &amp; Co. KG</b> BIOS V12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
<b>GEWATEC GmbH &amp; Co KG</b> GEWATEC Gesamtlösung	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>GUARDUS Solutions AG</b> GUARDUS MES	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓							✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>ib seteq gmbh</b> QSys - Modulare CAQ-Software	✓	✓	✓		✓		✓					✓	✓														
<b>IdentPro GmbH</b> identplus 3D Staplerleit-system	✓	✓	✓												✓												
<b>IFS Deutschland GmbH &amp; Co. KG</b> IFS Applications™ 9			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Art des Produktes	IT-Systeme													Komponenten des Manufacturing Execution Systems													
	Stand Alone	Integration in MES-Lösung	Integration in ERP/PPS-Lösung	Manufacturing Execution Systeme (MES)	Maschinendatenerfassung (MDE)	Betriebsdatenerfassung (BDE)	Qualitätsmanagement Systeme (CAQ)	Advanced Planning and Scheduling (APS)	Personalzeiterfassung (PZE)	Warehouse Management Systeme (WMS)	Produktkonfiguration	Simulation	Product Lifecycle Management (PLM)	Engineering Data Management (EDM) / Product Data Management (PDM)	Materialflusssteuerung	Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	Supply Chain Management (SCM)	Feinplanung und -steuerung	Informationsmanagement	Qualitätsmanagement	Personalmanagement	Betriebsmittelmanagement	Leistungsanalyse	Datenerfassung	Materialmanagement	Energiemanagement	
<b>Industrie Informatik GmbH</b> cronetwork Release 19	✓			✓	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>InQu Informatics GmbH</b> InQu.MES	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>ISTEC Industrielle Software-Technik GmbH</b> ISTEC-PLS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Jungheinrich AG</b> Jungheinrich WMS 5.7d	✓									✓					✓												
<b>MPDV Mikrolab GmbH</b> MES HYDRA	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>N+P Informationssysteme GmbH</b> NuPMES	✓		✓	✓	✓	✓													✓				✓	✓	✓		
<b>ORBIS AG</b> ORBIS MES			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>ORSOFT GmbH</b> ORSOFT Manufacturing Workbench			✓	✓				✓			✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
<b>Pickert &amp; Partner GmbH</b> RQM (Real-time Quality Manufacturing.)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>PSI Automotive &amp; Industry GmbH</b> PSI-penta 9.1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Q-DAS GmbH</b> eMMA Version 3	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓					✓	✓				✓	✓			
<b>SALT Solutions AG</b> SAP ERP Add-on Lean Production V17.1			✓	✓														✓									
<b>SCT GmbH</b> Supply Chain Technologies-DISCOVER SCO	✓							✓			✓				✓	✓											
<b>software4production GmbH</b> software4production Suite	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>TaylorCom Softwareentwicklung Limited</b> LAGER 3000	✓		✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
<b>TimeLine Business Solutions Group</b> TimeLine 13	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>tisoware Gesellschaft für Zeitwirtschaft mbH</b> tisoware Version 10.8a	✓			✓	✓	✓			✓									✓			✓			✓			
<b>Trebing + Himstedt</b> SAP Leonardo (MES / IoT)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Unidienst GmbH</b> UniPRO/CRM+ERP	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>w3logistics AG</b> w3/max	✓		✓							✓					✓												







Komponenten der Simulation										Komponenten des Product Lifecycle Managements					Komponenten des Engineering Data Management/Product Data Management									
Anlagenplanung	Engpassvermeidung	Fabrik-/ Layoutplanung	Kapazitätsdimensionierung	Planung von Logistiknetzen	Planung von Materialfluss- und Bearbeitungsprozessen	Produktkostensimulation	Prozess- und Strukturanalyse	Ressourcenplanung	Simulation von Produktionsprozessen	Customer Needs Management	Engineering Collaboration	Managementfunktion	Material Sourcing	Produktdatenmanagement	Produktentwicklungsmanagement	Bestandsdatenübernahme	Compliancemanagement	Kostenmanagement	Projektplanung	Sachmerkmaleliste	Terminplanung	Variantenmanagement	Visualisierungsfunktion	Workflowmanagement
✓								✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓
✓																								
								✓	✓											✓		✓		✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
											✓			✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓
												✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									
												✓	✓	✓	✓									

	Komponenten des Warehouse Management Systems											Komponenten des Advanced Planning and Scheduling								Komponenten der Produkt-konfiguration							
	Automatische und manuelle Lagerplatzzuweisung	Kommissionierung	Auslieferungkontrolle	Automatisierte Inventur	Vendor Managed Inventory	Konsignationslager	Lageroptimierung	Seriennummernverwaltung	Chargenverwaltung	Werkzeug- und Betriebsmittelverwaltung	Automatische Lieferterminberechnung	Planung mit beschränkten Ressourcen (Material, Zeit, Personal)	Strategische Netzwerkoptimierung	Multiressourcenplanung	Frühwarnmechanismen	Unternehmensübergreifende Absatz- und Bedarfsplanung	Automatische Generierung von Nachfrageprognosen	Integrierte Prozesssimulation	Mathematische Optimierungstools	Angebotsdokumenterstellung	Angebotskalkulation	Arbeitsplanerstellung	Produktfindung	Produktkonstruktion	Produktivvisualisierung	Stücklistenerstellung	Technische Produktauslegung
<b>InQu Informatics GmbH</b> InQu.MES										✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓		
<b>ISTEC Industrielle Software-Technik GmbH</b> ISTEC-PLS	✓	✓									✓			✓							✓					✓	
<b>Jungheinrich AG</b> Jungheinrich WMS 5.7d	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																		
<b>MPDV Mikrolab GmbH</b> MES HYDRA							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓									
<b>N+P Informationssysteme GmbH</b> NuPMES																											
<b>ORBIS AG</b> ORBIS MES	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓										✓	✓	✓				✓	✓	
<b>ORSOFT GmbH</b> ORSOFT Manufacturing Workbench										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
<b>Pickert &amp; Partner GmbH</b> RQM (Real-time, Quality, Manufacturing.)										✓	✓		✓														
<b>PSI Automotive &amp; Industry GmbH</b> PSIpenta 9.1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
<b>Q-DAS GmbH</b> eMMA Version 3																									✓		✓
<b>SALT Solutions AG</b> SAP ERP Add-on Lean Production V17.1																											
<b>SCT GmbH</b> Supply Chain Technologies-DISCOVER SCO										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
<b>software4production GmbH</b> software4production Suite	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓									
<b>TaylorCom Softwareentwicklung Limited</b> LAGER 3000	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>TimeLine Business Solutions Group</b> TimeLine 13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓				✓	✓	
<b>tisoware Gesellschaft für Zeitwirtschaft mbH</b> tisoware Version 10.8a																											
<b>Trebing + Himstedt</b> SAP Leonardo (MES / IoT)																											
<b>Unidienst GmbH</b> UniPRO/CRM+ERP		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>w3logistics AG</b> w3/max	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																		



	Komponenten der Materialflusssteuerung											
	Auswahl von Transportwegen	Bearbeitung von Transportaufträgen und -rückmeldungen	Dynamische Vergabe von Einlagerzielen	E-Kanban	Erstellung von Transportaufträgen	Erzeugung von Bereitstellungs-/ Kommissionieraufträgen	graphische Darstellung des Materialflusslayouts	Koordination von Schnittstellen unterschiedlicher Transportsysteme	Transportmittelverwaltung	Verwaltung von Transportaufträgen	Verwaltung von Staurecken-zählern	Zerlegung in Teilstrecken
<b>AIS Automation Dresden GmbH</b> FabEagle MES, FabEagle LC	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		
<b>ams.Solution AG</b> ams.erp 8.0												
<b>Böhme &amp; Weihs Systemtechnik GmbH &amp; Co. KG</b> WEB.MES												
<b>COSMO CONSULT</b> cc industry solutions	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓		
<b>Critical Manufacturing Deutschland GmbH</b> Critical Manufacturing V5.1												
<b>CSB-System AG</b> CSB-System Version 5.2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>customX GmbH</b> customX, Version 5.4												
<b>customX GmbH</b> Klio Enterprise												
<b>DELTA BARTH Systemhaus GmbH</b> DELECO												
<b>digital ZEIT GmbH</b> AVERO 2018												
<b>Dontenwill AG</b> business express 6.5												
<b>EAS Engineering Automation Systems GmbH</b> LEEGOO BUILDER												
<b>FAUSER AG</b> JOBDISPO		✓		✓	✓	✓				✓		
<b>gbo datacomp GmbH</b> bisoft MES												
<b>GEOVISION GmbH &amp; Co. KG</b> BIOS V12												
<b>GEWATEC GmbH &amp; Co KG</b> GEWATEC Gesamtlösung												
<b>GUARDUS Solutions AG</b> GUARDUS MES												
<b>ib seteq gmbh</b> QSys - Modulare CAQ-Software												
<b>IdentPro GmbH</b> identplus 3D Staplerleitsystem		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		

Komponenten der Produktionsplanung und -steuerung											Komponenten des Supply Chain Managements				
Auftragsfreigabe	Auftragsfortschrittskontrolle	Bestellwesen	Durchlaufterminierung	Feinterminierung / Ablaufplanung	Grunddatenverwaltung	Kapazitätsplanung	Lagerbestandsführung	Primärbedarfsplanung	Sekundärbedarfsplanung	Verfügbarkeitsprüfung	Supply Chain Collaboration	Supply Chain Event Management	Supply Chain Execution	Supply Chain Monitoring	Supply Chain Planning
✓	✓						✓			✓					
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓
	✓		✓	✓		✓				✓					
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
	✓		✓	✓	✓	✓									
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓					
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓					
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓					

Komponenten der Materialflusssteuerung												
	Auswahl von Transportwegen	Bearbeitung von Transportaufträgen und -rückmeldungen	Dynamische Vergabe von Einlagerzielen	E-Kanban	Erstellung von Transportaufträgen	Erzeugung von Bereitstellungs-/Kommissionierungsaufträgen	graphische Darstellung des Materialflusslayouts	Koordination von Schnittstellen unterschiedlicher Transportsysteme	Transportmittelverwaltung	Verwaltung von Transportaufträgen	Verwaltung von Stau Streckenzählern	Zerlegung in Teilstrecken
<b>IFS Deutschland GmbH &amp; Co. KG</b> IFS Applications™ 9		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		
<b>Industrie Informatik GmbH</b> cronetwork Release 19		✓			✓	✓		✓	✓	✓		
<b>InQu Informatics GmbH</b> InQu.MES												
<b>ISTEC Industrielle Software-Technik GmbH</b> ISTEC-PLS	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		
<b>Jungheinrich AG</b> Jungheinrich WMS 5.7d	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>MPDV Mikrolab GmbH</b> MES HYDRA		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
<b>N+P Informationssysteme GmbH</b> NuPMES												
<b>ORBIS AG</b> ORBIS MES	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
<b>ORSOFT GmbH</b> ORSOFT Manufacturing Workbench	✓				✓	✓	✓					
<b>Pickert &amp; Partner GmbH</b> RQM (Real-time, Quality, Manufacturing.)												
<b>PSI Automotive &amp; Industry GmbH</b> PSIenta 9.1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Q-DAS GmbH</b> eMMA Version 3												
<b>SALT Solutions AG</b> SAP ERP Add-on Lean Production V17.1												
<b>SCT GmbH</b> Supply Chain TechnologiesDISCOVER SCO												
<b>software4production GmbH</b> software4production Suite		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
<b>TaylorCom Softwareentwicklung Limited</b> LAGER 3000	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓
<b>TimeLine Business Solutions Group</b> TimeLine 13		✓	✓	✓	✓	✓						
<b>tisoware Gesellschaft für Zeitwirtschaft mbH</b> tisoware Version 10.8a												
<b>Trebing + Himstedt</b> SAP Leonardo (MES / IoT)												
<b>Unidienst GmbH</b> UniPRO/CRM+ERP		✓			✓	✓				✓		
<b>w3logistics AG</b> w3/max	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Komponenten der Produktionsplanung und -steuerung											Komponenten des Supply Chain Managements				
Auftragsfreigabe	Auftragsfortschrittskontrolle	Bestellwesen	Durchlaufterminierung	Feinterminierung/ Ablaufplanung	Grunddatenverwaltung	Kapazitätsplanung	Lagerbestandsführung	Primärbedarfsplanung	Sekundärbedarfsplanung	Verfügbarkeitsprüfung	Supply Chain Collaboration	Supply Chain Event Management	Supply Chain Execution	Supply Chain Monitoring	Supply Chain Planning
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓

Fabriksoftware

Anbieter



**COSMO CONSULT**  
cc|industry solutions  
Michael Wilp  
Schöneberger Straße 15, 10963 Berlin  
info@cosmoconsult.com  
+49 30 343815-0  
www.cosmoconsult.com

**EAS Engineering Automation Systems GmbH**  
LEEGOO BUILDER  
Dr.-Ing. Diethard Struck  
Zum Rüsperwald 40, 57399 Kirchhundem  
info@eas-solutions.de  
+49 2723 717893  
www.eas-solutions.de

**Critical Manufacturing Deutschland GmbH**  
Critical Manufacturing V5.1  
Anja Jonscher  
Maria-Reiche-Str. 1, 01109 Dresden  
kontakt@criticalmanufacturing.de  
+49 351 4188 0639  
www.criticalmanufacturing.com

**FAUSER AG**  
JOBDISPO  
Michael Schlenker  
Talhofstr. 30, 82205 Gilching  
anfrage@fauser.ag  
+49 8105 7798-0  
www.fauser.ag



**CSB-System AG**  
CSB-System Version 5.2  
Dr. Peter Schimitzek  
An Fürthenrode 9-15, 52511 Geilenkirchen  
info@csb.com  
+49 2451 6250  
www.csb.com

**gbo datacomp GmbH**  
bisoft MES  
Dietmar Raab  
Schertlinstraße 12A, 86159 Augsburg  
info@gbo-datacomp.de  
+49 821 597010  
www.gbo-datacomp.de



**customX GmbH**  
customX, Version 5.4  
Dieter Kachler  
In den Fritzenstücker 5, 65549 Limburg  
+49 64 31 49 86 0  
vertrieb@customx.de  
www.customx.de

**GEOVISION GmbH & Co. KG**  
BIOS V12  
Roland Pitzl  
Umbacher Straße 1, 85235 Wagenhofen  
info@geovision.de  
+49 8134 932710  
www.geovision.de

**AIS Automation Dresden GmbH**  
FabEagle MES, FabEagle LC  
Linda Mann  
Otto-Mohr-Straße 6, 01237 Dresden  
+49 3512 1661945  
linda.mann@ais-automation.com  
www.ais-automation.com

**DELTA BARTH Systemhaus GmbH**  
DELECO  
Marlen Burkhardt  
Ludwig-Richter-Straße 3, 09212 Limbach-Oberfrohna  
info@delta-barth.de  
+49 3722 71700  
www.delta-barth.de



**GEWATEC GmbH & Co KG**  
GEWATEC Gesamtlösung  
Peter Bauer  
Groz-Beckert-Str. 4, 78564 Wehingen  
vertrieb@gewatec.com  
+49 7426 5290-0  
www.GEWATEC.com



**ams.Solution AG**  
ams.erp 8.0  
Cathrin Deues-Fehlau Rathausstraße 1, 41564 Kaarst  
+49 2131 40669-0  
info@ams-erp.com  
www.ams-erp.com


**digital ZEIT GmbH**  
AVERO 2018  
Wolfgang Volz  
Max-Eyth-Str. 40/1, 89231 Neu-Ulm  
info@digital-zeit.de  
+49 731 2055570  
www.digital-zeit.de/



**GUARDUS Solutions AG**  
GUARDUS MES  
Ulrich Poblitzki  
Postgasse 1, 89073 Ulm  
upoblitzki@guardus.de  
+49 731 880177-41  
www.guardus.de

**Böhme & Weihs Systemtechnik GmbH & Co. KG**  
WEB.MES  
Alexander Harder  
Linderhauser Straße 153, 42279 Wuppertal  
harder@boehme-weihs.de  
+49 202 38434-0  
www.boehme-weihs.com/

**Dontenwilli AG**  
business express 6.5  
Martin Steffel  
Elsenheimerstr. 47, 80687 München  
kontakt@dontenwilli.de  
+49 89 231148-35  
www.dontenwilli.de



**ib seteq gmbh**  
QSys - Modulare CAQ-Software  
Herr Franke  
Richard-Breslau-Straße 5, 99094 Erfurt  
qsys@ibseteq.de  
+49 361 6019690  
www.ibseteq.com



**IdentPro GmbH**  
 identplus 3D  
 Staplerleitsystem  
 Paul Drolshagen  
 Camp-Spich-Str. 4, 53842 Troisdorf  
 info@identpro.de  
 +49 2241 866 392-0  
 www.identpro.de



**N+P Informationssysteme GmbH**  
 NuPMES  
 Gunter Berthold  
 An der Hohen Straße, 08393 Meerane  
 berthold@nupis.de  
 +49 3764 4000-0  
 www.nupis.de



**software4production GmbH**  
 software4production Suite  
 Prof. Dr.-Ing. Joachim Berlak  
 Anton-Böck-Str. 34, 81249 München  
 info@software4production.de  
 +49 89 4161406-0  
 www.software4production.de



**IFS Deutschland GmbH & Co. KG**  
 IFS Applications™ 9  
 Annett Obermeyer  
 Am Weichselgarten 16, 91058 Erlangen  
 a.obermeyer@ifsworld.com  
 +49 9131 77 34-0  
 IFSworld.com/de



**ORBIS AG**  
 ORBIS MES  
 Andrea Häfele  
 Nell-Breuning-Allee 3-5, 66115 Saarbrücken  
 andrea.haefele@orbis.de  
 +49 681 99 24-683  
 www.orbis.de

**TaylorCom Softwareentwicklung Limited**  
 LAGER 3000  
 Mike Taylor  
 Hummelweg 6, 32549 Bad Oeynhausen  
 taylor@winlager.de  
 +49 5731 9815480  
 www.winlager.de

**Industrie Informatik GmbH**  
 cronetwork Release 19  
 Peter Obermair  
 Wankmüllerhofstraße 58, 4020 Linz, Österreich  
 markus.maier@industrieminformatik.com  
 +43 732 6978-0  
 www.industrieminformatik.com

**ORSOFT GmbH**  
 ORSOFT Manufacturing Workbench  
 Dirk Schmalzried  
 M.-Luther-Ring 13, 04109 Leipzig  
 marketing@orsoft.de  
 +49 341 2308900  
 www.orsoft.net



**TimeLine Business Solutions Group**  
 TimeLine 13  
 Christian Salihin  
 Obere Dammstr 8-10, 42653 Solingen  
 csalihin@timeline.de  
 +49 212 230 35-0  
 www.timeline.de



**InQu Informatics GmbH**  
 InQu.MES  
 Peter Pauls  
 Sudhausweg 3, 01099 Dresden  
 office@inqu.de  
 +49 351 2131400  
 www.inqu.de



**Pickert & Partner GmbH**  
 RQM (Real-time. Quality. Manufacturing.)  
 Händelstrasse 10, 76327 Pfinztal  
 info@pickert.de  
 +49 721 6652-0  
 www.pickert.de



**tisoware Gesellschaft für Zeitwirtschaft mbH**  
 tisoware Version 10.8a  
 Rainer K. Füess  
 Ludwig-Erhard-Str. 52, 72760 Reutlingen  
 info@tisoware.com  
 +49 7121 9665-0  
 www.tisoware.com

**ISTEC Industrielle Software-Technik GmbH**  
 ISTEC-PLS  
 Reiner Arend  
 Nobelstraße 12, 76275 Ettlingen  
 prodlog@istec.de  
 +49 7243 7005-126  
 www.istec.de



**Q-DAS GmbH**  
 eMMA Version 3  
 Silke Baumgärtel  
 Max-Planck-Str. 5, 76829 Landau  
 S.Baumgaertel@kronion.de  
 +49 6341 9689907  
 www.q-das.de

**Trebing + Himstedt**  
 SAP Leonardo (MES / IoT)  
 Katrin Kanter  
 Wilhelm-Hennemann-Str. 13, 19061 Schwerin  
 sales-sap@t-h.de  
 +49 385 39572-0  
 www.t-h.de

**Jungheinrich AG**  
 Jungheinrich WMS 5.7d  
 Dr. Alexander Ulbrich  
 Friedrich-Ebert-Damm 129, 22047 Hamburg  
 alexander.ulbrich@jungheinrich.de  
 +49 8761 80 819  
 www.jungheinrich.de/logistik-software/

**SALT Solutions AG**  
 SAP ERP Add-on Lean Production V17.1  
 Wolfgang Rüth  
 Schürerstraße 5a, 97080 Würzburg  
 wolfgang.rueth@salt-solutions.de  
 +49 931 46086 2400  
 www.salt-solutions.de



**Unidienst GmbH**  
 UniPRO/CRM+ERP  
 Sandra Sommerauer  
 Gewerbegasse 6a, 83395 Freilassing  
 office@unidienst.de  
 +49 8654 4608-0  
 www.unidienst.de

**MPDV Mikrolab GmbH**  
 MES HYDRA  
 Rainer Deisenroth  
 Römerring 1, 74821 Mosbach  
 info@mpdv.com  
 +49 6261 9209-0  
 www.mpdv.com

**SCT GmbH**  
 Supply Chain Technologies  
 DISCOVER SCO  
 Michele Schönen  
 Kaiserstraße 100, 52134 Herzogenrath  
 info@diskover.de  
 +49 2407 956570  
 www.diskover.de



**w3logistics AG**  
 w3/max  
 Mario Zurkowski  
 Otto Hahn Straße 18, 44227 Dortmund  
 info@w3logistics.de  
 +49 231 2227-100  
 www.w3logistics.com

# Organisation 4.0

## Verbindung technik- und sozialwissenschaftlicher Organisationsgestaltungsansätze

Hartmut F. Binner

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ warum Changemanagementkonzepte scheitern,
- ✓ welche Unterschiede zwischen sozial- und technikwissenschaftlichen Organisationsgestaltungsansätzen bestehen und
- ✓ wie ein prozessorientierter Vermittlungsansatz funktioniert.

**Aufgrund der seit 200 Jahren praktizierten funktionsorientierten hierarchischen Organisationsstrukturen ist es bisher kaum gelungen, auf der Managementführungsebene eine sozialwissenschaftliche Sicht mit einer partizipativen Führung umzusetzen. Immer noch dominiert beim Umgang mit den Mitarbeitern mehr die Sachebene, d. h. die Hardfacts nach den Vorgaben der wissenschaftlichen Betriebsführung. Die Beziehungsebene mit den notwendigen Softfacts wird aus sozialwissenschaftlicher Sicht dabei nur ungenügend abgedeckt.**

Viele Manager beschäftigen sich mit dem Thema „Zukünftige Organisationsentwicklung“ und sind dabei auf der Suche nach neuen aktuellen Führungsinstrumenten, die sie bei ihrer Aufgabe „Mitarbeiter erfolgreich zu führen“ unterstützen. Seit vielen Jahren steht dabei auch im Rahmen des Changemanagements die Ablösung von funktionsorientierten, d. h. arbeitsteiligen und hierarchischen Organisationsstrukturen zur Diskussion, ohne dass es dabei einen wesentlichen Fortschritt gegeben hat. Die Gesellschaft für Organisation (gfo) beteiligt sich schon seit vielen Jahren an dieser Diskussion und hat auch bereits eine Studie mit Kooperationspartnern über den Stand der Umsetzung der Prozessorientierung in Deutschland erstellt. Die wesentlichen Gründe für die fehlende Umsetzung der Prozessorganisation sind:

1. Manager delegieren Prozessorientierung an die Mitarbeiter und denken und handeln weiter in funktionsorientierten Strukturen.
2. Hochschulen und Universitäten lehren klassische Organisationslehre mit Aufgabenanalyse, Aufgabensynthese und Stellenbildung.
3. Manager haben deshalb die Umsetzung des Prozessmanagements nicht gelernt.
4. Sozialwissenschaftliche Thesen stellen vorgegebene Ordnungsstrukturen in Frage.

Vergleich der Organisationsgestaltungsansätze

Ein bisher vernachlässigter Aspekt bei der Organisationsentwicklung ist die zuletzt in Punkt 4 genannte Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Ansätzen der sozialwissen-

schaftlichen und technikwissenschaftlichen Thesen in Bezug auf die Organisationsentwicklung. Nachfolgend sind einige sozialwissenschaftliche Thesen und Schlussfolgerungen genannt, die aus mitarbeiterbezogener Sicht den Anspruch auf Selbstbestimmung und Eigenverantwortlichkeit betonen.

Thesen z. B.:

- Fokussierung auf technische Abläufe und Normen führt zum Überdruß
- Formalisierung und Bürokratisierung verhindern die Kreativität und Innovation
- Standardisierung führt zur Entfremdung
- Routinen zum Verlust von Nähe und Identifikation

Schlussfolgerungen z. B.:

- Organisationsentwicklung ohne Verfahrenformalisierung und bürokratischem Korsett
- Organisationsentwicklung kann weder sinnvoll verordnet noch auf Maßnahmenebene vorgeschrieben werden
- Organisationsentwicklung nicht als verordnete Mühsal erleben, sondern als angstfreien Raum mit vertrauensvoller Kommunikation

Ergänzt werden die Aussagen über die sozial- und technikwissenschaftliche Interpretation eines positiven d. h. selbstbestimmten und eines negativen d. h. fremdbestimmten Disziplinbegriffes [1].

Positive Disziplindeutung (technische Sicht) z. B.:

Das disziplinierte Einhalten von Regeln, Verabredungen, Ein- und Unterordnungen



Prof. Dr.-Ing. Hartmut F. Binner war von 2007 bis 2017 geschäftsführender Vorstandsvorsitzende der gfo und Vice Chairmann der iTA (TA Automotive Service Association e.V.).

[www.pbaka.de](http://www.pbaka.de)

durch die Prozessbeteiligten schafft Entlastung, Entspannung und Sicherheit über definierte Handlungsspielräume (Selbstbestimmung).

Negative Disziplin (sozialwissenschaftliche Sicht) z. B.:

Disziplin dient der Herstellung von Zucht und Ordnung, d. h. Machtausübung auf der Grundlage von Befehl und Gehorsam mit rigider Unterordnung der Betroffenen (Fremdbestimmung).

Die Sozialwissenschaft geht von einem sehr positiven Menschenbild mit leistungsbereiten Mitarbeitern aus, die selbstbestimmt und eigenverantwortlich am besten ihre Fähigkeiten aktivieren können. Ordnungsstrukturen, Regeln und Vorgaben sind ein Greuel, die für eine Entfremdung sorgen. Die geforderte Disziplin fördert dabei die Fremdbestimmung und erhält damit eine negative Bewertung [2].

Aus technikkundenswissenschaftlicher Sicht sind die Normen und Regeln aber notwendig, um eine Orientierungslosigkeit zu verhindern, die für Störungen und Chaos in den Abläufen sorgt. Die einzuhaltende Disziplin ermöglicht erst die Selbstbestimmung und besitzt dadurch einen positiven Aspekt.

Prozessorientierter Vermittlungsansatz

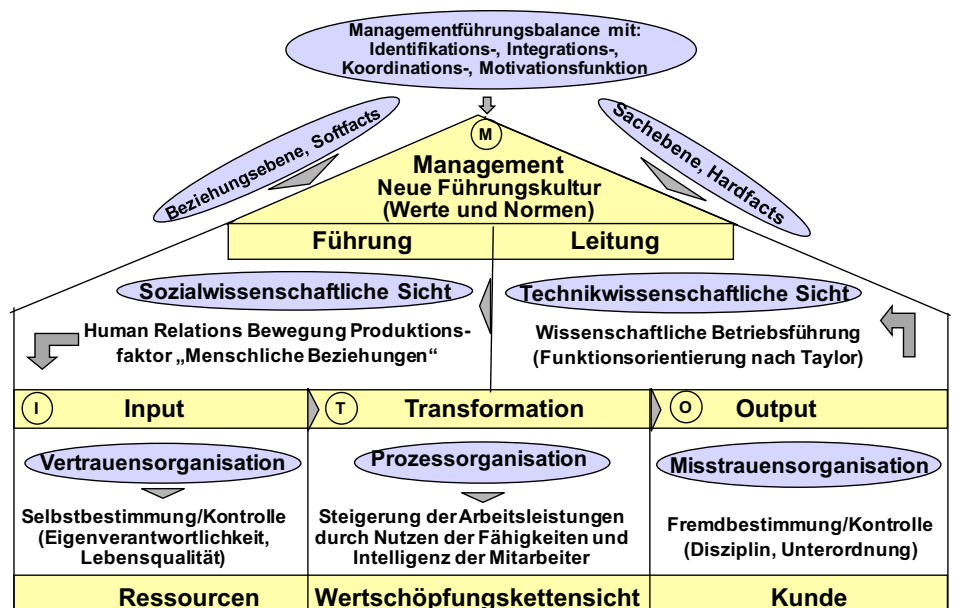
Sehr sinnvoll ist, die beiden unterschiedlichen Organisationsgestaltungsansätze miteinander zu verknüpfen. Der neu entwickelte organisationsbezogene Vermittlungsansatz unter Bezeichnung „Organisation 4.0“ verbindet über die in Bild 1 gezeigte MITO-Modellbeschreibung mit der Trennung zwischen Beziehungsebene (Führung) und Sachebene (Leitung) im MITO-Managementsegment die beiden Sichten durch die Vorgabe einer prozessorientierten Organisationsstruktur in Verbindung mit einer partizipativen Führungskultur. Das Management ist dann in der Lage, diese Balance zwischen Selbstbestimmung und Fremdbestimmung für ihre Mitarbeiter optimal herzustellen. Zu viel Fremdbestimmung heißt dabei, zu viel Einengung durch Überregulierung, zu viel Selbstbestimmung heißt dabei, zu viel Handlungsspielräume innerhalb einer Vertrauensorganisation, eventuell bis zur Orientierungslosigkeit. In funktionsorientierten, d. h. vertikalen und arbeitsteiligen Or-

ganisationsstrukturen ist eine solche Balancefindung nicht möglich, weil die hierarchischen Strukturen zu stark auf persönliche Machtausübung ausgerichtet sind. Die Abteilungsschnittstellen und -egoismen verhindern eine durchgängige Optimierung der horizontalen Wertschöpfungskette und unterstützen die Fremdbestimmung und damit auch die Misstrauensorganisation.

Die Ablösung der funktionsorientierten Ordnungsstruktur mit dem Organigramm als grafische Darstellung erfolgt über eine rollenbasierte Prozessstrukturvorgabe und -modellierung in der Swimlane-Darstellung nach dem weltweit gültigen BPMN 2.0-Prozessvisualisierungsstandard [3]. Das Ziel dieser Prozessmodellierung ist das Herausarbeiten der typischen Prozessmerkmale mit den Prozesszielen, Prozessownern, Rollen, Regeln, In- und Outputs als Grundlage der anschließenden Schwachstellenanalyse, Maßnahmenableitung und Soll-Konzeptentwicklung. Diese Prozessmerkmale sind in den Prozessbeschreibungen enthalten und in einer Prozesslandkarte strukturiert dokumentiert. Die störungsfreie Wechselwirkung der dokumentierten Prozesse führt zum Gesamtoptimum des Unternehmens.

Diese prozessorientierte Organisation ist auch für die Digitalisierung der horizontalen Wertschöpfungskette eine wichtige Grundlage. Hierunter wird die informationstechnische Vernetzung der Geschäftsprozesse im Unternehmen über die neuen internetbasierten Informationstechnologien wie Cloud Computing, Big Data, Enterprise-Mobility und Social

Bild 1: Ziel der MITO- Prozessorganisation ist die optimale Mischung von Leistungsprinzip und Eigenverantwortlichkeit.



Changemanagementerfolg nur über Organisationsstrukturveränderungen, erst sie ermöglichen Verhaltensveränderungen in Organisationen.

## Literatur

- [1] Hüther, G.: Was wir sind und was wird sein könnten. Ein neurobiologischer Mutmacher, Frankfurt a.M. 2011
- [2] Wunderer, R.: Führung und Zusammenarbeit, Köln 2009, S. 254
- [3] Freund J, Rücker B.: Praxishandbuch BPMN 2.0, Hanser Verlag, 3 Auflage
- [4] Weibler, J.: Transformationale Führung, change ment, 07 September/Okttober 2017, S. 16-17
- [5] Burns, J.: Transforming Leadership: A New Pursuit of Happiness, Atlantic Books Verlag (1741), ASIN: B01N9MWROT, (2003)
- [6] Arnold, H.: Wir sind Chef. Wie eine unsichtbare Revolution Unternehmen verändert, Freiburg, S. 13ff
- [7] Robert J. Zaugg, Bottom-up-Führung, zfo, 04/2017, S. 208-213
- [8] Robertson, B. J.: Holocracy. Ein revolutionäres Management-System für eine volatile Welt, München 2015, S. 41ff.
- [9] Gerstbach, I.: Design Thinking im Unternehmen: Ein Workbook für die Einführung von Design Thinking (Dein Business), GABAL Verlag, ISBN-10: 3869367261, 320 Seiten, (2016)
- [10] Agile Coach: [www.scrum-glossar.de](http://www.scrum-glossar.de)

Business mit dem Ziel der Selbststeuerung und Selbstoptimierung verstanden. Intelligent vernetzt, werden dabei in Echtzeit die in den Wertschöpfungsnetzwerken vertretenen Menschen, Systeme, Maschinen, Materialien, Werkzeuge, Transport- und Lagereinheiten innerhalb und auch außerhalb des Unternehmens. Durch den Einsatz von Big Data, d. h. der sofortigen Auswertung der kommunizierten Daten aus allen Digitalisierungsbereichen wie Industrie 4.0, eCommerce, eprocurement entstehen neue Geschäftsmodelle.

Auch die Frage nach der Arbeitszeitsouveränität von Beschäftigten lässt sich über den prozessorientierten Ansatz sehr strukturiert beantworten. Bezugspunkt dabei ist die durch die prozessorientierte Organisationsstruktur geschaffene Ordnung mit der Einhaltung vorgegebener Leistungsprinzipien. Sie engen in der Regel zwar den selbstbestimmten Handlungsspielraum der Mitarbeiter ein. Dieser Organisationsordnungsrahmen soll aber Vertrauen, Sicherheit und Orientierung vermitteln, ohne die Arbeitsfreude einzuschränken. Hierbei muss durch das Management das Optimum von Fremd- und Selbstbestimmung bei der Produkt- und Dienstleistungserstellung gefunden werden. Damit wird auch die Arbeitszeitsouveränität der Mitarbeiter festgelegt. Die Arbeitszeitsouveränität ergibt sich dabei aus dem Spannungsfeld zwischen selbstbestimmten, klar definierten Handlungs- und Verantwortungsräumen und der Einhaltung von fremdbestimmt vorgegebenen Regeln und Anweisungen.

## Ausblick

Der beschriebene prozessorientierte Lösungsansatz ermöglicht eine Verbindung zwischen sozialwissenschaftlichen und technikwissenschaftlichen Organisationsgestaltungsrichtungen, d. h. der hardfactsbezogenen, wissenschaftlichen Betriebsführung und der softfactsbezogenen Human Relations-Bewegung mit den menschlichen Beziehungen als Produktionsfaktor. Bei den Organisationspsychologen wird das Verhalten der Mitarbeiter wissenschaftlich analysiert, dabei die vorhandenen Organisationsstrukturen in der Regel aber nicht betrachtet. Hier existiert aber eine enge Wechselbeziehung, die das Verhalten zwischen Management und Mitarbeitern in Abhängigkeit der vorhandenen Ordnungsstrukturen wesentlich beeinflusst.

Das Organisation 4.0-Konzept sieht die Einführung einer prozessorientierten Organisationsstruktur unter dem Motto „Maximale Freiheit in optimaler Sicherheit“ vor, die das Kästchendenken ablöst und den Blick auf die Optimierung der horizontalen Wertschöpfungskette lenkt. Dies geschieht mit einer optimalen Mischung von Leistungsprinzipien und Eigenverantwortlichkeit im Rahmen einer partizipativen Führungskultur. Damit ist auch die Grundlage für einen transformationalen Führungsstil geschaffen [4, 5]. Hierunter wird die Fähigkeit von Führungskräften verstanden, ihre Vorbildfunktion auf Augenhöhe mit den Mitarbeitern überzeugend wahrzunehmen und dadurch Vertrauen, Respekt, Wertschätzung und Loyalität zu erwerben. Durch diese Vorbildfunktion werden die Mitarbeiter intrinsisch motiviert und zur Veränderung (Transformation) ihres Verhaltens und ihrer Lern- und Leistungsbereitschaft angeregt [6].

Dies gilt in gleicher Weise für den Bottom-up-Führungsansatz. Hier können durch die prozessorientierte Ordnungsstruktur die Vorgesetzten so führen, dass die Mitarbeiter auf allen Ebenen in den Entscheidungsfindungs- und Problemlösungsprozess eingebunden werden [7]. Auch die von Brian Robertson aus Philadelphia, USA, entwickelte Systematik zur Entscheidungsfindung unter der Bezeichnung „Holakratie“ mit der durch alle Ebenen hindurch gewünschten Transparenz und partizipativen Beteiligungsmöglichkeiten in großen Netzwerken und vielschichtigen Unternehmen kann aufgrund der vorhandenen Machtstruktur und Privilegien kaum in funktionsorientierten Strukturen zum Erfolg führen [8].

Aber auch methodische Ansätze wie Design Thinking [9] oder Agiler Methodeneinsatz [10] sind in funktionsorientierten Strukturen nicht anwendbar, weil hier interdisziplinäre Teams ohne hierarchische Barrieren prozessorientiert zusammenarbeiten sollen. Die dafür notwendige Arbeitsatmosphäre ist nicht zu ermöglichen. Organisation 4.0 ist durch die vorgegebene neue Ordnungsstruktur das übergeordnete Konzept der Zukunft, das alle aktuellen Führungsinitiativen einbinden kann.

## Schlüsselwörter:

Veränderungsmanagement, menschliche Beziehungen, Wissenschaftsmanagement, Prozessorganisation

## Linking Technical as well as Sociological Organisational Approaches

Due to the function-oriented hierarchical organizational structure practiced for 200 years, it has hardly been possible at the management level to implement a socio-scientific perspective with participatory leadership. In fact the factual level still dominates the contact with the employees, i. e. the hard facts of the scientific management. The relationship level to the necessary soft facts is not adequately covered from a socio-scientific point of view

## Keywords:

Changemanagement, Human Relationship, Scientific Management, Prozessorganisation

# Rüstzeiten als Schlüssel zur Wettbewerbsfähigkeit

Thomas Münster, Dietrich Kriworotow und Ömer Kuvvet

Durch den Wandel vom Käufer- zum Verkäufermarkt steigt die Anzahl der Mitbewerber, welche gegenseitig um die Gunst des Kunden ringen [1]. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen die Unternehmen auf die zahlreichen kundenindividuellen Produktwünsche eingehen. Gleichzeitig setzen Kunden kostengünstige Preise und kürzeste Lieferzeiten voraus. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, greifen viele Unternehmen auf eine Methodik aus dem Lean Management zurück, welche im letzten Jahrzehnt in den Fokus der Unternehmen gerückt ist: die SMED-Methodik [2]. SMED steht für Single Minute Exchange of Die bzw. Werkzeugwechsel im einstelligen Minutenbereich. Entwickelt wurde die SMED-Methodik in den 60er Jahren von dem Japaner Shigeo Shingo, der als einer der Mitbegründer des Toyota-Produktionssystems gilt und als Unternehmensberater für Unternehmen wie z. B. Matsushita, Bridgestone oder auch Toyota selbst tätig war [3].

## Ziele und Nutzen der SMED-Methodik

Zielsetzung der SMED-Methodik ist es, durch die Reduzierung der Rüstzeiten eine wirtschaftliche Verkleinerung von Losgrößen zu ermöglichen, um den erwähnten Anforderungen gerecht zu werden. Oftmals wird jedoch die durch Rüstzeitreduzierung gewonnene Zeit dazu genutzt, die Losgrößen weiter zu vergrößern und so die Ausbringungsmenge zu erhöhen. Diese Vorgehensweise widerspricht jedoch einer wertstromorientierten Optimierung, da, unter anderem, die Frage nach der Überproduktion völlig außer Acht gelassen wird. Die Überproduktion, welche im Rahmen von schlanken Produktionssystemen als die schlimmste Art der Verschwendung gilt [4], führt zu einer Kettenreaktion, die sich in vermehrter Verschwendung durch erhöhte Bestände und somit einer Verlängerung der Durchlaufzeiten zeigt. Ferner führt die Vergrößerung der Losgrößen dazu, dass Nachfrageschwankungen seitens der Kunden schlechter aufgefangen werden können, da die großen Lose die Flexibilität der Produktion beeinträchtigen und somit die Entstehung von Überproduktion begünstigen [5]. Die durch die Rüstzeitreduzierung gewonnene Zeit sollte daher, im Sinne einer schlanken Produktion, dazu genutzt werden, um öfter umzurüsten und die Rüstwechsel gezielt als Segmentierung der Losgrößen einzusetzen [5]. Dies würde dazu führen, dass die Durch-

laufzeit der Produkte immens reduziert wird, was eine kurze Lieferzeit und somit einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil darstellt [3]. Neben einer Reduzierung der Durchlauf- und Lieferzeiten lässt sich ferner eine Reduzierung der Bestände zwischen aufeinanderfolgenden Produktionsschritten verzeichnen, was ebenfalls in einer Reduzierung der Bestandskosten mündet. Außerdem steigt die Flexibilität der Produktion, wodurch Nachfrageschwankungen leichter aufgefangen werden können, was ebenfalls zu einer wirtschaftlicheren Produktion führt [5]. Ziel sollte es demnach sein, oft umzurüsten und somit möglichst kleine Lose anzustreben, um dem Ideal des One-Piece-Flows näher zu kommen und somit in einer maximal möglichen Effizienz zu fertigen [6]. Eine gute Möglichkeit, die Flexibilität und somit auch die Effizienz von Produktionsprozessen zu bewerten, stellt die Berechnung des sogenannten EPEI-Wertes dar [7].

## Die SMED-Methodik

Nach Shingo besteht jeder Rüstprozess aus internen und externen Rüstvorgängen. Definiert werden interne Rüstvorgänge als Tätigkeiten, die nur während des Maschinenstillstands durchgeführt werden können, während die Durchführung von externen Rüstvorgängen auch während des Produktionsbetriebes möglich ist. Zur systematischen Rüstzeitreduzie-

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ wie Sie mithilfe der SMED-Methodik die stetig ansteigende Variantenvielfalt- und Komplexität besser managen können,
- ✓ wie Sie mithilfe von SMED die Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Produktion erhöhen, und
- ✓ wie man die SMED-Methodik effektiv anwenden kann.



**Prof. Dr. Thomas Münster** ist Studiengangsleiter und Prüfungsausschussvorsitzender des Masters „Produktdesign und Prozessentwicklung“ an der TH Köln.

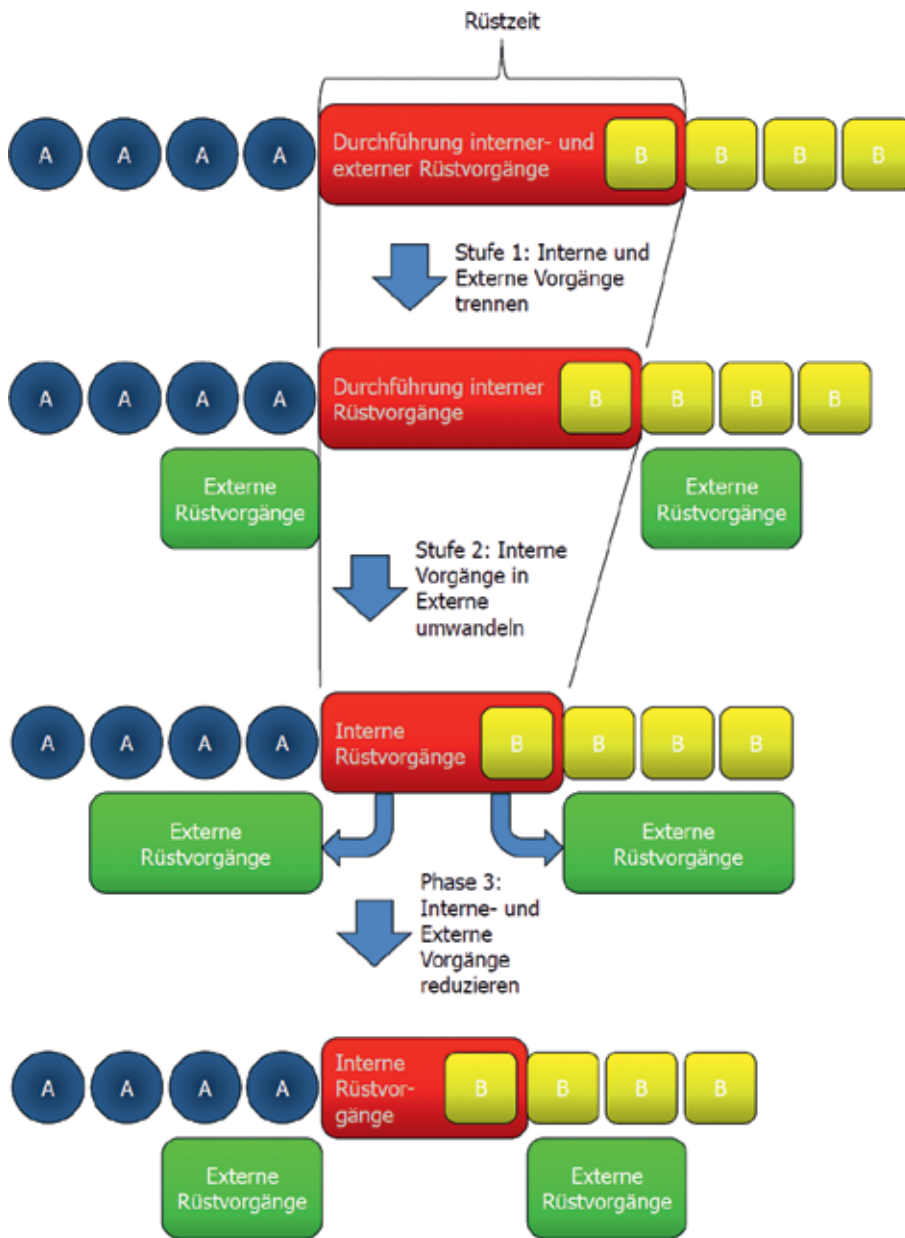


**Dietrich Kriworotow** ist Global Lean & Operations Expert bei der Carcoustics Shared Services GmbH und leitet dort Optimierungs- und Organisationsprojekte sowie Kaizen Workshops. Sein Spezialgebiet ist die Optimierung von manuellen Produktionsprozessen.



**Ömer Kuvvet** war technischer Mitarbeiter bei der Carcoustics Shared Services GmbH. Sein Spezialgebiet ist der Bereich Lean Production.

[www.th-koeln.de](http://www.th-koeln.de)



**Bild 1: Das 3-Stufenmodell des SMED in Anlehnung an Teeuwen/Grombach**

Die Reduzierung der Rüstzeit erfolgt durch die Umwandlung von internen in externe Vorgänge. Hierbei kommt das Drei-Stufenmodell der SMED-Methodik zum Einsatz [8].

### Rüstzeitaufnahme Status Quo

Zunächst gilt es den bisherigen Rüstprozess detailliert aufzunehmen. Um keine verfälschten Daten zu erheben, sollte der aufgenommene Rüstwechsel unter normalen Bedingungen durchgeführt werden. Sprich, es sollte dasselbe Rüstpersonal eingesetzt werden, wie sonst auch. Dabei sollte, neben der Aufnahme der einzelnen Rüstvorgänge mit ihrer jeweiligen Zeitdauer, auch die zurückgelegten Laufwege des Rüstpersonals festgehalten werden. In der Praxis erfolgt dies häufig mithilfe von Spaghetti-Diagrammen. Ebenfalls ist es hilfreich den Rüstprozess mittels Videokamera festzuhalten, wobei nicht der Rüstprozess im Allgemeinen, sondern jedes einzelne

Rüstpersonal aufgenommen werden sollte. Das Videomaterial erweist sich in der Regel als äußerst hilfreich bei der Entwicklung von Maßnahmen zur Rüstzeitreduzierung. Äußerst relevant bei der Entwicklung von Maßnahmen ist hier die Einbeziehung des Rüstpersonals, um auch eine hohe Akzeptanz und Umsetzungsbereitschaft der entwickelten Maßnahmen zu erzielen [9].

### Unterteilen der Rüstvorgänge in intern und extern

Im Rahmen der ersten Stufe der SMED-Methodik geht es darum, jegliche externen Rüstvorgänge in den Bereich der Maschine zu verlagern, in der die Anlage noch, oder wieder, im Produktionsbetrieb ist. Dies klingt zunächst äußerst trivial, doch in der Praxis zeigt sich häufig, dass allein dadurch eine Reduzierung der internen Rüstzeiten um 30 bis 50 Prozent keine Seltenheit darstellt [10]. Maßnahmen, die innerhalb dieser ersten Stufe der SMED-Methodik entwickelt werden, weisen meist ein sehr günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis auf, aufgrund der Tatsache, dass sie keine bzw. nur sehr geringe technische Anpassungen und somit Investitionen fordern [9]. So lassen sich bspw. jegliche Tätigkeiten, die der Vor- und Nachbereitung der Arbeitsplätze dienen, während des externen Rüstens, durch die Erstellung und Nutzung spezieller Checklisten durchführen. Oftmals sind dies Tätigkeiten wie z. B. die Bereitstellung von Werkzeugen, Produktionsmaterial sowie auch die Durchführung

von Reinigungstätigkeiten. Ebenfalls kommt die Durchführung von Funktionsprüfungen oder die Optimierung des/der Werkzeugtransportes/Materialbereitstellung zum Einsatz [3]. Nicht selten ist hier das Potenzial zur Reduzierung der internen Rüstzeit so hoch, dass sich der Einsatz vom zusätzlichen Rüstpersonal, welches als Rüstteam zur Vor- und Nachbereitung der Arbeitsplätze fungiert, auszahlt. Neben einer signifikanten Reduzierung der internen Rüstzeit lässt sich somit ebenfalls eine Reduzierung der Auslastung von teurem Fachpersonal erzielen, welches für qualifiziertere Aufgaben eingesetzt werden könnte [11].

### Umwandeln der internen in externe Rüstvorgängen

Die übrig gebliebenen internen Rüstvorgänge werden in der zweiten Stufe der SMED-Methodik

### Literatur

- [1] Klug, Florian: Logistikmanagement in der Automobilindustrie – Grundlagen der Logistik im Automobilbau, 1. Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag, 2010
- [2] Gorecki, Pawel; Pautsch, Peter: Praxisbuch Lean Management – Der Weg zur operativen Excellence, 2., überarbeitete Auflage, München: Carl Hanser Verlag, 2014

in externe Rüstvorgänge umgewandelt. Die Problematik hierbei ist, dass dies, im Vergleich zur ersten Stufe, nicht ohne technische Anpassungen an den Anlagen oder Werkzeugen, erfolgen kann und dass diese Anpassungen möglicherweise höhere Investitionen erfordern. Daher sollte in jedem Falle eine Kosten-Nutzen-Betrachtung der im Rahmen der zweiten Stufe entwickelten Maßnahmen erfolgen [12]. So werden bspw. essenzielle Funktionen der am Rüstsystem beteiligten Komponenten standardisiert um Einstellungen zu eliminieren. Zur Eliminierung von Einstellungen kommen ebenfalls Zentriervorrichtungen und Eingrifflehren zum Einsatz [8]. Ein weiteres Beispiel wäre die Eliminierung von Flurförderzeugen während des Rüstens. Flurförderzeuge sind für schnelle Rüstwechsel denkbar ungeeignet, da sie keine Feinjustierung erlauben und üblicherweise den Anlagen und Werkzeugen nicht angepasst sind. So kann es durchaus vorkommen, dass die Positionierung der Werkzeuge in den Anlagen mehrere Minuten benötigt, dass spezielle Befestigungsmittel an den Werkzeugen montiert und demontiert werden müssen, um diese Mithilfe von Flurförderzeugen transportieren zu können oder dass schlichtweg die Logistik ausgelastet ist und die zu rüstende Anlage zunächst stillstehen muss. Daher ist es unabdingbar Flurförderzeuge, zumindest während des internen Rüstens, durch spezielle den zu rüstenden Anlagen angepasste Rüstwagen zu eliminieren.

### Reduzieren der internen und externen Rüstvorgänge

Auch mithilfe der SMED-Methodik ist es nicht realisierbar alle internen Rüstvorgänge in externe umzuwandeln. Einen derartigen Rüstvorgang stellt bspw. das Spannen des Werkzeugs in der Anlage dar. Um dennoch die Zeit für das interne Rüsten weiter reduzieren zu können, werden in der Praxis bspw. Schnellspannelemente eingesetzt. Auch die Verwendung von magnetischer, hydraulischer oder auch pneumatischer Spanntechnik stellt eine durchaus interessante Alternative dar. Ebenfalls zum Einsatz kommt die Durchführung von Paralleloperationen, womit sich interne wie externe Rüstzeiten reduzieren lassen. So kann bspw. durch einen Werkzeugwechsel im One-Way-Prinzip mit nur einer Vorwärtsbewegung die Position der Werkzeuge in der Anlage gewechselt werden.

### Die EKUV-Analyse

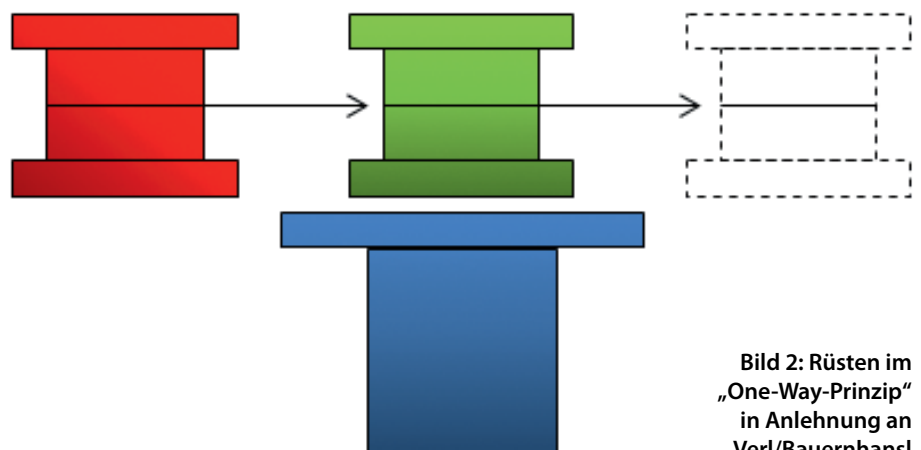
Zur Anwendung der SMED-Methodik bietet es sich an, den aufgenommenen Rüstwechsel einer EKUV-Analyse (Eliminieren,

Kombinieren, Umstellen, Vereinfachen) zu unterziehen. Im Rahmen der EKUV-Analyse werden die einzelnen Rüstvorgänge in extern und intern kategorisiert. Ferner wird ebenfalls für jeden Rüstvorgang bestimmt, ob er, gänzlich eliminiert, kombiniert, umgestellt oder vereinfacht werden kann [14]. Ebenfalls ist es, je nach Zielsetzung der Rüstzeitreduzierung, empfehlenswert die aufgenommenen Rüstvorgänge einer Pareto-Analyse zu unterziehen, um mit dem geringsten Aufwand den maximalen Nutzen erzielen zu können.

Absolute Priorität sollte immer die gänzliche Eliminierung, gefolgt von der Vereinfachung und schlussendlich der externen Durchführung von Rüstvorgängen haben [11]. Die Eliminierung von Rüstvorgängen, insbesondere was Einstellungen eingeht, lässt sich bspw. durch Schnittstellenstandardisierungen der am Rüstsystem beteiligten Komponenten erzielen. So können z.B. Höheneinstellungen, aufgrund unterschiedlicher Maschinentischhöhen, dadurch eliminiert werden, dass man einfache Grundplatten unter den Anlagen anbringt. Durch eine gezielte Überdimensionierung von Spannelementen lässt sich ebenfalls die Anzahl der sich im Einsatz befindenden Spannelemente reduzieren, wodurch ebenfalls die Komplexität der Rüstprozesse reduziert wird. Ein äußerst simpel geschaffener einheitlicher Standard reduziert bzw. eliminiert nicht nur Rüstvorgänge, sondern trägt auch dazu bei, dass höhere Investitionen bei der Umwandlung von internen zu externen Rüstvorgängen verringert werden, sodass bspw. höhenverstellbare Werkzeug-Handlings-Systeme überflüssig werden, was zur Reduzierung der Rüst- und Anschaffungskosten beiträgt.

### Praktisches Beispiel

Die geschilderte SMED-Methodik wurde im Bereich von hydraulischen Oberkolbenpressen



**Bild 2: Rüsten im „One-Way-Prinzip“ in Anlehnung an Verl/Bauernhansl**

[3] Regber, Holger; Zimmermann, Klaus: Change-Management in der Produktion - Prozesse effizient verbessern im Team, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, München: FinanzBuch Verlag, 2009

[4] T. Ohno: Das Toyota-Produktionssystem, Frankfurt/New York: Campus, 2009

[5] Klevers, Thomas: Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design: Verschwendung erkennen – Wertschöpfung steigern, 1. Auflage, München: FinanzBuch Verlag, 2009

[6] K. Liker, Jeffrey; Meier, David: Der Toyota Weg – Praxisbuch, 5., unveränderte Auflage, München: FinanzBuch Verlag, 2011

[7] Erlach, Klaus: Wertstromdesign – Der Weg zur schlanken Fabrik, 2., bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2010

[8] Shigeo, Shingo: Quick Changeover for Operators: THE SMED SYSTEM, 1. Auflage, New York: Productivity Press, 1996

[9] Teeuwen, Bert; Grombach, Alexander: SMED – Die Erfolgsmethode für schnelles Rüsten und Umstellen, 2., überarbeitete Auflage, Herrieden: CET-PM Publishing, 2015

[10] Shingo, Shigeo; P. Dillon, Andrew: A Revolution in Manufacturing: The SMED System, New York: Taylor & Francis Inc, 1985

[11] Herr, Karsten: Schnellrüstsysteme umsetzen: Rüstzeiten drastisch verkürzen, Produktionsflexibilität steigern, Operationelle Exzellenz realisieren, 1. Auflage, Nordhorn: Inmatech, 2012

**Bild 3: Ausschnitt aus einer EKUV-Analyse in Anlehnung an Dombrowski/Mielke (2015)**

Nr.	Rüstvorgang	IST-Dauer intern [Sek.]		Eliminieren	Kombinieren	Umstellen	Vereinfachen	SOLL-Dauer intern [Sek.]		Bemerkungen
		Intern	Extern							
1.										
2.										
3.										
4.										

der Carcoustics Gruppe angewendet, um ein Rüstkonzept zu erarbeiten und somit die Rüstzeiten zu reduzieren. Die Carcoustics Gruppe ist ein führender Zulieferer für thermisch und akustisch wirksame Bauteile für die Automobil- und Industriebranche, aus denen zahlreiche namhafte Unternehmen Kunden der Carcoustics Gruppe sind. Die erhöhten Rüstzeiten im Bereich der hydraulischen Oberkolbenpressen stellten einen Engpass im Wertstrom von Termoformprodukten dar und verhinderten somit eine sinnvolle Reduzierung der Losgrößen, um einem One-Piece-Flow näherzukommen. Der ursprüngliche Rüstprozess wurde mithilfe eines Rüstteams, welches aus vier Personen bestand, durchgeführt, wobei der Rüstprozess maßgeblich durch die beiden Produktionsmitarbeiter durchgeführt wurde. Um die Pressen zu rüsten, wurden Flurförderzeuge verwendet, wodurch die interne Rüstzeit erhöht wurde, da Befestigungsmittel an den Werkzeugen montiert und demontiert werden mussten, um diese mithilfe der Flurförderzeuge handhaben zu können. Ebenfalls war der Rüstvorgang der Werkzeugpositionierung ein Problem, sodass dieser bis zu 15 Prozent der Gesamtrüstzeit ausmachte. Neben der Problematik der Verwendung von Flurförderzeugen wurde lediglich die Temperierung der Werkzeuge extern durchgeführt. Diese Vorgehensweise führte dazu, dass jegliche externen Rüstvorgänge während des Maschinenstillstands durchgeführt wurden, was in erhöhten Rüstzeiten resultierte. Die aufgenommenen Rüstvorgänge wurden mithilfe einer EKUV-Analyse in intern und extern unterteilt, wobei ebenfalls nach Möglichkeiten gesucht wurde die einzelnen Rüstvorgänge zu eliminieren, zu kombinieren, umzustellen oder zu vereinfachen, sodass eine weitere Reduzierung der Rüstzeiten

die Folge war. Jegliche Vor- und Nachbereitungstätigkeiten wurden in den Bereich der Maschine verlegt, in der die Anlage noch, oder wieder, im Produktionsbetrieb ist. Dazu wurden um die einzelnen Anlagen herum Stellflächen definiert, welche räumlich getrennt und farblich differenziert wurden und jeweils für den aktuellen bzw. den nächsten Produktionsauftrag eingesetzt werden sollten. Ebenfalls wurde ein standardisierter Rüstablauf erstellt, der, neben den benötigten Materialien für den nächsten Produktionsauftrag, die Verantwortlichkeiten für die Durchführung der einzelnen Rüstvorgänge festlegte und somit einen prozessfähigen und stabilen Rüstwechsel gewährleisten sollte. Die Flurförderzeuge sollten durch simple sonderangefertigte Rüstwagen ersetzt werden, welche über Rollenbahnen auf der Oberfläche verfügten, die es den Produktionsmitarbeitern auch ohne einen Logistiker ermöglichen sollen, das Werkzeug in die Presse zu befördern. Durch cleveren Einsatz von Kurbeln, welche über ein Übersetzungsgetriebe die Rollenbahnen des Rüstwagens in Rotation bringen, wurde ein zusätzlicher Antrieb überflüssig, wodurch die Investitionskosten gesenkt werden konnten. Verwendung finden sollten zwei dieser sonderangefertigten Rüstwagen, um Paralleloperationen und einen Rüstwechsel im One-Way-Prinzip zu ermöglichen. Die Zentrierung dieser Rüstwagen an den Pressen sollte über an den Anlagen angebrachte einfache Zentriervorrichtungen erfolgen, womit die Problematik der Werkzeugpositionierung weitestgehend eliminiert werden könnte. Die geschätzte interne Rüstzeitreduzierung würde somit von anfänglichen 39,5 Minuten auf ca. elf Minuten reduziert werden, was eine Reduzierung der internen Rüstzeit um knapp 72 Prozent bzw. 28 Minuten darstellt.

**Schlüsselwörter:**

Lean Production, SMED, Variantenkomplexität, Losgrößenoptimierung

[12]Blom Product Development Team: Schnellrüsten: Auf dem Weg zur verlustfreien Produktion mit Single Minute Exchange of Die (SMED), Ansbach: CETPM Publishing, 2007

[13]Verl, Alexander; Bauernhansl, Thomas: Stuttgarter Produktionsakademie: Produktionsplanung und Prozessoptimierung: Gestaltung von Wertstrom, Montage, Fertigung und MES, Stuttgart: Seminar 28. Januar 2014 (Seminar SPA 047)

[14]Dombrowski, Uwe; Mielke, Tim: Ganzheitliche Produktionssysteme – Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen, 1. Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2015

**Set-Up Times as a Key to Competitiveness**

The change from buyer to seller market increases the number of competitors, which struggle for the favour of the customer. In order to remain competitive, companies must respond to numerous customer-specific product requests. At the same time, customers require competitive prices and shortest delivery times. In order to meet these requirements, many companies rely on a lean management methodology that gained more and more attention over the past decade: SMED. The acronym SMED stands for Single Minute Exchange of Die. The SMED methodology was developed in the 60s by the Japanese Shigeo Shingo. Shingo is a co-founder of the Toyota production system and worked as a management consultant for companies such as Matsushita, Bridgestone and Toyota.

**Keywords:**

Lean Production, SMED, Complexity of Variants, Batch Size Optimization





**ORSOFT GmbH**  
 Martin-Luther-Ring 13  
 04109 Leipzig  
 0341 23089-00  
[www.orsoft.net](http://www.orsoft.net)

ORSOFT entwickelt innovative APS und SCM Lösungen als Ergänzung zu SAP®ERP und SAP®S/4HANA. Lösungen von ORSOFT werden in der Produktionsplanung für Prozess- und Fertigungsindustrie, für das Supply Chain Management, die Stammdatenpflege und die Multiressourcenplanung in Krankenhäusern eingesetzt.



**PSI Automotive & Industry GmbH**  
 Dircksenstraße 42-44  
 10178 Berlin  
 030 2801-2000  
[www.psipenta.de](http://www.psipenta.de)

**ERP & MES – Software for Perfection in Production**

Die PSI Automotive & Industry GmbH bietet das komplette Softwareportfolio für die effiziente Abwicklung der Wertschöpfungsprozesse in den Bereichen Produktions- (ERP) und Feinplanung (MES) aus einer Hand. Mit der Lösung Planning, Execution and Control (PEC) werden zudem Unternehmen angesprochen, die in eine bestehende IT-Landschaft ein System für effizien-

tere Produktions- und / oder Instandhaltungsprozesse integrieren wollen. Das Unternehmen hat sich vor allem auf die Anforderungen im Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Automobil- und Luftfahrtindustrie spezialisiert. Die PSI Automotive & Industry GmbH ist 1997 als PSIPENTA als hundertprozentige Tochter aus der seit 1969 bestehenden PSI AG hervorgegangen.



**TXT e-solutions GmbH**  
 Mansfelder Str. 48  
 06108 Halle  
 0345-555840  
[www.txtgroup.com](http://www.txtgroup.com)

TXT ist internationaler Anbieter für integrierte und kollaborative Planungslösungen. TXT PERFORM, der spezialisierte Bereich der TXT e-solutions für Softwarelösungen in S&OP, PPS, MES und SCM, unterstützt Unternehmen der industriellen Fertigung und der Konsumgüterindustrie mit Lösungen in allen Prozessen von der Planung bis zur operativen Ausführung.



Prozesse verstehen. Transparenz gestalten.

**ams.group – Die Welt für Projektmanagement-ERP**

Die Beratungs- und Softwarehäuser der ams.group sind spezialisiert auf die Projektmanagement-Anforderungen von Einzel-, Auftrags- und Variantenfertigern. Seit über 25 Jahren werden auf Basis der Business-Software ams.erp schlanke und dynamische Unternehmensprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette realisiert. Die von ams unterstützten Unternehmen arbeiten rein auftragsbezogen (Build-/Make-/Engineer-to-Order). Die Gruppe verfügt europaweit über das Know-how aus mehr als 1.000 erfolgreichen ERP-

Kundenanwendungen im Maschinen-/Anlagen- und Apparatebau, Werkzeug-/Formenbau, Stahl-/Komplettbau, Schiffbau und Maritime Industrie sowie im Laden und Innenausbau, im Sonderfahrzeugbau und in der Lohnfertigung. ams erhält Bestnoten für sein Beratungsangebot: Der Unternehmensvergleich Top Consultant hat für das Jahr 2016 erneut bestätigt, dass die ams-Berater die komplexen Anforderungen ihres Zielmarktes erfüllen. 2016 erhielt ams.erp zum sechsten Mal die Auszeichnung „ERP-System des Jahres“.

**ams.Solution AG**  
 Rathausstraße 1  
 41564 Kaarst  
 02131-40669-0  
[www.ams-erp.com](http://www.ams-erp.com)



**GFOS mbH**  
 Am Lichtbogen 9  
 45141 Essen  
 0201-61300-0  
[www.gfos.com](http://www.gfos.com)

Der gezielte und bedarfsorientierte Softwareeinsatz ist der effizienteste Weg im Wettbewerb zu bestehen. Mit unserer modular aufgebauten Softwarefamilie *gfos* ermöglichen wir Ihnen, diesen Weg zu gehen. GFOS visualisiert, kontrolliert und steuert mit verschiedenen Workflow-Komponenten alle zentralen Bereiche eines Unternehmens.



**Abels & Kemmner**  
 Kaiserstr. 100  
 52134 Herzogenrath / Aachen  
 024 07-95 65-0  
[www.ak-online.de](http://www.ak-online.de)

Von Bestandsoptimierung über Kanban und Heijunka bis zur Portfolio-Optimierung – wir liefern seit 20 Jahren perfekt passende Lösungen für Supply Chain und Logistik. Unsere Erfahrung aus weit über hundert Projekten in Unternehmen aller Größen bedeutet für Sie Sicherheit – wir machen Sie fit für den Wettbewerb!



**proALPHA Software AG**  
 Auf dem Immel 8  
 67685 Weilerbach  
 06374-800-0  
[www.proalpha.de](http://www.proalpha.de)

proALPHA ist eine speziell auf mittelständische Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen abgestimmte ERP-Komplettlösung. Die Unternehmenssoftware deckt neben typischen ERP-Funktionen wie Logistik und Finanz- und Rechnungswesen auch angrenzende Funktionsbereiche wie CRM oder SCM ab.



**MPDV Mikrolab GmbH** mit Sitz in Mosbach entwickelt modulare Manufacturing Execution Systeme (MES) und greift dabei auf 40 Jahre Projekterfahrung im Fertigungsumfeld zurück. MPDV bietet MES-Produkte, Dienstleistungen im MES-Umfeld sowie komplette MES-Lösungen an. Das Unternehmen beschäftigt aktuell mehr als 330 Mitarbeiter an insgesamt zehn Standorten in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, Singapur, China und den USA. Anwender aus unterschiedlichen Branchen – von der Me-

tallverarbeitung über die Kunststoffindustrie bis hin zur Medizintechnik – profitieren bereits von mehr als 1.000 Installationen der mehrfach ausgezeichneten MES-Lösungen von MPDV. Dazu zählen sowohl mittelständische Fertigungsunternehmen als auch international operierende Konzerne. Als TOP100-Unternehmen zählt MPDV zu den innovativsten Mittelständlern in Deutschland. Mit dem umfangreichen Funktionsspektrum von **HYDRA**, dem modular aufgebauten MES, deckt MPDV die Anforderungen der VDI-Richtlinie 5600 vollständig ab. Dabei lassen sich die einzelnen HYDRA-Anwendungen auf Basis einer zentralen MES-Datenbank bedarfsgerecht und schnittstellenfrei kombinieren. So gewährleistet HYDRA einen 360°-Blick auf alle an der Produktion beteiligten Ressourcen und kann auch übergreifende Prozesse nahtlos abbilden. Mit einem MES-System wie HYDRA bleiben Fertigungsunternehmen reaktionsfähig und sichern damit ihre Wettbewerbsfähigkeit – auch mit Blick auf Industrie 4.0.

**MPDV Mikrolab GmbH**  
Römerring 1  
74821 Mosbach  
06261 9209-0  
www.mpdv.com



**Hinterschwepfinger Projekt GmbH**  
Hintermehring Str. 3  
84561 Mehring bei Burghausen  
08677 9808-0  
www.hinterschwepfinger.de

Ob es um den Neubau und die Erweiterung von Produktionsstätten geht oder um die Umstrukturierung und Optimierung gewachsener Standorte – wir bieten Ihnen perfekt konzipierte Lösungen mit einem Maximum an Investitionssicherheit von der Standortplanung über die Generalplanung, Architektur, Statik und TGA-Planung bis zur schlüsselfertigen Bauausführung.

## LOGO

Ihr Eintrag ins  
Anbieterverzeichnis

**Musterfirma**  
Musterstraße 10  
12345 Musterort  
www.musteradresse.de

So könnte Ihr Eintrag im Anbieterverzeichnis der productivity aussehen. Mit Ihrem Firmenlogo, Ihrer Anschrift und einem selbst gewählten Text. Sie erhöhen die Zahl Ihrer Kundenkontakte, denn das Anbieterverzeichnis stellt eine wesentliche Quelle für die Kontaktaufnahme dar. Auch Ihre regelmäßige Präsenz in productivity ist sichergestellt – unabhängig von Anzeigenterminen und Redaktionsschluss.

## productivity

### Produktkonfiguration

Theuer, H., In: productivity 22 (2017) 4, GITO Verlag Berlin, S. 30 ff.

### Reihenfolgeplanung

Theuer, H., In: productivity 22 (2017) 3, GITO Verlag Berlin, S. 43 ff.

### Schlanke MES

Theuer, H., In: productivity 22 (2017) 2, GITO Verlag Berlin, S. 41 ff.

### IT in Produktion und Logistik

52 Systeme im Vergleich  
Theuer, H., In: productivity 22 (2017) 1, GITO Verlag Berlin, S. 44 ff.

### Terminetreue

29 Systeme im Vergleich  
Theuer, H., In: productivity 21 (2016) 4, GITO Verlag Berlin, S. 44 ff.

### Warehouse Management Systeme

19 Systeme im Vergleich  
Theuer, H.; Pahl, M., In: productivity 21 (2016) 3,  
GITO Verlag Berlin, S. 43 ff.

### MES – Industrie 4.0-ready

47 Systeme im Vergleich  
Theuer, H.; Pahl, M., In: productivity 21 (2016) 2,  
GITO Verlag Berlin, S. 49 ff.

### Supply Chain Management

21 Systeme im Vergleich  
Theuer, H.; Pahl, M., In: productivity 21 (2016) 1,  
GITO Verlag Berlin, S. 36 ff.

### Materialflussteuerung

22 Systeme im Vergleich  
Theuer, H.; Pahl, M., In: productivity 20 (2015) 5,  
GITO Verlag Berlin, S. 36 ff.

### Energieeffiziente MES

42 Systeme im Vergleich  
Theuer, H.; Pahl, M., In: productivity 20 (2015) 4,  
GITO Verlag Berlin, S. 36 ff.

## Marktüberblick




Norbert Gronau (Hrsg.)

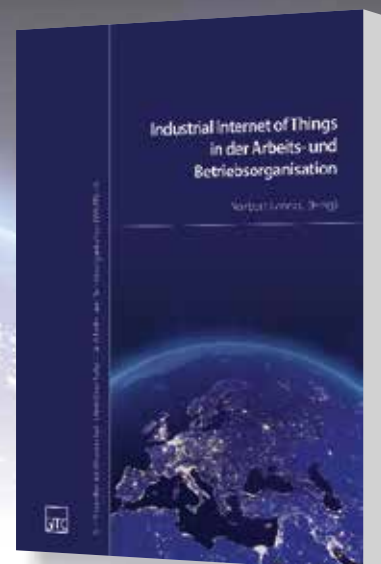
## Industrial Internet of Things in der Arbeits- und Betriebsorganisation

Das Industrial Internet of Things (IIoT) findet zunehmend Einzug in die unternehmerische Praxis.

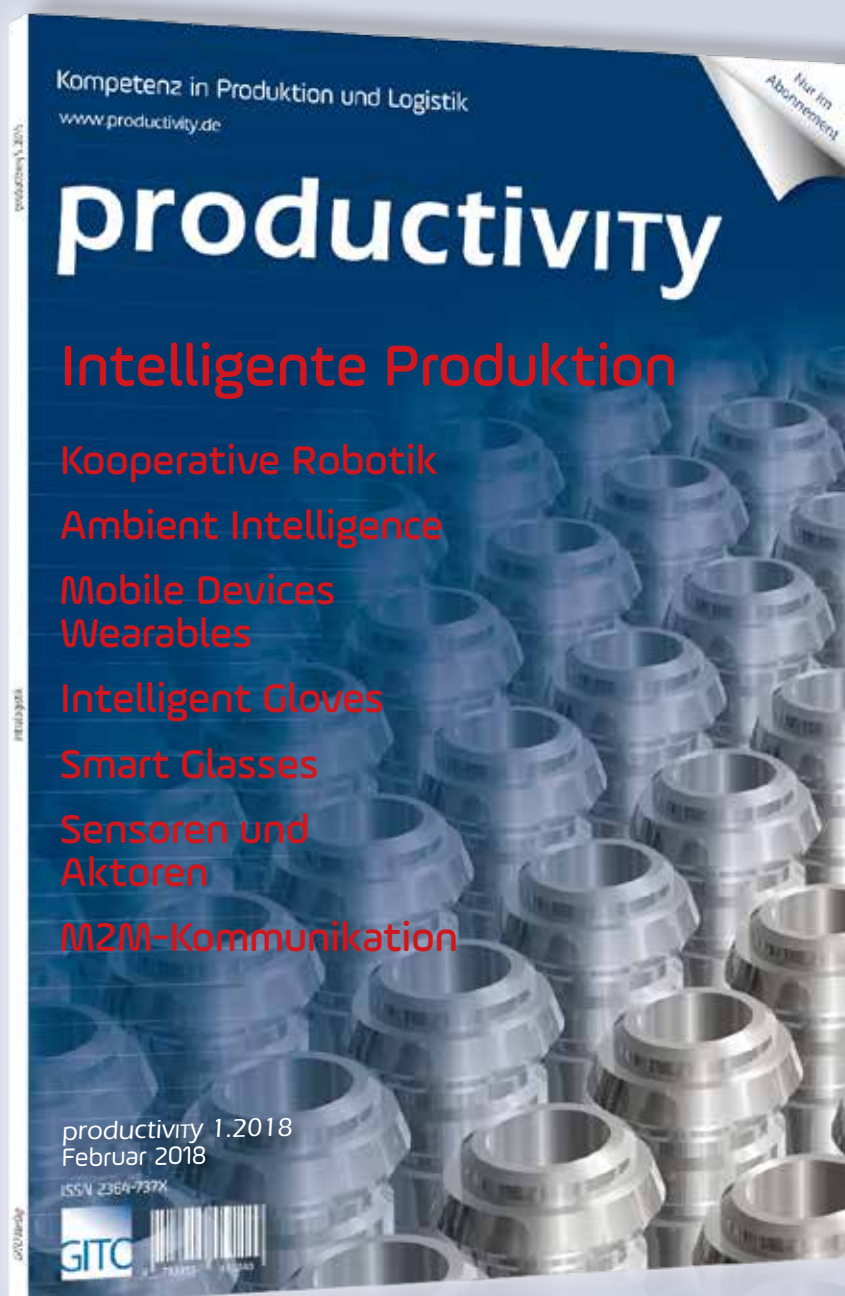
Neben der Digitalisierung industrieller Fertigungsprozesse zeichnet sich auch eine zunehmende firmenübergreifende Integration von Daten, Informationen und Wissen als Grundlage für die Koordination gemeinsamer Wertschöpfungsaktivitäten ab. Dieses Buch gibt einen Einblick in die vielfältigen Forschungsergebnisse der Mitglieder der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation zu diesem Thema. Dabei werden die Potenziale und Herausforderungen, welche mit der zunehmenden Verbreitung des industriellen Internets der Dinge verbunden sind, mit wissenschaftlichem Fokus behandelt und durch praktische Anwendungen verdeutlicht.

 **Bestellungen unter**  
service@gito.de  
www.gito.de

ISBN 978-3-95545-225-4  
Seiten 260  
Preis € 49,80



# Ausblick



Die nächsten Ausgaben der **productivity** und der Online-Ausgabe **productivity.de** erscheinen am **23.04.2018** zur **HMI** zu dem Thema **Intelligente Produktion**

[www.productivity.de](http://www.productivity.de)  
**productivity**

# Anwenderkonferenz **Industrie 4.0**

**29. Mai 2018 in Frankfurt/Main**

„Industrie 4.0“ steht nicht nur für die „vernetzte Fabrik“, sondern beinhaltet einen funktionalen und strukturellen Wandel aller Geschäftsprozesse, der einen fundamentalen gesellschaftlich- und technologisch distributiven Charakter trägt.

Am 29. Mai 2018 richtet das am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Prozesse und Systeme angesiedelte Center for Enterprise Research der Universität Potsdam in Kooperation mit dem GITO Verlag die alljährliche Industrie 4.0-Anwenderkonferenz aus. Erstmals findet die Industrie 4.0-Anwenderkonferenz verkehrsgünstig im Hilton Airport Hotel in Frankfurt am Main statt.

## Themen

- Potenziale und Herausforderungen von Industrie 4.0-Projekten
- Industrie 4.0-Anwendungsbeispiele und Projekterfahrungen
- Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Mitarbeiter
- Einsatz und Chancen künstlicher Intelligenz bei Industrie 4.0
- Einsatz von 3D-CAD-Modellen über die gesamte Wertschöpfungskette
- Kombination unterschiedlicher Industrie 4.0-Technologien in der Fertigung
- Industrie 4.0 in der Landwirtschaft (Farming 4.0)



**Anmeldung unter:**  
E-Mail: [anmeldung@gito.de](mailto:anmeldung@gito.de)  
Telefon: +49 30 419383-64

**Jetzt online anmelden:**  
[events.gito.de/](http://events.gito.de/)  
[www.i40-anwenderkonferenz-2018](http://www.i40-anwenderkonferenz-2018)