110 Jahrgang September 2015 www.zwf-online.de

ZWF

Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb

9/2015

INNOVATIV ZERSPANEN

Hochleistungszerspanprozesse

Zerspanung mit Industrierobotern

MONTAGE

Fähigkeitsbasierte Montageplanung

GANZHEITLICH PRODUZIEREN

GPS-Assessment

Shopfloor Management

EINSATZ-FLEXIBILITÄT

Einsatz operativer Mitarbeiter

ENERGIE

Eneergieplanung

Energieeffizienz

Energiekosten

Energiekennzahlen

INDUSTRIE 4.0

FABRIK DER ZUKUNFT

Cyberphysische Systeme

ERP-Lösung

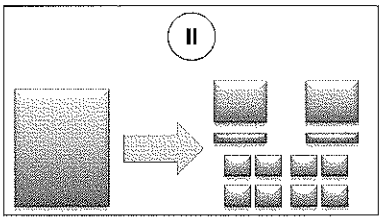
Instandhaltung 4.0

Produktkennzeichnung

www.proalpha.de

PROALPHA®

HANSER



Ganzheitlich und energetisch — Seite 491

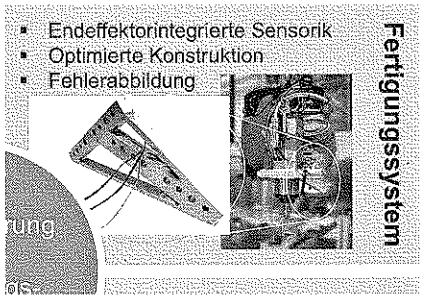
Eine frühzeitige Berücksichtigung des Energieverbrauchs im Planungsprozess ist sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll. Dazu sind allerdings aussagekräftige Daten nötig, welche zu diesem Zeitpunkt oftmals noch nicht bereit stehen. Aus diesem Grund wurde der Methods-Energy Measurement-Ansatz konzipiert, damit eine ganzheitliche energetische Betrachtung der Fertigungsanlage über ihren Lebenszyklus im Planungsprozess erfolgen kann.

Energieflexible Fabrik — Seite 505

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über technische Erkenntnisse, welche im Zuge des dreijährigen Forschungsprojekts FOREnergy erarbeitet wurden. Es wird aufgezeigt, welche grundsätzlichen Möglichkeiten produzierende Unternehmen besitzen und auf welchem Wege die Handlungsschwerpunkte zur Flexibilisierung des Energieeinsatzes in der Produktion identifiziert werden können. Ausgehend von dieser Voruntersuchung werden verschiedene Ansätze aufgeführt, welche einen energieflexiblen Betrieb von Produktionsanlagen ermöglichen.

Zerspanen mit Industrierobotern — Seite 514

Industrieroboter bieten durch ihre Flexibilität und ihre geringen Investitionskosten ein erhebliches Marktpotenzial für die spanende Bearbeitung großer Strukturbauteile für zukünftige Flugzeuggenerationen. Allerdings weisen Roboter durch ihre konstruktiven Eigenschaften gegenüber konventionellen Bearbeitungszentren bei der spanenden Bearbeitung teilweise erhebliche Defizite auf. Daher soll durch ein ganzheitliches Konzept zur Leistungssteigerung das Potenzial von Industrierobotern für Zerspanungsaufgaben nutzbar gemacht werden.



EDITORIAL

Vom Maschinenbediener zum Maschinenbeherrscher 487

ZWF-INFORMATIONEN 490

PRODUKTION & ENERGIE

Energieprognose mittels Methods-Energy Measurement
(Martin Bornschlegl, Markus Bregulla und Jörg Franke) 491

Energiekostenorientierte Reihenfolgebildung
(Stefan Willeke et al.) 495

Kennzahlenansätze zur Analyse von Energiekosten und -verbrauch
(Bernd Leppla und Benjamin Lemme) 500

Technische Erfassung der Energieflexibilität und deren Umsetzung
(Richard Popp et al.) 505

INNOVATIV ZERSPANEN

Hochleistungszerspanprozesse für hohe Oberflächenqualitäten
(Berend Denkena, Thilo Grove und Patrick Kuhlemann) 510

Innovative Zerspanung mit Industrierobotern
(Berend Denkena, Jan Brüning und Thomas Lepper) 514

GANZHEITLICHE PRODUKTIONSSYSTEME

Assessment Ganzheitlicher Produktionssysteme
(Uwe Dombrowski et al.) 518

Shopfloor Management im Instandhaltungsbetrieb für Straßenbahnen
(Uwe Dombrowski, Frederic Thiel und Maximilian Dreyer) 522

UMWELTBEZOGENE ZIELGRÖSSEN

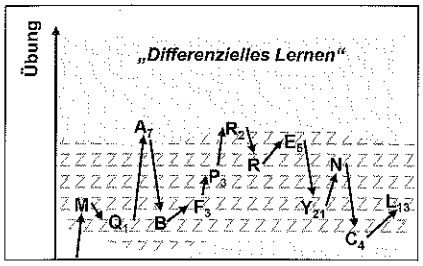
Umweltbezogene Oberkennzahl für komplexe Unternehmensstrukturen
(Kristofer Hell et al.) 527

NEUE GESCHÄFTSFELDER

Systematische Diversifikation – Erfolgreiche Erschließung neuer Geschäftsfelder
(Günther Schuh, Ramon Kreutzer und Toni Drescher) 532

EINSATZFLEXIBILITÄT

Erhöhung der Einsatzflexibilität operativer Mitarbeiter
(Kirsten Weisner, Jochen Deuse und Thomas Jaitner) 537



Trainingskonzept für Mitarbeiter — Seite 537

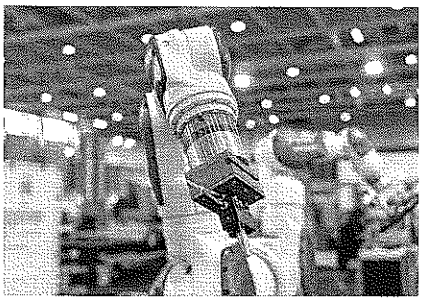
Die Dynamisierung und Digitalisierung der Arbeit bedingen steigende Flexibilitätsanforderungen an operative Mitarbeiter. Um möglichen negativen Folgen der resultierenden Beanspruchung entgegenzuwirken, wird ein Trainingskonzept entwickelt, das die Anpassungsfähigkeit von Mitarbeitern bei ständig variierenden Umgebungsparametern fördert. Grundlage hierfür bildet der systemdynamische Ansatz aus den Sport- und Bewegungswissenschaften, dessen zentraler Aspekt die Adaptivität koordinativer Systeme ist.

Zuverlässige Maschinensteuerdaten — Seite 542

Durch die zunehmende Produktindividualisierung entstehen für die CAM-Programmierung neue Herausforderungen, da trotz ähnlicher Gestalt der unterschiedlichen Varianten für jede Ausprägung neue Fertigungsoperationen erzeugt, generiert und simuliert werden müssen. In diesem Beitrag wird der Ansatz einer CAM-Automatisierung mithilfe eines Produkt-Konfigurators aufgezeigt. Durch das hier vorgestellte Konzept stehen zuverlässige Maschinensteuerdaten zur Verfügung.

Daten zentral verwalten — Seite 562

Wer in der Fertigung nachhaltig optimieren will, muss den Gesamtprozess im Blick behalten. Genau diesen Ansatz verfolgt Industrie 4.0. Das Konzept formt aus Automatisierungsinseln eine vernetzte Fabrik, in der Maschinen untereinander und mit den Werkstücken interagieren. In den letzten Jahren hat diese Entwicklung an Fahrt aufgenommen: Die produzierende Branche stellt sich neu auf. Im Herzen all dieser Veränderungen steht das ERP-System. Es ist die zentrale Datenverwaltung für alle geschäftsrelevanten Informationen.



INDUSTRIE 4.0

CYBERPHYSISCHE SYSTEME
Studienergebnisse „Cyber-Physical Systems in der Produktionspraxis"
(Felix Jordan) 558

ERP-LÖSUNG
ERP – Grundbedingung für Industrie 4.0
(Andree Stachowski) 562

PRODUKTKENNZEICHNUNG
Informationsträger Architekturglas als Wegbereiter für Industrie 4.0
(Eberhard Abele et al.) 565

INSTANDHALTUNG
Instandhaltung 4.0
(Tanja Nemeth et al.) 569

PRODUKT-KONFIGURATOR
CAM-Automatisierung
(Reiner Anderl, Felix Heimrich und Patrick Reinke) 542

PROZESSEFFEKTIVITÄT
Masterplan Fernwärme: Prozessanalyse und -optimierung in einer Fernwärmesparte
(Claus Zopff und Henning Prüß) 545

MONTAGEPLANUNG
Modell zur fähigkeitsbasierten Montageplanung
(Rainer Müller et al.) 553

VORSCHAU 574

KONTAKT ZUM VERLAG

Redaktion
Dipl.-Ing. Yetvart Ficiciyan (verantwortlich)
Pascalstraße 8-9
10587 Berlin
Tel.: 0 30/22 19 05 53
Fax: 0 30/31 42 58 95
E-Mail: ZWF@mediatech-berlin.de

Anzeigen
Regine Schmidt
Tel.: 0 89/9 98 30-6 64
Fax: 0 89/9 98 30-6 23
E-Mail: regine.schmidt@hanser.de

Abo/Vertrieb
Kristin Großkopf
Tel.: 0 89/9 98 30-1 11
Fax: 0 89/98 48 09
E-Mail: abo-service@hanser.de

Verlag
Car Hanser Verlag GmbH & Co. KG
Kolbergerstraße 22
81679 München
www.hanser.de
info@hanser.de

Instandhaltung 4.0

Sicherstellung von Produktqualität und Anlagenverfügbarkeit durch einen echtzeitbasierten Instandhaltungsleitstand

Tanja Nemeth,
Robert Bernerstätter,
Robert Glawar,
Kurt Matyas und
Wilfried Sihn, Wien / Leoben

Eine hohe Verfügbarkeit von Produktionsanlagen bei gleichzeitig hoher Produktqualität ist Voraussetzung, um eine termingerechte Produktion zu ermöglichen. Ziel der Instandhaltung ist es daher, Verschleißfolgen und somit Kosten, Qualitäts- und Verfügbarkeitsbeeinträchtigungen durch zum richtigen Zeitpunkt durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen zu minimieren. Hierzu wird ein Leitstand entwickelt, der Ausfallzeitpunkte durch Verknüpfung von unterschiedlichen Daten prognostizieren und bereits während der Produktion Qualitätsabweichungen erkennen kann.*)

Einleitung

Qualitätsmanagement, Instandhaltung sowie Produktionsplanung und -steuerung liefern wichtige Einflussgrößen, um die gewünschten Produktionsziele zu erreichen [1]. Die Hauptaufgabe der Instandhaltung ist es, die Funktion und Leistung einer Maschine zu erhalten. Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Produktionsprozesse, Maschinen- und Transportanlagen sowie durch die zunehmende Automatisierung erlangt dieser Bereich immer größere Bedeutung [2].

Eine weitere wesentliche Aufgabe der Instandhaltung ist die vorbeugende Sicherstellung der Produktqualität durch die Bereitstellung eines optimalen Maschinenzustands, um anlagenbedingte Qualitätseinbußen am Produkt schon während der Produktion auszuschließen. Damit ist das Einhalten der Qualitätsanforderungen vom Abnutzungsgrad der am Fertigungsprozess beteiligten Anlagen abhängig. Es besteht somit eine ursächliche Beziehung zwischen Instandhaltung und Produktqualität, die mittels des Wirkungskreismodells verdeutlicht wird (Bild 1).

Im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit gilt es Entscheidungen zu treffen, welche gleichzeitig eine Minimierung der Kosten, eine Maximierung der Anlagenverfügbarkeit und eine Erhöhung der Produktqualität zur Folge haben. Mithilfe dieser Maßnahmen kann eine Verbesserung der Produktivität des gesamten Systems erreicht werden.

Stand der Technik

Die drei klassischen Instandhaltungsstrategien – Ausfallbehebung, zeitgesteuerte periodische Instandhaltung und zustandsorientierte Instandhaltung (Bild 2) – reichen aufgrund der steigenden Komplexität von Produktionsprozessen oftmals nicht mehr aus, um die geforderte Anlagenzuverlässigkeit zu garantieren. Aus dem Gesichtspunkt der Massenproduktion können diese Strategien aufgrund der konstanten Maschinenbelastung zwar durchaus noch effizient angewandt werden, bei der vom Kunden gesteuerten Auftragsproduktion scheitern sie jedoch oft, da keine spezifischen Lastkollektive Berücksichtigung finden. Vor allem in flexiblen Fertigungssystemen mit einer hohen Variation des Produktionsprogramms und ohne festen Lastkollektiven besteht Bedarf für eine antizipative und ganzheitliche Instandhaltungsstrategie (vgl. Bild 2), welche Sensorsignale von Condition Monitoring-Systemen, Qualitäts- und Maschinendaten sowie historisches Wissen über Ausfallereignisse berücksichtigt [1, 4].

Die Prognose von Verschleiß und deren Auswirkungen auf den Herstellungsprozess stellen ein zentrales Thema der instandhaltungsstrategischen Methoden dar. Der Großteil der bestehenden Modelle greift auf historische Daten oder Daten

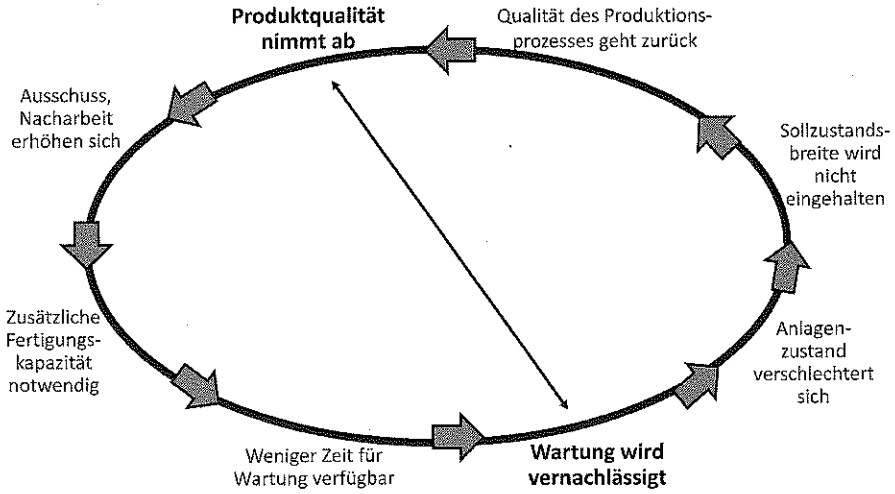


Bild 1. Wirkungskreise von Instandhaltung und Produktqualität [3]

*) Danksagung
Das Projekt „Instandhaltung 4.0" wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen der Programmlinie „Produktion der Zukunft" gefördert.

 © Carl Hanser Verlag, München

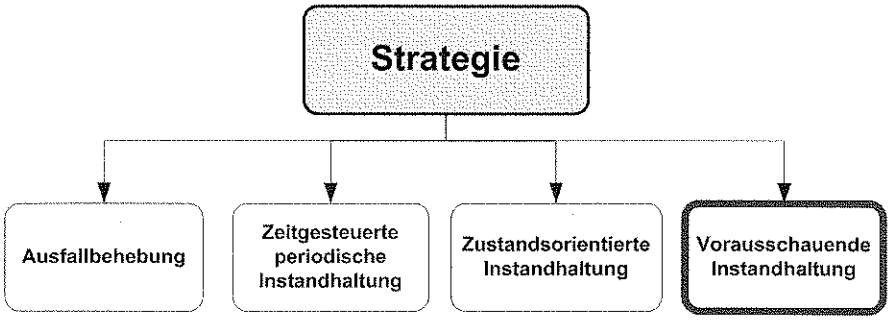


Bild 2. Strategien in der Instandhaltung

aus Langzeitstudien über den Zustand der Maschine und seiner Bestandteile zurück, um Maschinenstörungen zu prognostizieren. Aus diesen Datensätzen werden Wahrscheinlichkeitsmodelle wie die Weibull-Verteilung, welche die typischen Verschleißprozesse der Komponenten beschreibt, abgeleitet [4].

Traditionelle Methoden des Qualitätsmanagements, wie z.B. Six Sigma, greifen auf Produkt- und Prozessdaten zurück, um Schlussfolgerungen bezüglich der Produktqualität zu gewinnen. Wird im Produktionsprozess eine Abweichung der zuvor definierten Spezifikationen festgestellt, so wird nach einer Datenanalyse eine Nachjustierung von eben diesen Prozessen eingeleitet. Diese Ansätze berücksichtigen jedoch weder Maschinendaten noch Produktionsplanungs- und -steuerungsdaten.

Einige der Aspekte der Qualitätskontrolle (Produkt-, Prozess- und Produktionsinfrastruktur) sind bereits durch bestehende Verfahren abgedeckt. Beispielsweise betrachtet Six Sigma die Prozess- und Produktionsperspektive als Optimierungsinstrument der Produktion [5]. Traditionelle Ansätze der Instandhaltung ziehen im Vergleich zu Six Sigma die Perspektive der Produktionsinfrastruktur sowie die Prozessperspektive in Betracht. Ein integrativer Ansatz, der jedoch alle drei Perspektiven – die Maschinen-, Produkt- und Prozessperspektive – in sich vereint, existiert derzeit nicht.

Aktuelle Herausforderungen in der Instandhaltungsplanung

Klassische Instandhaltungsstrategien erkaufen eine verbesserte Anlagenverfügbarkeit mit einem erhöhten Instandhaltungsaufwand, woraus oft eine Ressourcenverschwendung resultiert, da die Instandhaltungsmaßnahmen zu falschen, ungünstigen Zeitpunkten veranlasst werden. Die unvollständige oder oft zu spät vorliegende Informationslage über Maschinenzustände verhindert einen exakten, zeitlich und verschleißtechnisch optimalen Komponentenaustausch, der auf aktuelle Produktionszustände und die geforderte Produktionsqualität abgestimmt sein sollte.

Darüber hinaus existieren Lebensdauerberechnungen für Anlagekomponenten, deren Aussagekraft jedoch aufgrund der realen Belastungen, welche vom theoretischen Belastungsprofil abweichen, an Wert verliert.

Aufgrund der mangelnden Qualität instandhaltungsrelevanter Daten sowie deren unzureichende Verknüpfung und Auswertung erweist sich das Ableiten eines Minimums aus den Instandhaltungskosten und gesamtsystemischen Ausfallkosten als schwierig. Bestehende Lösungen zur Instandhaltungsplanung sehen nämlich nicht vor, Condition Monitoring-Daten mit Qualitätssicherungsdaten sowie mit bereits erfassten Ausfallmustern und aufgezeichneten Maschinenbelastungen zusammenzuführen. Die Korrelation dieser Daten in Verbindung mit geeigneten Systemmodellen kann allerdings direkt als Entscheidungsgrundlage für die Optimierung von Instandhaltungszeitpunkten, Produktqualität und Energieverbrauch herangezogen werden.

Integrativer Ansatz zur antizipativen Instandhaltungsplanung

Um den aufgezeigten Herausforderungen gerecht zu werden, wird die Entwicklung einer antizipativen Qualitäts- und Instandhaltungsstrategie vorgestellt, welche im Zuge des Forschungsprojektes „Instandhaltung 4.0" mithilfe eines Leitstandes umgesetzt wird.

Die Basis für den integrativen Instandhaltungsansatz stellt die Maschinen-, Produkt- und Prozessperspektive dar. Ausgehend von diesen Perspektiven gilt es, ein Reaktionsmodell zu entwickeln, welches es ermöglicht, alle drei Ebenen miteinander zu verbinden, um Ausfallmomente und Qualitätsabweichungen zu prognostizieren und zu antizipieren. Dieses Reaktionsmodell bietet – eingebunden in den Instandhaltungs-Leitstand – ein Regelwerk, welches antizipative Instandhaltungsmaßnahmen vorschlägt. Die Ableitung des Regelwerks soll zusätzlich durch zustandsorientierte Störungsdiagnostiken, wie z.B. ein Simulationsverfahren, und durch ein datenbasiertes Verfahren, wie z.B. Data Mining, unterstützt werden. Diese Methodik wird mit den folgenden vier Schritten umgesetzt (Tabelle 1):

- *Schritt 1*
  Um das Verhalten des Systems in seinem vollen Funktionsumfang zu er-

Tabelle 1. Methodik des Instandhaltungsleitstandes

Schritt 1: Framework-Entwicklung	
•	Abbildung der Produktionsanlagen auf Komponentenebene mit zugehörigen Lastprofilen
•	Identifikation und Übertragung von Produktionszustand einer Realanlage auf entwickelte Systematik
Schritt 2: Datenanalyse- und Simulationsstudie	
•	Auswahl und Vorbereitung der historischen Daten (Maschinen-, Produkt- und Prozessdaten), Condition Monitoring Daten und Belastungsdaten
•	Untersuchung von instandhaltungsrelevanten Daten, um Rückschlüsse auf Last-induzierte Abnutzung und Qualitätsabweichungen abzuleiten
Schritt 3: Identifikation von Belastungseinflüssen	
•	Klassifikation und Korrelation unterschiedlicher Belastungsszenarien
•	Ableitung, Validierung und Verdichtung der Belastungseinflüsse
Schritt 4: Entwicklung eines integrativen IH-Ansatzes	
•	Ableitung von allgemein gültigen Regeln
•	Implementierung und Testlauf der Reaktionsmodelle im Leitstand

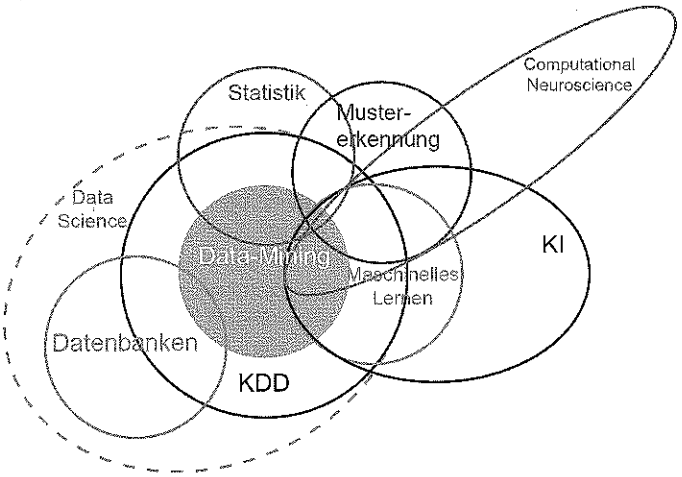


Bild 3. Vielfältigkeit von Data Mining [7]

fassen, wird die Maschine in ihre instandhaltungsrelevanten Komponenten aufgeteilt. Maschinendaten, wie beispielsweise Positionen der Werkzeugschlitten, Stromaufnahme der Antriebseinheiten, Beschleunigungs- und Temperatursensoren, ermöglichen es, Lastkollektive analytisch zu erfassen.

- *Schritt 2*
  Parallel zu Schritt 1 werden historische Maschinen-, Produkt- und Prozessdaten strukturell aufbereitet. Das Generieren von Ursache-Wirkungszusammenhängen aus diesen Datensätzen ermöglicht einerseits die systematische Identifikation von Ausfalleffekten und andererseits das Ableiten von instandhaltungsrelevanten Maschinenparametern. Durch das angewandte Simulationsverfahren können – in Verbindung mit Werkzeugdaten – Prozesskräfte abgeschätzt werden, woraus als Ergebnis die Lastkollektive für das entsprechende NC-Programm abgeleitet werden können.
- *Schritt 3*
  Anschließend können die Belastungsprofile von Maschinen gleicher Bauart, aber unterschiedlichem Produktspektrum verglichen und mit den über den betrachteten Zeitraum aufgezeichneten Ausfallsprotokollen korreliert werden, um Aussagen über verschleißbestimmende Einflussgrößen zu erhalten. In weiterer Folge können unterschiedliche Belastungsszenarien auf dem entwickelten Simulator durchlaufen. Somit lassen sich die möglichen Belastungsfälle klassifiziert und validieren. Die ermittelten Belastungseinflüsse werden als Vorbereitung für den nächsten Schritt verdichtet.
- *Schritt 4*
  Im letzten Schritt werden allgemeingültige Regeln aus den zuvor ermittelten Datensätzen entwickelt. Die Ableitung der Planungsregeln soll dabei durch die Anwendung von Data Mining-Methoden unterstützt werden. Dabei erfolgt die Integration des Data Mining nach dem interaktiven und iterativen KDD-Prozess (Knowledge Discovery in Databases) [6]. Mittels den verwendeten Data Mining-Methoden und der Verknüpfung im Leitstand können halbautomatische und regelbasierte Datenverknüpfungen durchgeführt werden.
  Die generierten Informationen über Trends und Anlagenzustand werden im Leitstand mit aktuellen Planungsdaten aus der Produktion verknüpft. Im integrierten Reaktionsmodell ist ein Regelwerk hinterlegt, das auf Basis instandhaltungsstrategischer Prioritäten und der generierten Informationen im Leitstand antizipative Instandhaltungsmaßnahmen vorschlägt.

Unterstützung durch Data Mining

Data Mining, zur Erkennung von aussagekräftigen Mustern, Zusammenhängen und verwertbarem Wissen in augenscheinlich unzusammenhängenden Daten, ist ein multidisziplinäres Feld (Bild 3), welches eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten bietet. Im Bereich der Instandhaltung werden Methoden des Data Mining erfolgreich angewandt, um Aussagen hinsichtlich Ausfallmuster im Sinne einer vorausschauenden Instandhaltungsplanung zu treffen.

Anders als bei bestehenden Lösungen, bei denen die Schätzung der Restlebensdauer durch gezielte Zustandsüberwachung direkt am jeweiligen Objekt erfolgt, wird bei dem vorgestellten Ansatz der Abnutzungsvorrat der Objekte aufgrund der Veränderungen der Messungen der Qualitätssicherung am Produkt festgestellt.

Untersuchungen an den Qualitätsdaten zeigen, dass an Messpunkten Trends mit deutlichen Trendbrüchen in den Messreihen festzustellen sind. Bild 4 zeigt exemplarisch einen solch deutlichen Trendbruch in einer Messreihe. Die Herausforderung besteht darin, aus der Messreihe eindeutige Merkmale zu extrahieren, um damit eine Klassifikation bzw. eine Prognose durchführen zu können.

Merkmalsextraktion

Eine Möglichkeit zur Merkmalsextraktion ist die Angle Measure Technique,

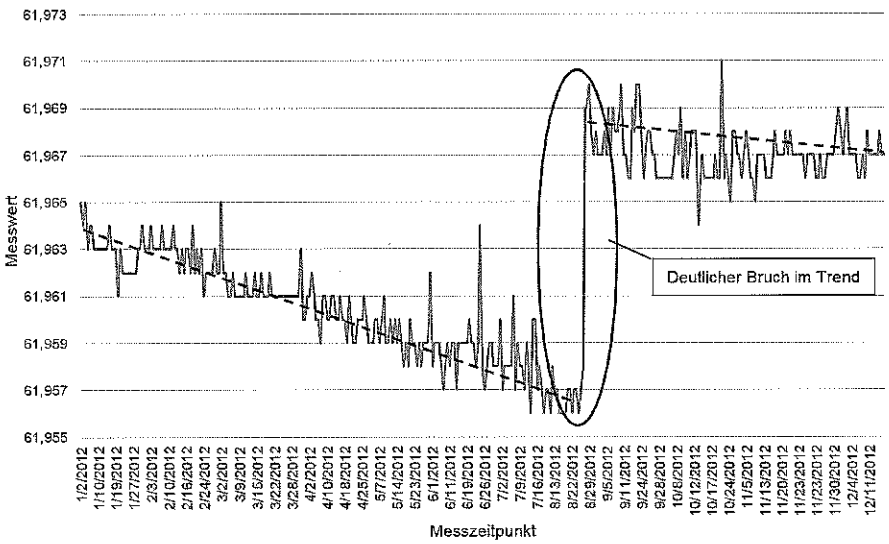


Bild 4. Trendbruch in einer Messreihe

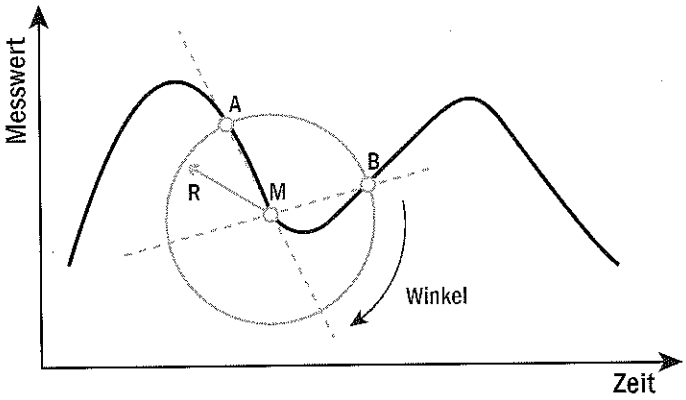


Bild 5. AMT-Methode

welche ursprünglich für die Analyse von geomorphologischen Linien entwickelt wurde [8]. In weiterer Folge wurde die Methode für die Merkmalsgewinnung aus unterschiedlichen Messreihen verwendet, wie aus jenen von Zustandsüberwachungsdaten. Bei der Angle Measure Technique (Bild 5) wird ein Datenpunkt als Mittelpunkt M eines Kreises mit dem Radius R verwendet. Dieser Kreis muss mit der Messkurve zwei eindeutige Schnittpunkte A und B haben. Es werden zwei Geraden g1(A; M) und g2(B; M) gezeichnet. Der Winkel zwischen g1 und g2 dient als Maß für die Komplexität des Signals für die Werte M und R. Bei der Merkmalsgewinnung werden unterschiedliche Werte für M und R verwendet [9]. Mithilfe dieser Merkmale wird ein Modell trainiert, welches die Instandhaltungsfälle den Verläufen der Messkurven zuordnet.

Klassifizierung für Prognose

Die Klassifikation erfolgt mit einem Entscheidungsbaum. Dieses Verfahren eignet sich gut, wenn eine große Anzahl an Merkmalen vorhanden ist. Die Merkmale werden in einer hierarchischen Struktur auf deren Wichtigkeit überprüft und danach gewählt. Die Wichtigkeit ergibt sich aufgrund des Informationsgehaltes oder der Entropie $H(Z)$ eines Merkmales (Formel 1). Dabei ist b_i ein möglicher Wert des Merkmals Z und $p(b_i)$ die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen von bi in der Trainingsmenge. Je höher die Entropie eines Merkmals, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass andere Merkmale ausgeschlossen werden können. Dies führt zu einer erheblichen Vereinfachung und Effizienzsteigerung der Klassifikation [10, 11].

$$H(Z) = \sum_{i=1}^{n} -p(b_i) \cdot log_2(p(b_i)) \quad (1)$$

Ein Entscheidungsbaum ist aus Knoten, Verzweigungen und Blättern aufgebaut (Bild 6). Ein Knoten stellt eine Entscheidung dar. Eine Entscheidung betrifft das Merkmal mit der größten Entropie. Die Verzweigung erfolgt auf eine Weise, dass die Teilung der Menge und die entstehenden Teilbäume möglichst eindeutig und homogen sind. Ein Blatt bildet das Ende des Entscheidungsbaums und ist folglich die Klassifikation eines Objekts. Das Modell wird mit einem bereits klassifizierten Datensatz trainiert und validiert. Der Trainingssatz dient dazu, das Modell möglichst gut an die bereits vorhandene Klassifikation anzupassen. Der Validierungssatz testet die Qualität des Modells. Dabei wird die vom Modell vorgenommene Klassifizierung der ursprünglichen gegenübergestellt [11]. Wird ein noch unklassifiziertes Objekt verwendet, welches über einen Merkmalsvektor verfügt, wird es entsprechend des trainierten und validierten Modells klassifiziert. Dazu werden die Merkmale der Hierarchie des Baums folgend getestet. Das neue Objekt bewegt sich entlang der Verzweigungen im Baum fort und wird am Ende einem Blatt zugeordnet. Dieses Blatt ist die Klassifizierung des Objekts.

Umgelegt auf den hier beschriebenen Anwendungsfall bedeutet das, dass man bekannten Instandhaltungsfällen die Merkmale der Messkurve zuordnet. Damit wird das Modell des Entscheidungsbaums trainiert. Werden neue Messungen durchgeführt und daraus Merkmale erzeugt, werden diese entlang des Entscheidungsbaums bewertet, was zu einer Klassifikation und Identifikation des auftretenden Schadens führt.

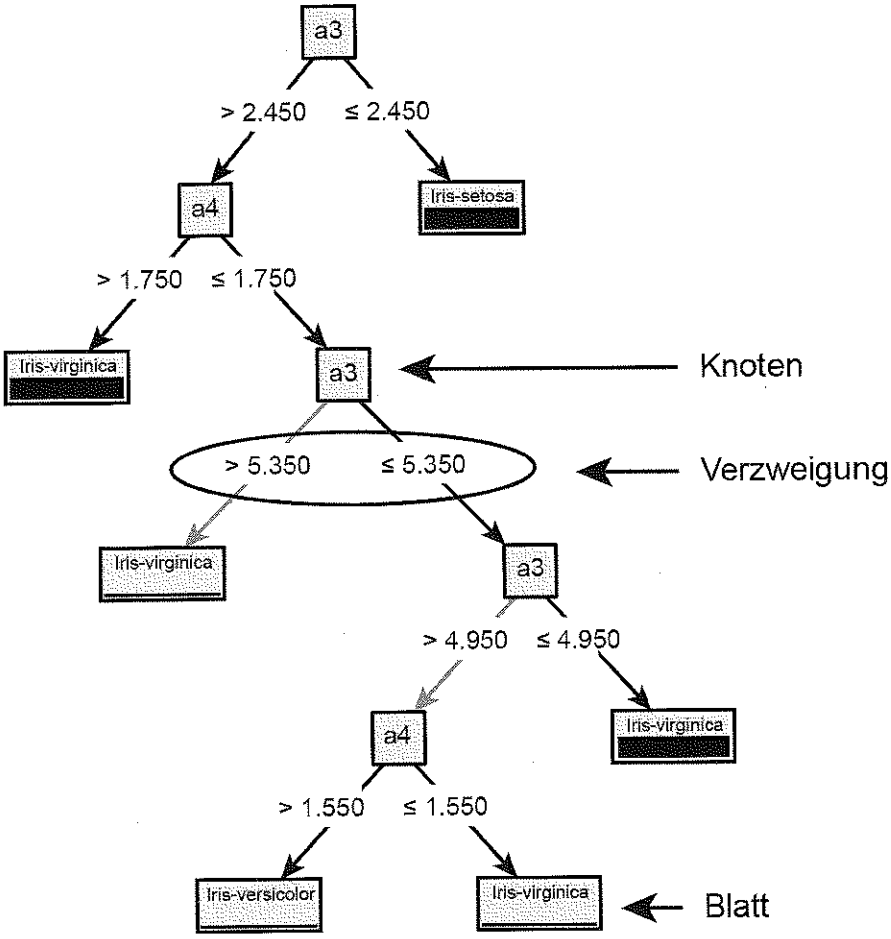


Bild 6. Entscheidungsbaum

Ein weiterer Vorteil von Entscheidungsbäumen, zusätzlich zu jenem der hierarchischen Merkmalsauswahl, ist die Tatsache, dass aus den Entscheidungen in den Knoten ein Regelwerk abgeleitet werden kann [12].

Die größte Herausforderung in der Umsetzungsphase besteht darin, die geeigneten Werte für die Angle Measure Technique-Parameter und die Klassifizierungsparameter des Entscheidungsbaumes zu ermitteln. Zusätzlich muss die zeitliche Untergliederung der Messkurven in geeignete Intervalle erfolgen, aus denen die Merkmale gewonnen werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Der entwickelte Instandhaltungs-Leitstand ist sowohl ein Beispiel für den Einsatz von Planungs- und Simulationswerkzeugen, als auch für die, in Zeiten von Industrie 4.0, immer wichtiger werdende Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Explizit soll hier darauf hingewiesen werden, dass das Ziel der Entwicklung in eine Richtung geht, wo die letzte Entscheidungsinstanz immer noch der Mensch ist und die Hard- und Software darauf ausgelegt ist für den Benutzer eine optimale Entscheidungsgrundlage zu bilden. Der Leitstand, basierend auf einer antizipativen Instandhaltungsstrategie, ermöglicht durch den Einsatz von zustandsorientierter Störungsdiagnostik, wie z.B. Data Mining und Simulationsverfahren, die Produktqualität und Anlagenverfügbarkeit zu gewährleisten, bei gleichzeitiger Minimierung der Instandhaltungskosten. Durch die Übertragung realer Produktdaten auf einen Simulator können verschleißverursachende Fertigungsbedingungen sichtbar gemacht werden ohne in die reale Produktion eines Unternehmens eingreifen zu müssen. Die Verknüpfung der Maschinen-, Produkt- und Prozessperspektive stellt eine Voraussetzung hin zu einer „Null-Fehler-Produktion" dar. Deshalb sollte sowohl firmenintern als auch extern, ein Umdenken des veralteten Mottos: „Welche Kosten verursacht die Instandhaltung?" hin zu einem neuen Motto: „Welche Kosten verhindert Instandhaltung?" stattfinden [2].

Literatur

1. Colledani, M.; Tolio, T.: Integrated Quality, Production Logistics and Maintenance Analysis of Multi-stage Asynchronous Manufacturing Systems with Degrading Machines. Annals of the CIRP 61 (2012) 1, S. 455–458
2. Matyas, K.: Instandhaltungslogistik. 5. vollst. überarb. und erw. Aufl., Carl Hanser Verlag, München, Wien 2013
3. Rasch, A.: Erfolgspotential Instandhaltung. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2000
4. Siener, M.; Aurich, J.C.: Quality Oriented Maintenance Scheduling. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 4 (2011) 1, S. 15–23
5. Wappis J.: Taschenbuch Null-Fehler-Management: Umsetzung von Six Sigma. Carl Hanser Verlag, München, Wien 2010
6. Fayyad, U.M.; Piatetsky-Shapiro, G.; Smyth, P.: From Data-Mining to Knowledge Discovery: An Overview. In: Fayyad, U.M.; Piatetsky-Shapiro, G.; Uthurusamy, R. (Hrsg.): Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. AAAI Press, Menlo Park, Calif. 1996. The MIT Pr.,Cambridge, Mass. 1996, S. 1–34
7. Hall, P.; Dean, J.; Kabul, I.K.; Silva, J.: An Overview of Machine Learning with SAS® Enterprise Miner™ .Paper SAS313-2014, 2014. S.1–24
8. Kucheryavski, S.V.; Kvaal, K.; Halstensen, M.; Mortensen, P.P.; Dahl, C.K.; Minkkinen, P.; Esbensen K.H.: Optimal Corrections for Digitization and Quantification Effects in Angle Measure Technique (AMT) Texture Analysis. Journal of Chemometrics 22 (2008) 11–12, S. 722–737
9. Schenkendorf, R.; Böhm, T.: Aspekte einer datengetriebenen, zustandsabhängigen Instandhaltung – Teil 1: Informative Merkmalsextraktion als Basis einer zuverlässigen Zustandsdiagnose. Eisenbahningenieur (2014) November, S. 14–18
10. Runkler, T.A.: Data Mining: Methoden und Algorithmen intelligenter Datenanalyse. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2010
11. Loh, W.-Y.: Classification and regression trees. WIREs Data Mining and Knowledge Discovery (2011) 1, S. 14–23
12. Cleve, J.; Lämmel, U.: Data Mining. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2014

Die Autoren dieses Beitrags

Dipl.-Ing. Tanja Nemeth, geb. 1989, und Dipl.-Ing. Robert Glawar, geb. 1986, sind Wissenschaftliche Mitarbeiter an der Technischen Universität Wien und bei Fraunhofer Austria auf dem Gebiet der Produktionsoptimierung und Industrial Engineering.

Dipl.-Ing. Robert Bernerstätter, geb. 1984, ist seit 2014 am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften an der Montanuniversität Leoben. Seine Schwerpunkte liegen im Bereich Anlagen- und Produktionsmanagement in Kombination mit Data-Analytics.

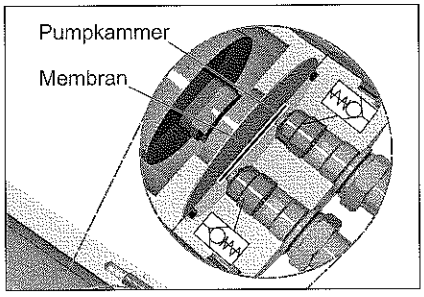
Prof. Dr. Kurt Matyas, geb. 1963, forscht und lehrt am Institut für Managementwissenschaften der Technischen Universität Wien und ist Studiendekan der Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften.

Prof. Dr. Wilfried Sihn, geb. 1955, leitet seit 2004 den Bereich für Betriebstechnik und Systemplanung am Institut für Managementwissenschaften an der Technischen Universität Wien und ist Geschäftsführer von Fraunhofer Austria.

Summary

Maintenance 4.0 – Ensuring Product Quality and Plant Availability by a Real-time based Maintenance Control Center. A high plant availability accompanied by a high level of product quality is an important prerequisite to secure on-time production. The aim of maintenance planning is the minimization of wear effects and hence costs, quality- and availability impairments of production facilities by applying appropriate maintenance measures at the best point in time. For this purpose, a maintenance control center is developed, which is able to forecast and anticipate failure moments and reveal variation in quality on a real-time basis by linking various data.

Den Beitrag als PDF finden Sie unter:
www.zwf-online.de
Dokumentennummer: ZW 111373



Berend Denkena und Lars Hülsemeyer: Piezohydraulische Feinjustierung von Großbauteilen

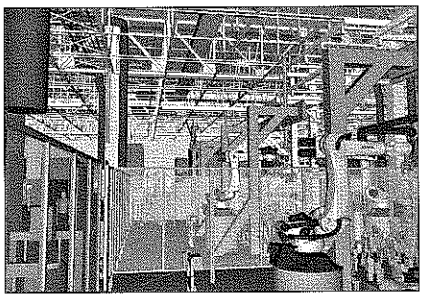
Eine automatisierte Feinausrichtung von tonnenschweren Großbauteilen in Werkzeugmaschinen bietet enormes Einsparpotenzial bezüglich der Rüstzeiten. Am Beispiel einer Profilschleifmaschine wird erstmals eine piezohydraulische Feinpositioniereinheit mit vier Freiheitsgraden hinsichtlich industrieller Anforderungen entwickelt und erprobt. Dieser Beitrag stellt den zugrundeliegenden Lösungsansatz dar und belegt eine Positionierauflösung der Antriebseinheit im Mikrometerbereich bei ausreichender Stellkraft.

Rouven Vierfuß et al: Wertschöpfungssystem plus Industrie 4.0

Die Einführung von ganzheitlichen Produktionssystemen hat zu deutlichen Effizienzsteigerungen in den Fabriken geführt. In der gleichen Zeit haben sich die Anforderungen an produzierende Unternehmen weiter verschärft. Daher stellt sich die Frage, welche Methoden zukünftig geeignet sind, um weitere Potenziale zu heben. In diesem Kontext wird aktuell die vierte industrielle Revolution diskutiert, die durch das Internet der Dinge und Dienste die Smart Factory ermöglichen soll. Dieser Beitrag geht auf diese Entwicklung bei Miele und dessen Konsequenzen ein.

Uwe Bracht et al.: Vernetzung eines virtuellen Projektraums mit dem Fabrik-DMU

Heutzutage werden Fabriken durch verschiedene Planungspartner in unterschiedlichen Ländern global geplant und nach erfolgter virtueller Absicherung realisiert. Eine gute Planung kann den Aufbau einer Fabrik wesentlich vereinfachen und Änderungskosten während der Realisierung reduzieren. Besonders für Großunternehmen, wie die Volkswagen AG, kann daher eine Verknüpfung des Fabrik-DMU mit einem virtuellen Projektraum sinnvoll sein.



IMPRESSUM

Arbeitsgebiet
Die Zeitschrift vermittelt einen umfassenden Überblick über den Entwicklungsstand der industriellen Produktionstechnik. In Originalbeiträgen, die schwerpunktmäßig auf die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Fertigungsprozessen ausgerichtet sind, berichtet sie über Rechnerunterstützte Konstruktion (CAD), Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung, Rechnerintegrierte Fertigung, Materialflussautomation, Fabrikanlagen und -einrichtungen sowie neue Technologien in der Werkstofftechnik. Weiter wird aktuell über Produktionstechnische Neuerungen und Innovationen berichtet.

Organschaft
Die Zeitschrift ist Organ des VDI-Kompetenzfeldes Informationstechnik (VDI-KfIT).

Wissenschaftlicher Beirat
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier
Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn
33102 Paderborn
Telefon: (05251) 606267, Telefax: (05251) 606268
E-Mail: juergen.gausemeier@hni.uni-paderborn.de
www.wigep.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h.
Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Reimund Neugebauer
Technische Universität Chemnitz
Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse
Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
09107 Chemnitz
Telefon: +49 (0)371-531 23500,
Telefax: +49 (0)371-531 23509
E-Mail: reimund.neugebauer@mb.tu-chemnitz.de

Redaktion
Dipl.-Ing. Yetvart Ficiciyan (verantwortlich),
Pascalstraße 8-9, D-10587 Berlin,
Telefon: +49/30/22 190553,
Telefax: +49/30/31 425895,
zwf@mediatech-berlin.de

ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb

Verlag
Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Kolbergerstraße 22,
D-81679 München oder Postfach 86 04 20,
D-81631 München, Telefon +49/89/99830-0,
Telefax +49/89/98480 9, www.hanser.de
ISSN 0947-0085

Geschäftsführung
Wolfgang Beisler, Stephan D. Jo8 und Jo Lendle

Anzeigenleitung
Regine Schmidt, Telefon +49/89/99830-664,
Fax: +49/89/99830-623, regine.schmidt@hanser.de

Abo/Vertrieb
Kristin Großkopf, Tel.: +49/89/99830-111,
Fax: +49/89/98480 9, abo-service@hanser.de

Abonnement
ZWF erscheint zehnmal jährlich. Der Preis für ein Jahresabonnement Print plus Online – inkl. Zugriff auf alle Ausgaben bis 2001 – beträgt (Personal Rate) € 436,00 (sFr 767,00): € 358,00 (sFr 630,00) Print plus € 78,00 (sFr 137,00) Online; (Institutional Rate) € 759,00 (sFr 1335,00): € 648,00 (sFr 1140,00) Print plus € 111,00 (sFr 195,00) Online. Jahresvorzugspreis für VDI-Mitglieder (Personal Rate) € 327,00 (sFr 573,00): € 268,00 (sFr 470,00) Print plus € 59,00 (sFr 103,00) Online; (Institutional Rate) € 570,00 (sFr 1003,00): € 487,00 (sFr 857,00) Print plus € 83,00 (sFr 146,00) Online. Jahresvorzugspreis für Studenten gegen Vorlage einer Immatrikulationsbescheinigung € 273,00 (sFr 480,00): € 224,00 (sFr 394,00) Print plus € 49,00 (sFr 86,00) Online.
Der Preis für ein Jahresabonnement Online Only – inkl. Zugriff auf alle Ausgaben bis 2001 – beträgt (Personal Rate) € 359,00 (sFr 631,00); (Institutional Rate) € 649,00 (sFr 1141,00). Jahresvorzugspreis für VDI-Mitglieder (Personal Rate) € 269,00 (sFr 471,00); (Institutional Rate) € 488,00 (sFr 858,00). Jahresvorzugspreis für Studenten gegen Vorlage einer Immatrikulationsbescheinigung € 225,00 (sFr 395,00).
Printausgabe zzgl. Versandkosten: Inland € 12,00 (sFr 21,00); Ausland mit Normalpost € 26,00 (sFr 45,50); Ausland mit Luftpost € 33,00.
Preisänderungen vorbehalten. Die Abonnementdauer beträgt ein Jahr. Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht spätestens sechs Wochen vor Ablauf des Bezugsjahres schriftlich gekündigt wird.

Herstellungsleitung
Hadrian Zett (verantwortlich), Telefon +49/89/9 98 30-4 20.

Druck
Satz, Druck und Bindearbeiten: druckhaus köthen GmbH & Co. KG, Friedrichstr. 11/12, D-06366 Köthen. Printed in Germany.

Urheber- und Verlagsrecht
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Annahme des Manuskripts gehen das Recht der Veröffentlichung sowie die Rechte zur Übersetzung, zur Vergabe von Nachdruckrechten, zur elektronischen Speicherung in Datenbanken, zur Herstellung von Sonderdrucken, Fotokopien und Mikrokopien an den Verlag über. Jede Verwertung außerhalb der durch das Urheberrechtsgesetz festgelegten Grenzen ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Die Rechte für die Nutzung von Artikeln für elektronische Pressespiegel erhalten Sie über die PMG Presse-Monitor GmbH, Tel.: +49/30/2 84 93-0 oder www.presse-monitor.de.

Gebrauchsnamen
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dgl. in dieser Zeitschrift berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen ohne weiteres von jedermann benutzt werden dürfen; oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

© Copyright by Carl Hanser Verlag, München 2015

HANSER