

Handlungsmuster der Feuerwehr für das Störungsmanagement?

Norbert Gronau, Potsdam

Einsatzorganisationen, wie z.B. Feuerwehr oder Technisches Hilfswerk, müssen sehr schnell auf teilweise unbekannte Lagen reagieren und angemessene Hilfeleistung erbringen. Können Handlungsweisen und vorbereitende Maßnahmen dieser Organisationen auf die Störungsbeseitigung in Produktionssystemen übertragen werden? Ein Experiment in einem Cyber-Physischen Produktionssystem geht dieser Frage nach. Es zeigt sich, dass durch die Anwendung geeigneter Handlungsmuster sowohl die Dauer von Störungen als auch die Zeit für die Behebung verkürzt werden können.

Störungsmanagement

Störungen in innerbetrieblichen Produktionssystemen können zu schwerwiegenden Produktionsausfällen führen [1]. Je länger der Stillstand der Produktion dauert, desto größer ist der Schaden für Unternehmen. Die Auswirkungen von Störungen sind dabei nicht nur auf die Unternehmensgrenzen beschränkt, sondern betreffen die gesamte Lieferkette. Eine aktuelle Studie des Bundesverbands Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik ergibt, dass jede fünfte Lieferkettenunterbrechung Schäden in Millionenhöhe zur Folge hat [2]. Dies ist der Grund dafür, dass für viele Unternehmen Störungsmanagement in die strategische Planung integriert wird. Es geht somit nicht mehr einzig um die Reaktion auf Störungen, sondern auch darum, einen maßgeblichen Beitrag zum Unternehmenserfolg zu leisten [2].

Unter einer Störung im engeren Sinne werden in der Produktion im Allgemeinen Maschinenstillstände verstanden. Ein erweiterter Störungsbegriff summiert all das auf, was die Fabrik daran hindert, optimal zu arbeiten [3]. Störgrößen lassen sich u. a. nach Kategorien wie Mensch, Maschine, Umwelt und Methode untergliedern [4]. Ein effizientes Störungsmanagement ist eine wichtige Grundlage für eine erfolgreiche Geschäftstätigkeit [5, 6]. Das Störungsmanagement ist eine strategische Aufgabe im Planungsprozess von Produktionssystemen [7]. Die Strategien in diesem Kontext lassen sich in die Be-

kämpfung der Ursachen und die Eindämmung der Wirkungen von Störungen unterteilen [8].

Um ein aktuelles Bild des Störungsmanagements zu erlangen, wurde kürzlich eine entsprechende Umfrage unter produzierenden Unternehmen durchgeführt [1].

Die Befragten sehen große Herausforderungen im Zusammenhang mit der zunehmenden Vernetzung und Digitalisierung der Produktion. Damit wächst auch die Gefahr, dass die Auswirkungen einzelner Störungen nicht mehr überblickt werden können. Des Weiteren nimmt die Komplexität der Anlagen zu, insbesondere in Cyber-Physischen Produktionssystemen (CPPS) [9], sodass Expertenwissen für die Störungsbehebung erforderlich ist. Insbesondere kleinere Unternehmen stehen vor einer Herausforderung,

da die vielversprechenden Chancen der Digitalisierung, wie z.B. die vorausschauende Wartung von Maschinen (Predictive Maintenance), nur durch hohe Investitionen genutzt werden können.

Weiterhin geht aus der Umfrage hervor, dass die Wirtschaftlichkeit eine der zentralen Herausforderungen im Hinblick auf die Einführung von Störungsmanagement darstellt. Dies betrifft insbesondere das Abwägen hinsichtlich des Einsatzes von Ressourcen zur Störungsbehebung. Der Zielkonflikt zwischen der Geschwindigkeit der Behebung sowie der Qualität des Ergebnisses stellt viele der Unternehmen vor Probleme. Auch die Kosten für die erforderliche Qualifizierung sowie die permanente Verfügbarkeit qualifizierter Mitarbeiter werden unter dieser Kategorie subsumiert. Im zuletzt genannten Punkt ergibt die Um-

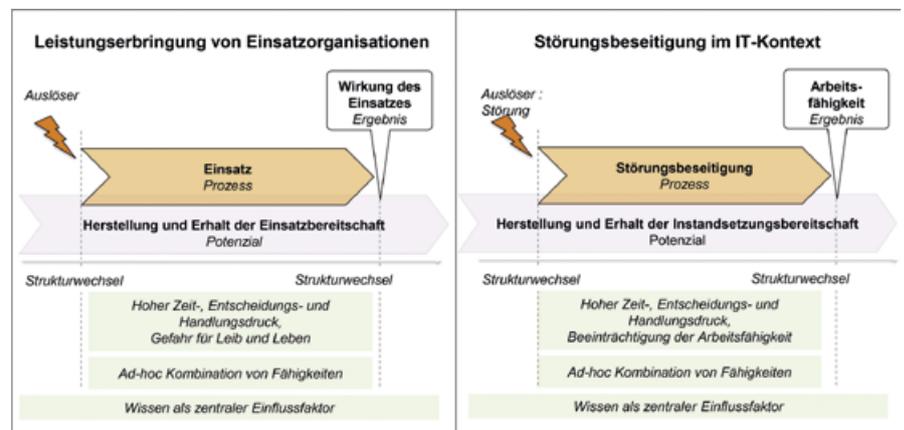


Bild 1. Leistungserbringung von Einsatzorganisationen und ihr Übertrag auf die Störungsbehebung (i. A. an [11])

Phase	Handlungsmuster	Konkretisierung im CPPS
Vorausplanung von Einsätzen	Entwicklung von Standards	korrekte, vollständige Fehlermeldung, Vorgehen bzw. Eskalationsstufen mehr ins Bewusstsein gerufen, standardisierte Fehlermeldungen
	Schaffung einsatzbereiter, modular kombinierbarer Einheiten	Umgang mit Routinestörungen teilweise durch den Anwender selbst, Störungsprävention durch Schulung (Manuals)
Einsatzdurchführung	Erstellung eines Lagebildes	Infos zu Störungsfällen sammeln
Einsatznachbereitung	Einsatznachbesprechung	Debriefings nach Störungen regelmäßiger durchführen

Tabelle 1. Empfohlene Handlungsmuster für eine Prüfung der Übertragbarkeit auf die Störungsbeseitigung in der Produktion

frage, dass die erforderliche Qualifizierung häufig zwar prinzipiell vorhanden, jedoch nicht permanent verfügbar ist (z. B. lediglich in der Tagschicht).

Die Unternehmen stehen im Zusammenhang mit Rollen des Störungsmanagements vor Herausforderungen. Dies beinhaltet die Verfügbarkeit qualifizierten Personals als auch die generelle Transparenz über Rollenverteilung und die damit verbundenen Verantwortlichkeiten. Die Befragten sehen deutlichen Nachholbedarf in puncto Transparenz der Störungsorganisation.

Handlungsmuster und strukturelle Eigenschaften von Einsatzorganisationen

Eine Einsatzorganisation ist eine Organisation, deren Zweck eine Leistungserbringung in dringlichen Situationen zur Erhaltung oder Wiederherstellung der normalen Lebensführung [10] darstellt. Die Leistungserbringung von Einsatzorganisationen und die Störungsbehebung im IT-Bereich ähneln sich, sowohl was die Dringlichkeit des Handelns und ihre Zielsetzung als auch strukturell und hinsichtlich der herrschenden Rahmenbedingungen betrifft (Bild 1).

Die Kernkompetenz von Einsatzorganisationen, wie z. B. Rettung, Feuerwehr, Polizei, Technisches Hilfswerk oder Militär, ist – im übertragenen Sinne – die Behebung von „Störungen“ durch Einsätze unterschiedlichster Art. Zur erfolgreichen Bewältigung ihrer Einsätze verfügen diese Organisationen über spezifische strukturelle Eigenschaften und Handlungsmuster. Strukturelle Eigenschaften von Einsatzorganisationen sind bspw. eine schadenstypabhängige Einsatz-Aufbauorganisation, das Vorhandensein selbständlicher Strukturelemente bzw. ein eindeutig definiertes Rollenkonzept, das die Aufgabenwahrnehmung auch bei wechselnder personeller Zu-

sammensetzung von Einsatzteams möglichst reibungsfrei sicherstellt. Handlungsmuster sind Vorgehensweisen, die auf unterschiedlichen organisationalen Ebenen angewandt werden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen [12]. Hierzu zählen zum Beispiel die Erkundung der Lage, spezifische Führungsverfahren und die Entwicklung bzw. Orchestrierung vordefinierter, oft einsatzspezifischer Standards, zum Beispiel wird ein Zimmerbrand anders behandelt als ein Großbrand [13].

Experiment in einem Cyber-Physischen Produktionssystem

In einem Experiment wurde nun untersucht, ob eine Übertragung der von Einsatzorganisationen genutzten Handlungsmuster auf das Störungsmanagement in der Produktion sinnvoll ist und Verbesserungen ermöglicht.

Die in Tabelle 1 dargestellten Handlungsmuster wurden für eine Erprobung im Rahmen des Störungsmanagements in der Produktion empfohlen. Dazu wurde ein Workshop mit den Verantwortlichen für das Störungsmanagement in einem Cyber-Physischen Produktionssystem und mit einem Experten für Einsatzorganisationen durchgeführt.

Diese Handlungsmuster lassen sich wie folgt erläutern:

- **Standards** können den Einsatzkräften durch die Bereitstellung von Handlungshilfen (z. B. Vorgaben zur Gliederung der Einsatzstelle, Dokumen-

te/Checklisten, vereinheitlichte Begrifflichkeiten, Beschreibung der Aufgaben von einzelnen Rollen) bei der Vorbereitung und Durchführung eines bestimmten Einsatztyps helfen.

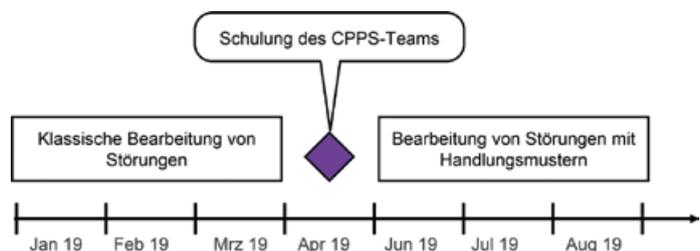
- Materielle und personelle Ressourcen werden in *einsatzbereite, modular kombinierbare Einheiten* überführt, um eine Verbesserung der Reaktionsfähigkeit bei auftretenden Schadensfällen zu erreichen.
- Die *Lagebilderstellung* besteht in der Meldung eines Schadensereignisses durch Augenzeugen oder Betroffene, um die benötigten Fähigkeiten erkennen und Einsatzkräfte alarmieren zu können. Auf der Basis des Lagebildes können Einsatzkräfte mit detaillierten Plänen über den Schadensort ausgerüstet werden. Ferner wird das Lagebild kontinuierlich angepasst.
- Einsatzkräfte nehmen eine *Einsatznachbesprechung* vor, um insbesondere bei seltenen, komplexen, problematischen oder belastenden Einsätzen einen Austausch anzuregen und Verbesserungspotenziale zu identifizieren. In einer kurzen Schulung wurden die Mitarbeiter der Störungsbeseitigung mit den Handlungsmustern der Einsatzorganisationen vertraut gemacht.

Bild 2 zeigt den zeitlichen Verlauf des Experimentes.

Das Cyber-Physische Produktionssystem

Für die Durchführung des Experimentes wurde die Lernfabrik des Forschungs- und Anwendungszentrums Industrie 4.0 in Potsdam gewählt. Sie zeichnet sich durch folgende Aspekte aus: Reale Elemente des CPPS sind die Komponenten Cyber-Physischer Systeme, die in Werkstückträgern und Maschinen verbaut werden, die IT-Infrastruktur wie Steuerungen und Informationssysteme sowie die Logistikausrüstung, mit der verschiedene Arbeitsstationen verbunden werden (Bild 3).

Bild 2. Zeitlicher Verlauf des Experimentes



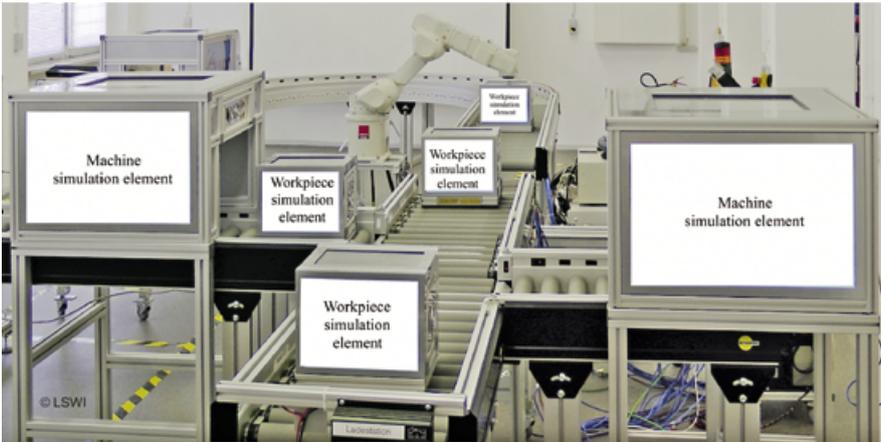


Bild 3. Ansicht der Lernfabrik des Forschungs- und Anwendungszentrums Industrie 4.0 Potsdam [14]

Als virtuelle Elemente hingegen wurden Maschinen und Werkstücke („Cubes“), Aufträge und Störungen realisiert [15–17]. Um reale und virtuelle Elemente miteinander zu verbinden, wird eine Simulationsbetriebsumgebung genutzt. Diese Eigenentwicklung differenziert in eine Modellierungsumgebung, die das jeweilige Modell des Produktionssystems administriert („rote Ebene“) und die eigentliche Betriebsumgebung, in der das simulierte Produktionssystem unter Einbeziehung von Störungen seiner bestimmungsgemäßen Aufgabe nachgeht („grüne Ebene“). Dieses Konzept ermöglicht einen sehr schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Szenarien und Fertigungsabläufen. Dadurch können verschiedene Ausprägungen von Eigenschaften des CPPS hinsichtlich Kennzahlen die Reaktionsgeschwindigkeit oder Durchlaufzeit getestet werden.

Die Abbildung unterschiedlicher Abläufe gelingt durch Vorhaltung von logistischen Elementen zur Repräsentation

wie Puffer, Verzweigung und Synchronisation oder Schleifen. Dieselbe Infrastruktur wird gleichermaßen für innerbetriebliche Untersuchungen und für zwischenbetriebliche Fragestellungen eingesetzt werden. Um der Anforderung an Wandlungsfähigkeit zu genügen, sind die einzelnen Elemente mobil und interoperabel und können schnell zu neuen Layouts zusammengesetzt werden.

In dieser Lernfabrik werden nun in sechs Prozessschritten von Lernern (Probanden) künstliche Kniegelenke produziert. Dabei treten Fehler auf, die von dem Betriebsteam der Lernfabrik klassifiziert und behoben werden.

Vor Vertrautmachen des Betriebsteams mit den Handlungsmustern von Einsatzorganisationen wurde über zwei Monate ein normaler Betrieb gefahren, in dessen Verlauf insgesamt 45 Störungen auftraten, deren Auftrittszeitpunkt, Schwere und Behebungsdauer protokolliert wurde. Einen Ausschnitt daraus zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2. Störungsaufzeichnung und Klassifizierung

	Issues	Klasse	Aufwand der Behebung (h)	Kategorie	Datum
19	Entladung m Cubes durch Seitenmonitore	B	6	<3	07.01.2019
39	iPad entladen	C	0	<1	07.01.2019
2	Cube01 nicht verfügbar durch Windowsupdate	A	0,5	<1	08.01.2019
22	mCube lädt nicht	B	0,3	<1	08.01.2019
16	Cube02 bootet nicht	B	2	1-3	09.01.2019
33	Cube01 ohne Netzwerk (sporadisch)	C	0	<1	09.01.2019
20	Eyetracker defekt: Übertragungsfehler	A	7	>3	11.01.2019
34	Cube01 ohne Netzwerk (sporadisch)	C	1,5	1-3	11.01.2019
9	Netzwerkswitch nicht verfügbar	A	1	1-3	14.01.2019
24	mCube startet nicht	B	0,1	<1	14.01.2019

Die Einordnung der Störung in die Klassen A: Stillstand, B: erhebliche Behinderung des Tagesgeschäfts, C: punktuelle/geringe Beeinflussung und D: keine Beeinträchtigung wurde von den Mitarbeitern des Betriebsteams selbst vorgenommen.

Nach der Schulung mit Handlungsmustern von Einsatzorganisationen wurden passende Einsatzmuster ausgewählt und trainiert. Als ungeeignet eingestuft wurden für den Zweck der Störungsbehebung in Cyber-Physischen Produktionssystemen die zentrale Leitstelle, da sich das Konzept nicht bewährt habe sowie die Verstärkung der Dokumentation bei Störungen, da diese zu viel Zeit in Anspruch nimmt. In zwei anschließenden Monaten wurde dann die Aufzeichnung und Klassifikation der Störungen fortgesetzt, wobei insgesamt 62 Störungen behoben werden mussten.

Bild 4 zeigt die Veränderung der Zuordnung zu Klassen vor und nach der Schulung zu Prinzipien von Einsatzorganisationen. Eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung kommt insbesondere der Verkürzung der Behebungsdauern in den Fehlerklassen A und B zu. Im Versuch gelang es, in der Fehlerklasse A (Stillstand) statt nur 60 Prozent nunmehr über 75 Prozent der zum CPPS-Stillstand führenden Störungen in weniger als einer Stunde zu beheben. Der Effekt der Verkürzung trat in allen Fehlerklassen auf. Da in den beiden betrachteten Zeiträumen jeweils nur 50 bis 60 Störungen auftraten, ist das Ergebnis sicherlich nicht statistisch signifikant, dennoch bemerkenswert. Es lohnt sich also auf jeden Fall, einige Handlungsmuster von Einsatzorganisationen auf das Störungsmanagement in der Fabrik zu übertragen.

Bewertung des Ansatzes

Um einen zu umfangreichen Eingriff in den Betrieb des Cyber-Physischen Produktionssystems zu vermeiden, wurde während der beiden Untersuchungsphasen nicht intensiver eingegriffen. So bleibt zum Beispiel die Frage unbeantwortet, welche Handlungsmuster in welchem konkreten Fall zum Einsatz kommen. Dennoch erscheint es außerordentlich sinnvoll, Teams, die mit Störungsbehebung in der Fabrik befasst sind, mit Handlungsmustern von Einsatzorganisationen vertraut zu machen. Zur Gewährleistung der Praxistauglichkeit sollte

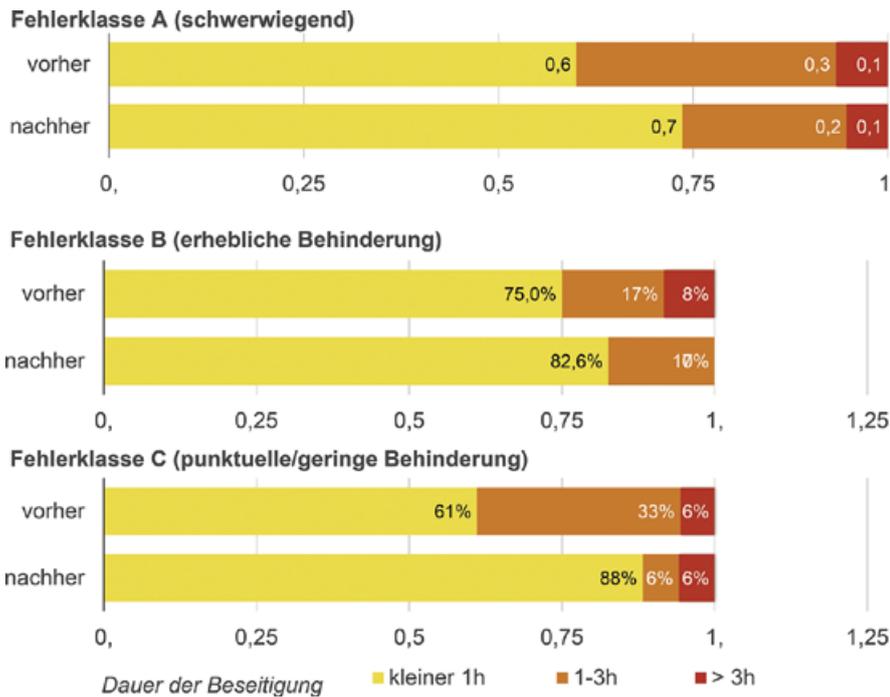


Bild 4. Klassen von Störungen und Veränderungen nach der Anwendung von Prinzipien der Einsatzorganisationen

hierfür ein entsprechender Methodenbaukasten entwickelt werden, der sinnvolle Handlungsmuster und deren mögliche Anwendungsfälle beschreibt. Hierzu sind allerdings weiterführende Entwicklungen notwendig.

Literatur

- Gronau, N.; Kern, E.-M.; Jonitz, H.: Herausforderungen im Umgang mit Produktionsstörungen. *Industrie Management* 35 (2019) 6, S. 33–36
DOI: 10.30844/140M_19-6_S29-32
- Engel, H.: Gesprengte Ketten – Absicherung der Supply Chain durch ein unternehmensweites Business Continuity Management. *RISKNEWS* 2 (2005) 5, S. 38–45
DOI: 10.1002/risk.200590092
- Kletti, J.: Effizientes Störungsmanagement mit MES. *Productivity Management* 15 (2010) 3, S. 12–14
- Meyer, G.; Knüppel, K.; Busch, J.; Jakob, M.; Nyhuis, P.: Effizientes Störgrößenmanagement. *Productivity Management* 18 (2013) 5, S. 49–52
- Schuh, G.; Kampker, A.; Franzkoch, B.; Wemhöner, N.: Studie: Intelligent Maintenance – Potenziale zustandsorientierter Instandhaltung. Aachen 2005
- Rezaee, M.; Salimi, A.; Yousefi, S.: Identifying and Managing Failures in Stone Processing Industry Using Cost-based FMEA. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 88 (2017) 9, S. 3329–3342
DOI: 10.1007/s00170-016-9019-0
- Manzini, R.; Ferrari, E.; Pham, H.; Regattieri, A.: *Maintenance for Industrial Systems*. Springer-Verlag, London 2010
DOI: 10.1007/978-1-84882-575-8
- Schröder, M.; Falk, B.; Schmitt, R.: Failure Classification and Analysis for Technical Products. *Procedia CIRP* 51 (2016), S. 116–121
DOI: 10.1016/j.procir.2016.06.103
- Gronau, N.: Der Einfluss von Cyber-Physical Systems auf die Gestaltung von Produktionssystemen. *Industrie Management* 31 (2015) 3, S. 16–20
- Bruderer, H.: *Organisation für Notfallsysteme: Leitfaden zum Aufbau von ausserberuflichen Hilfsorganen*. Zürich 1979
- Kern, E.-M.; Hartung, Th.: Zielorientiertes Risikomanagement bei Einsatzorganisationen. In: Kersten, W.; Wittmann, J. (Hrsg.): *Kompetenz, Interdisziplinarität und Komplexität in der Betriebswirtschaftslehre*. Springer-Gabler-Verlag, Wiesbaden 2013, S. 113–132
DOI: 10.1007/978-3-658-03462-7_10
- Seidel, S.: Toward a Theory of Managing Creativity-intensive Processes: A Creative Industries Study. *Information Systems and E-Business Management* 9 (2011), S. 407–446
DOI: 10.1007/s10257-009-0123-7
- Röser, T.; Kern, E.-M.: Management von Einsatzprozessen: Flexibilität durch Standardisierung. *Zeitschrift Führung + Organisation* 88 (2019) 1, S. 47–53
- Gronau, N.: Determining the Appropriate Degree of Autonomy in Cyber-physical Pro-

duction Systems. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 26 (2019), S. 70–80
DOI: 10.1016/j.cirpj.2019.05.001

- Lass, S.; Gronau, N.: Efficient Analysis of Production Processes with a Hybrid Simulation Environment. In: *Proceedings of the 22nd International Conference of Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2012)*, Helsinki, Finland 2012
- Gronau, N.; Theuer, H.; Lass, S.: Evaluation of Production Processes using Hybrid Simulation. In: Windt, K. (Hrsg.): *Robust Manufacturing Control, Lecture Notes in Production Engineering*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2013
DOI: 10.1007/978-3-642-30749-2_29
- Lass, S.; Theuer, H.; Gronau, N.: A New Approach for Simulation and Modeling of Autonomous Production Processes. In: *Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Sciences (HICCS 2012)*, Maui, Hawaii, 2012, S. 1247–1256
DOI: 10.1109/HICCS.2012.72

Der Autor dieses Beitrags

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gronau, geb. 1964, studierte Maschinenbau und BWL an der Technischen Universität Berlin, wo er am Fachbereich Informatik promovierte und habilitiert wurde. Nach einer Professur in Oldenburg ist er seit 2004 Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, Prozesse und Systeme an der Universität Potsdam und Wissenschaftlicher Direktor des Forschungs- und Anwendungszentrums Industrie 4.0.

Summary

Action Pattern of the Fire Brigade for Disturbance Management? Emergency services like fire brigade or civil security services have to be able to react very quick to partially unknown situations and deliver appropriate help. Is it possible to transfer action patterns and preparatory measures of these organizations to the disturbance management of production systems? An experiment in a cyber-physical production system answers this question. The results show that by using appropriate action patterns the duration of disturbances and the repair time can be shortened in a noticeably amount.

Bibliography

DOI 10.3139/104.112227

ZWF 115 (2020) 1–2; page 82–85

© Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
ISSN 0947–0085