



Intelligente, lernorientierte Instandhaltung

TÜV Media

# Smart Maintenance

H. Biedermann (Hrsg.)

# Smart Maintenance

- Leseprobe -

# Praxiswissen für Ingenieure – Instandhaltung

Herausgegeben von o.Univ.Prof.Dr. Hubert Biedermann  
Department Wirtschafts- und Betriebswissenschaften  
an der Montanuniversität Leoben



Dieses E-Book wurde von der  
ÖVIA (Österreichische technisch-wissenschaftliche  
Vereinigung für Instandhaltung & Anlagenwirtschaft) erstellt.

- Leseprobe -

**Intelligente, lernorientierte Instandhaltung**

**29. Instandhaltungsforum**

**TÜV Media**

# Smart Maintenance

H. Biedermann (Hrsg.)

**Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie. Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-7406-0286-4

© by TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland Group, Köln 2015

® TÜV, TUEV und TUV sind eingetragene Marken der TÜV Rheinland Group.  
Eine Nutzung und Verwendung bedarf der vorherigen Zustimmung durch das Unternehmen.

Gesamtherstellung: TÜV Media GmbH, Köln 2015

## Inhaltsverzeichnis

### Autorenverzeichnis

7

## Industrie 4.0 – Bedeutung für Produktion und Instandhaltung

### Industrie 4.0 – Sind wir bereit?

11

Heinz Moitzi, Sandra Lamm, Wolfgang Promberger, Manfred Ofner

### Smart Maintenance: Intelligente, lernorientierte Instandhaltung

23

Hubert Biedermann

## Smarte Lösungen für die Instandhaltung

### Cyber-Physische Systeme in der Instandhaltung: Herausforderungen und Chancen

35

Egon Müller, Hendrik Hopf, Michael Clauß, Frank Börner

### Condition Monitoring zur Unterstützung der Instandhaltung 4.0: Erwartungen, Möglichkeiten und Grenzen

53

Bruno van den Heuvel

### Smartes Ersatzteilmanagement unter den Zwängen von Lagerbestand versus Produktionsausfall: Condition Monitoring als Schlüssel zum Erfolg

69

Wilhelm Hodapp

### Informatisierung und Vernetzung: Ein Ansatz für die prädiktive Instandhaltung von Umformmaschinen

83

Markus Wabner, Marko Friedemann, Robert Tehel, Tino Langer, Jochen Fischer, Thomas Päßler, Steffen Ihlenfeldt, Peter Blau, Matthias Putz, Martin Riedel

### Wartungsunterstützung durch dynamische Fehlerbäume: Erkenntnisse aus der Instandhaltung systematisch sammeln und zur Entscheidungsunterstützung nutzen

103

Ralf Gitzel, Sylvia Maczey, Barry Kleine, Benjamin Klöpfer, Simone Turrin

## **Smart Maintenance in der Praxis**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Trends &amp; Entwicklungen im After Sales Service des Industrie 4.0 orientierten Anlagenbaus</b> | <b>113</b> |
| Gerald Hofer, Manfred Fuchs   |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>„Ready to Race“ – Innovation und permanente Veränderung als Motor am Weg zu Industrie 4.0: Anwendungsbeispiele und Ausblick aus Sicht eines Fahrzeugherstellers</b> | <b>127</b> |
| Walter Uitz  |            |

## **Smarte Informationstechnologien in der Instandhaltung 4.0**

|  |            |
|--|------------|
| <b>Anwendungsszenarien von mobilen und ubiquitären Technologien in der Instandhaltung: Von der Checkliste auf Papier zum mobilen Assistenten</b> | <b>141</b> |
| Christine Legner   |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Wiener Linien: Smart Maintenance auf Schiene gebracht</b> | <b>151</b> |
| Bernd Förlinger  |            |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Kennzahlen in Smart Maintenance: Entwicklung eines Kennzahlen-Cockpits für die Instandhaltung unterstützt durch Datenanalysemethoden</b> | <b>161</b> |
| Bernd Kleindienst, Robert Bernerstätter   |            |

## **Management- und Organisationskonzepte**

|  |            |
|--|------------|
| <b>Methoden und Perspektiven zur ergonomischen Bewertung und Gestaltung langzyklischer Tätigkeiten in der Fahrzeuginstandhaltung</b> | <b>181</b> |
| Peter Kuhlmann, Steffen Rast, Sören Liebig, Anni Lüben, Thomas Finsterbusch, Thomas Mühlbradt  |            |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Der Mensch im Umfeld von Smart Production Systems: Zukunftsausblick und innovative Umsetzungsbeispiele</b> | <b>195</b> |
| Franz Eberhart  |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Smart Maintenance durch kombinierte Produktions- und Instandhaltungsplanung: Ein simulationsgestützter Optimierungsansatz</b> | <b>209</b> |
| Marian Köller, Berend Denkena  |            |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Anlagenspezifische Instandhaltungsstrategiewahl durch strukturierte Anlagenbewertung</b> | <b>221</b> |
| Alfred Kinz, Hubert Biedermann  |            |

## Autorenverzeichnis

### Robert Bernerstätter

Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften  
Montanuniversität Leoben

### Hubert Biedermann

o.Univ.-Prof. Dr.mont., Departmentleiter, Präsident der ÖVIA  
Department Wirtschafts- und Betriebswissenschaften  
Montanuniversität Leoben

### Frank Börner

Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Technische Universität Chemnitz  
Chemnitz

### Michael Clauß

Dr.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Technische Universität Chemnitz  
Chemnitz

### Berend Denkena

Prof. Dr.-Ing., Institutsleiter für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen  
Leibniz Universität Hannover  
Garbsen/Hannover

### Franz Eberhart

Dipl.-Ing. (FH), R&D Industrie 4.0  
M&R Automation GmbH  
Grambach/Graz

### Thomas Finsterbusch

Dipl.-Ing., Leiter Entwicklung MTM-Bausteinssysteme  
Deutsche MTM-Vereinigung e.V.  
Zeuthen

### Marko Friedemann

Dipl.-Inf., Wissenschaftlicher Mitarbeiter Informationsmanagement Produktion  
Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU  
Chemnitz

### Manfred Fuchs

Dr., Director Customer Service  
Knapp AG  
Hart/Graz

### Bernd Furlinger

Dipl.-Ing., Leitung Manufacturing Execution Systems CEE  
Atos IT Solutions and Services GmbH  
Wien

### Ralf Gitzel

Dr., Principal Scientist  
ABB Forschungszentrum  
Ladenburg

### Bruno van den Heuvel

Dr.-Ing., Leiter Bereich Diagnose/Dienstleistungen  
RWE Power AG  
Frechen



**Wilhelm Hodapp**

Dipl.-Ing., Lehrbeauftragter für Instandhaltung  
 Duale Hochschule Baden Württemberger  
 Eppelheim

**Gerald Hofer**

Ing., MBA; Vorstandsvorsitzender  
 Knapp AG  
 Hart/Graz

**Hendrik Hopf**

Dipl.-Ing. (FH), Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Technische Universität Chemnitz  
 Chemnitz

**Alfred Kinz**

Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Geschäftsführer der ÖVIA  
 Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften  
 Montanuniversität Leoben

**Bernd Kleindienst**

Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften  
 Montanuniversität Leoben

**Barry Kleine**

Privatier  
 Neuseeland

**Benjamin Klöpper**

Dr.-Ing., Senior Scientist  
 ABB Forschungszentrum  
 Ladenburg

**Marian Köller**

Dipl.-Wirtsch.-Ing., Bereichsleiter Fertigungsplanung und -organisation  
 Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, Leibniz Universität Hannover  
 Garbsen

**Peter Kuhlang**

Prof. Dr., Geschäftsführender Leiter MTM-Institut  
 Deutsche MTM-Vereinigung e.V.  
 Zeuthen

**Sandra Lamm**

Dipl.-Ing. (FH), Project Manager Manufacturing  
 AT&S AG  
 Hinternberg

**Christine Legner**

Prof. Dr., Professorin für Wirtschaftsinformatik  
 Universität Lausanne  
 Lausanne

**Sören Liebig**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
 Deutsche MTM-Vereinigung e.V.  
 Zeuthen

**Anni Lüben**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
 Deutsche MTM-Vereinigung e.V.  
 Zeuthen

**Sylvia Maczey**

Scientist  
ABB Forschungszentrum  
Ladenburg

**Heinz Moitzi**

Ing., Vorstandsdirektor Technik  
AT&S AG  
Wien

**Thomas Mühlbradt**

Dr., Leiter Forschung  
Deutsche MTM-Vereinigung e.V.  
Zeuthen

**Egon Müller**

Prof. Dr.-Ing., Institutsleiter  
Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Technische Universität Chemnitz  
Chemnitz

**Manfred Ofner**

Dipl.-Ing., Group Manager IT  
AT&S AG  
Hinterberg

**Wolfgang Promberger**

Dipl.-Ing. (FH), Group Manager Business Process Excellence  
AT&S AG  
Hinterberg

**Steffen Rast**

Dr., Leiter Ergonomie  
Deutsche MTM-Vereinigung e.V.  
Zeuthen

**Martin Riedel**

Dipl.-Ing., Technisches Marketing und Produkt-Konzeption  
imc Meßsysteme GmbH  
Berlin

**Simone Turrin**

Dr.-Ing., Senior Scientist  
ABB Forschungszentrum  
Ladenburg

**Walter Uitz**

Dipl.-Ing., Bereichsleiter Produktion  
KTM AG  
Mattighofen

**Markus Wabner**

Dipl.-Ing., Gruppenleiter Werkzeugmaschinen  
Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU  
Chemnitz

- Leseprobe -

# Industrie 4.0 – Sind wir bereit?

**Heinz Moitzi, Sandra Lamm, Wolfgang Promberger, Manfred Ofner**

*Als einer der weltweit führenden Produzenten von technologisch hochwertigen Leiterplatten positioniert sich AT&S erfolgreich in einem hochdynamischen Markt. Um in diesem – von asiatischen Mitbewerbern dominierten – Markt kompetitiv zu bleiben, ist die Beschäftigung mit dem Thema Industrie 4.0 eine Voraussetzung. Unsere Aktivitäten zu diesem Thema konzentrieren sich derzeit vor allem auf den Bereich Produktion – also die Herstellung der Leiterplatten. Ziel ist es, mit Hilfe von Industrie 4.0 unsere Effizienz, die Qualität und/oder die Flexibilität zu erhöhen. Um unserer Zielvorstellung – einer modernen digitalen Fabrik – näher zu kommen, bedarf es vor allem im Produktionsprozess einer genauen Planung, Transparenz und Nachvollziehbarkeit: dies bedingt effiziente Systeme und Funktionen, die klar aufeinander abgestimmt und abgegrenzt sein müssen. AT&S hat sich aufgrund dieser neuen Herausforderungen entschieden, an ihren Standorten ein MES (Manufacturing Execution System) schrittweise einzuführen.*

## 1 Einleitung

Die Fabrik der Zukunft ist keine große, unüberschaubare Produktionsstätte in einem Billiglohnland, sie ist vielmehr ein flexibles Konzept, in der die Produktion vernetzt und verteilt stattfindet. Die Möglichkeit, zwischen Maschinen und zu fertigenden Produkten zu kommunizieren, wird verstärkt zu Kleinserien und noch mehr zu Fertigungen nach Bedarf und individuellen Kundenwünschen führen.

Daher ist auch klar, dass Industrie 4.0 kein reines Großindustriethema ist: es betrifft alle Teilnehmer von Produktions-Wertschöpfungsketten.

Das Thema ist nicht neu: Operational Excellence – innerhalb eines abgesteckten Bereiches oder Systems besser, schneller oder billiger zu sein – war bisher ein Ausdruck dafür.

Im Rahmen des neuen Zugangs zu Industrie 4.0 wird das System ganzheitlich betrachtet, man denkt in Prozessen, immer End-to-End und versucht, etwas revolutionär zu verändern. Der Mensch hat immer nach Lösungen gesucht, die das Leben erleichtern oder die Arbeit abnehmen. Waren es in der Vergangenheit einfache Maschinen wie das Rad, so sind es heute Roboter oder hochintelligente Maschinen, die die Durchführung von komplexen, monotonen Arbeiten sieben Tage die Woche 24 Stunden am Tag besser beherrschen als Menschen.

## 2 Was bedeutet Industrie 4.0 bei AT&S – und in der Instandhaltung?

Der Begriff Industrie 4.0 umfasst allgemein viele Themen, daher unterscheiden wir bei AT&S, ob wir in diesem Zusammenhang über unser Produkt oder über die Produktion der Leiterplatten sprechen. Im Kontext „Produkt“ diskutieren wir z.B. über neue mögliche Dienstleistungen, im Kontext „Produktion“ – hier haben wir bisher unseren Schwerpunkt gesetzt – diskutieren wir über die Abläufe und die Umgebung im Zusammenhang mit der

Herstellung unserer Leiterplatten. Unsere Industrie 4.0-Aktivitäten zielen immer entweder auf die Erhöhung der Effizienz, der Qualität und/oder der Flexibilität ab.

Was heißt dies nun für unsere Produktionsanlagen der Zukunft?

Unter Verwendung der neuen Informations- und Kommunikationstechnologien in der Produktion sind wir in der Lage, Maschinen und Produkte mit Sensoren auszustatten und miteinander zu vernetzen. Dies ermöglicht weitgehend selbst organisierende Abläufe, optimale Produktionsprozesse unter geringstem Ressourceneinsatz sowie eine vollständige Nachvollziehbarkeit und Dokumentation des Herstellprozesses.

Dies bringt unglaubliche Vorteile im Fall einer Maschinen- oder Infrastrukturstörung: bei Maschinenausfällen kann viel rascher und zielgerichteter reagiert werden. Es können benötigte Ersatzteile eigenständig bestellt werden oder der Prozessablauf automatisch dahingehend abgeändert werden, sodass eine defekte Maschine bis zur Behebung der Störung umgangen wird.

Das Thema Industrie 4.0 ist für uns nicht neu und wir beschäftigen uns de facto schon seit einigen Jahren mit diversen Projekten in diesem Bereich (so haben wir z.B. bereits seit 2005 eine automatische Versorgung der Grundchemikalien an den AT&S Standorten durch unsere Lieferanten. Diese überwachen die Füllstände online und liefern bei Bedarf die benötigte Grundchemie.

Ein weiterer Ansatz für die horizontale Integration – welche von zentraler Bedeutung für Industrie 4.0 ist – ist die enge Zusammenarbeit mit unseren Maschinenlieferanten. Bei unseren Anlagen, die auf unsere speziellen Bedürfnisse ausgerichtet sind, ist eine enge Kooperation mit den Maschinenlieferanten unabdingbar. Für die Fehlerbehebung und Optimierung sind nicht nur Prozesskenntnisse, sondern auch Maschinenkenntnisse von großer Bedeutung. Des Weiteren arbeiten wir mit unseren Kunden immer an der Verbesserung unserer Services (z. B. Verfügbarkeit von Prüfberichten, zusätzliche Prozessdaten).

An dieser Stelle sei noch kurz erwähnt, was wir unter Digitalisierung verstehen: und zwar verschiedene Situationen und Ist-Zustände digital (d.h. in Ziffern) zu beschreiben. Dies ermöglicht uns, diese gesammelten Daten lesbar, übermittelbar, speicherbar, messbar, verfolgbar und vor allem auswertbar zu machen. Eine der größten Herausforderung im Zusammenhang mit Daten ist die sinnvolle Nutzung derer (z.B. Ableitung von Ereignissen, Vorhersagen von Maschinenausfällen, etc.).

Es ist uns bewusst, dass uns das Sammeln all dieser Daten nicht nur große Möglichkeiten eröffnet, sondern auch einige Risiken zu bedenken sind. Das heißt konkret, dass wir mit den gesammelten Daten sorgfältig umgehen und darauf achten müssen, dass diese geschützt und nicht manipuliert und/oder missbräuchlich verwendet werden können.

Unsere Werke haben eine jeweils unterschiedliche Ausrichtung: das Werk in Shanghai beispielsweise produziert Großserien (z.B. Leiterplatten für Smartphones,...), im Werk in Leoben-Hinterberg liegt der Schwerpunkt auf Flexibilität. Hier werden eher Klein- bis Kleinstserien mit relativ kurzen Durchlaufzeiten produziert – die Zukunft geht in Richtung Losgröße 1.

In Abbildung 1 ist die Entwicklung der Industrie bis heute dargestellt. Industrie 4.0 soll Losgröße 1 durch Vernetzung effizient und kostengünstig realisieren.

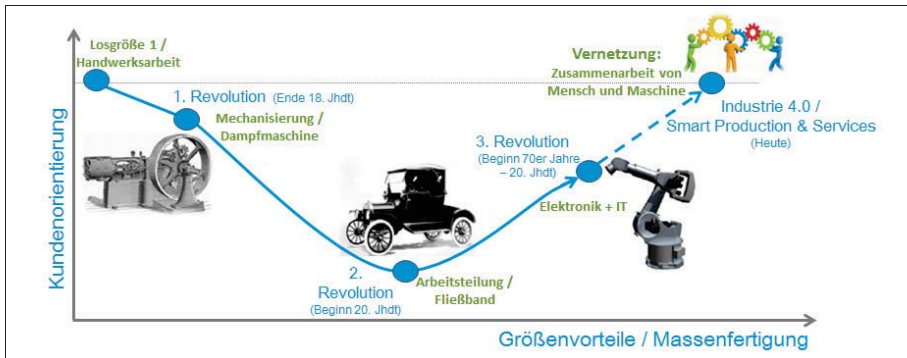


Abbildung 1: Entwicklung der Industrie bis heute<sup>1</sup>

Wie sehen wir das Thema Industrie 4.0 in der Instandhaltung?

Wir sind bereits heute von einer nach Betriebsstunden oder fixen Wochentagen abhängigen Instandhaltung übergegangen auf teilweise qualitätsabhängige Merkmale oder Messgrößen zu reagieren, die einen Instandhaltungseinsatz verlangen. Für die Zukunft der Instandhaltung im Rahmen von Industrie 4.0 sehen wir eine hohe Priorität in der Einführung von mobilen Endgeräten und in der Sammlung und Analyse der Anlagen- und Prozessdaten – nicht nur für die Produktion sondern eben auch für die Instandhaltung.<sup>2</sup>

Die Einführung von mobilen Endgeräten in der Instandhaltung wollen wir durch ein in Vorbereitung befindliches Projekt „Maintenance 4.0“ mit dem Schwerpunkt Remote Maintenance und generelle Unterstützung durch Informationstechnologie (IT) forcieren. So können beispielsweise Instandhaltungsmitarbeiter mit Tablets ausgestattet werden, mit denen sie jederzeit in die ihnen zugeteilten Wartungsaufträge einsehen und nach Erledigung auch von dort rückmelden können. Damit können administrative Aufwände reduziert und auch Zeit eingespart werden. Des Weiteren wäre es möglich, dem Instandhaltungstechniker - wenn er bei der zu reparierenden Maschine ankommt - die bisherigen Maintenance-Aktivitäten anzuzeigen und ihn dadurch bei der Fehlersuche zu unterstützen.

### 3 Motivation für unsere Anstrengungen

Dass wir bei AT&S, als einer der führenden Leiterplattenhersteller weltweit, in Richtung Industrie 4.0 denken, beruht auf den Forderungen des Marktes, sich permanent bei Technologie, Qualität und Kosten weiter zu entwickeln. Dazu ein Beispiel: in der Vergangenheit lag die Vorgabe des Kunden bei einer Leiterzugsbreite von nominal 100µm und einer Toleranz von +/- 20 Prozent auf der Leiterplatte, heute werden 40µm nominal mit einer Toleranz von +/- 10 Prozent gefordert. Daran erkennt man, dass nicht nur die Anforderungen steigen (Nominalwerte sinken) – und wir daher permanent an unserer Technologieentwicklung arbeiten müssen – sondern auch die Prozessfenster (in diesem Beispiel von 40µm Toleranz auf 8µm Toleranz) permanent enger werden.

<sup>1</sup> Nach Martin Wilfing, Virtuelles Fahrzeug, Juni 2015

<sup>2</sup> Vgl. Jahrbuch Instandhaltungstage 2015

Paart man diese Technologie- und Qualitätsansprüche unserer Kunden mit den Wünschen nach immer günstiger werdenden Leiterplatten, ergibt sich „automatisch“ eine enorm hohe Relevanz von Industrie 4.0 bei AT&S: diese Prozesse erlauben uns effizienter und flexibler und trotzdem qualitativ hochwertigere Produkte herzustellen (bzw. Produkte mit einem höheren Yield, das bedeutet mit einer niedrigen Ausschussrate, zu produzieren).<sup>3</sup>

Basierend auf diesen stetig steigenden Technologie- und Qualitätsansprüchen ist auch die Instandhaltung gefordert, sich weiter zu entwickeln und die Fertigungsanlagen kontinuierlich in einem perfekten Produktionszustand zu halten.

#### **4 Voraussetzungen schaffen**

Um unserer Zielvorstellung der modernen digitalen Fabrik näher zu kommen, bedarf es speziell im Fertigungsprozess einer genauen Planung sowie Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Dies bedingt eine effiziente IT-Landkarte, in der die Funktionen und Systeme klar aufeinander abgestimmt und auch abgegrenzt sind.

Durch die Einführung dieser Systeme wird eine nahtlose, vertikale Integration ermöglicht und eine hohe Flexibilität hinsichtlich Auftragsänderungen, Variantenmix und Prozessänderungen sichergestellt. Des Weiteren wird ein komplett durchgängiger Informationsfluss gewährleistet – vom Kundenauftrag bis zur Parameterübergabe an die Maschinensteuerung.<sup>4</sup>

##### **4.1 Manufacturing Execution System (MES) - Einbindung in die unternehmensweite Systemlandschaft**

Zur Erreichung dieser Zielvorstellung haben wir entschieden, ein MES in unserem neuen Werk in Chongqing, China, einzuführen und auch in unserem Werk Leoben-Hinterberg wird in einem Teilbereich das MES implementiert. Dadurch bilden wir die Basis für Industrie 4.0 und die Verfügbarkeit von Informationen in Echtzeit.

Die Basis für unser Metamodell basiert auf folgenden Informationen:

- Grundlagen der Digitalen Fabrik sowie Hinweise zum Datenmanagement und zur Systemarchitektur, welche von dem VDI (Verband der Deutschen Ingenieure) herausgegeben wurden.<sup>5</sup>
- Standards des ISA95 Komitees, die die Schnittstelle zwischen Kontrollfunktionen und anderen Unternehmensfunktionen definieren. In diesem Standard wurden auch Modelle dargestellt, die Aktivitäten von Produktionsbetrieben definieren.<sup>6</sup>
- Praktische Erkenntnisse aus den Erfahrungen im eigenen Hause mit Eigenentwicklungen und den Features der unterschiedlichen Hersteller-Produkte.

<sup>3</sup> Mit Industrie 4.0 wird die Flexibilität gesteigert, weil Informationen in Echtzeit zur Verfügung stehen; die Effizienz in der Fertigung z.B. durch den Einsatz von OEE-Messungen (Overall Equipment Effectiveness) verbessert.

<sup>4</sup> Vgl. <http://news.sap.com/germany/2014/08/22/industrie-4-0-zwei-beispiele-fur-die-fabrik-der-zukunft/>

<sup>5</sup> Vgl. VDI Richtlinie 4499

<sup>6</sup> Vgl. ANSI/ISA – 95.00.01-2000

Abbildung 2 gibt einen Überblick über die einzelnen Funktionalitäten der definierten Business Layer.

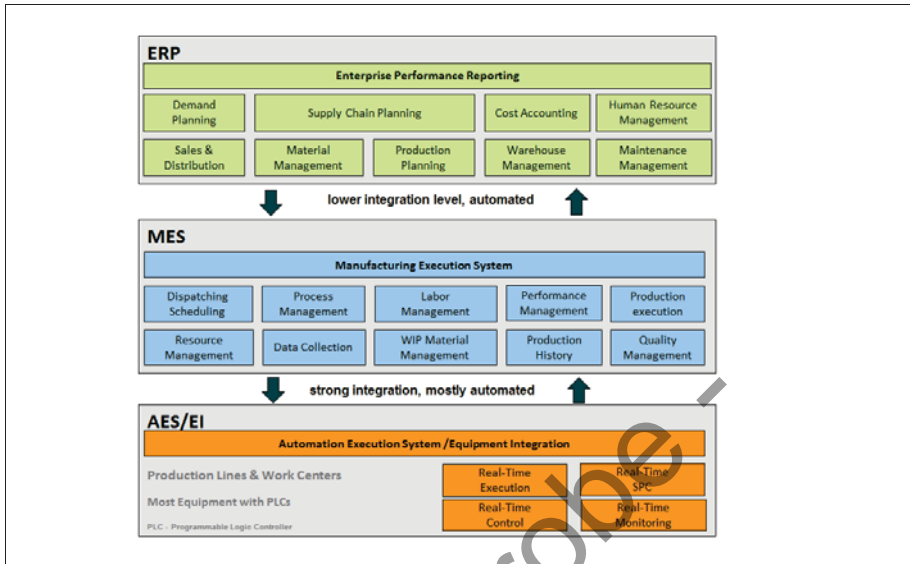


Abbildung 2: Überblick der zukünftigen Funktionalitäten der IT-Systeme in der AT&S

In Abbildung 3 sind die einzelnen Business Layer inklusive einer kurzen Beschreibung dargestellt:

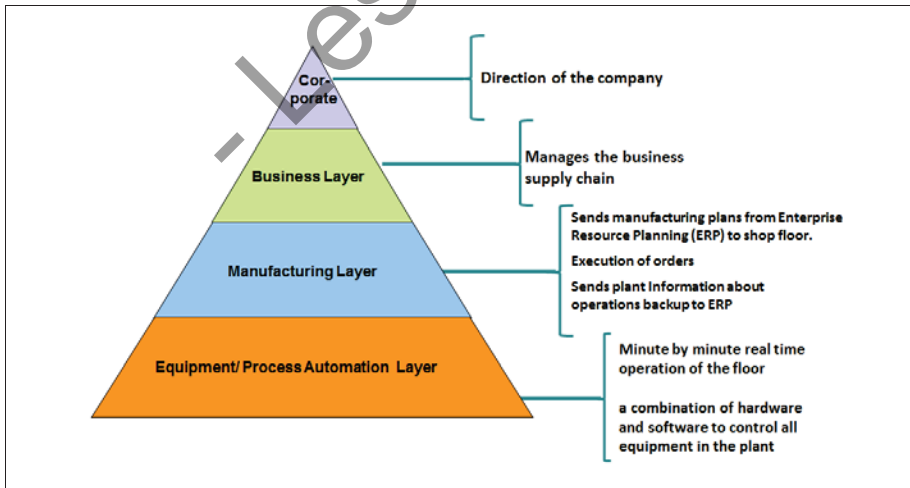


Abbildung 3: Meta-Modell der AT&S – Layer Definition



Für die digitale Fabrik ist die Unterstützung des Manufacturing Layers mit einem eigenen System unabdingbare Voraussetzung. In diesem System wird die Steuerung des Produktionsablaufes, die Kontrolle der Maschinen und die Nachvollziehbarkeit sichergestellt. Aufgrund der Aufgabenteilung der Systeme ist auch naheliegend, dass das ERP-System (Enterprise-Resource-Planning) zentral für das gesamte Unternehmen betrieben wird, aber das MES für jedes Werk getrennt aufgebaut wird.

Abbildung 4 verdeutlicht die zentrale Ausrichtung unseres ERP-Systems sowie die dezentrale Aufstellung des MES.

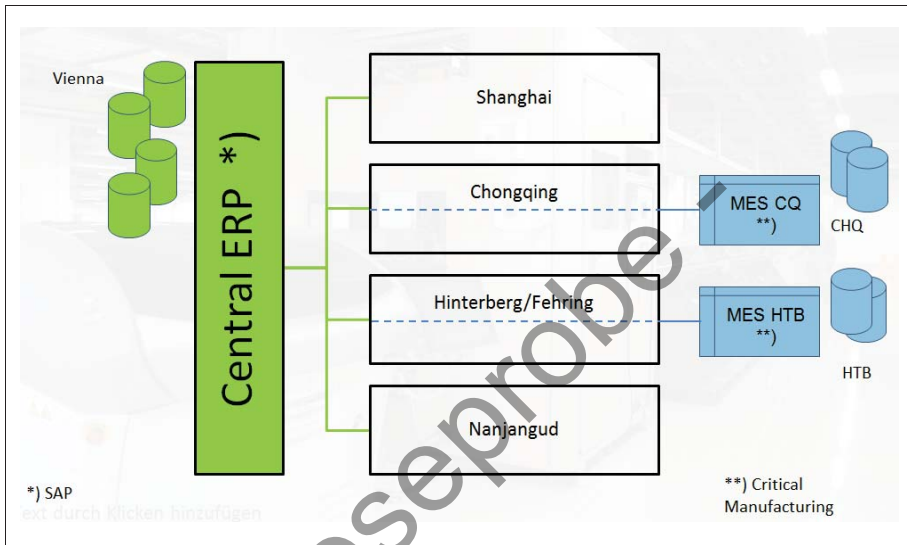


Abbildung 4: Zentrales ERP und dezentrales MES in der AT&S

Mit der schrittweisen Einführung des MES-Systems in der Produktion gehen folgende Punkte einher:

- Anwendung der Informationstechnologie (IT) in der Produktion bzw. für Produktionsprozesse
- Machine-to-Machine Kommunikation (M2M)
- Datensammlung für Analysen (Big Data Analysen)
- Vertikale Integration (ERP zu MES zu AES (Automation Execution System)) eröffnet neue Möglichkeiten in der Analyse
- Bessere Nutzung der verfügbaren Ressourcen (Reduktion des ökologischen Fußabdrucks)
- Generelle Wettbewerbsvorteile durch Steigerung der Effizienz
- MES ist das Herzstück einer Smart Factory und die Basis für IT Unterstützung im Produktionsbereich

Berücksichtigt müssen auch folgende Punkte werden:

- Höhere Abhängigkeit von IT
- Schutz des digitalen Know-hows
- Kostenintensives System, über ROI (Return on Investment) nicht abschätzbar/kalkulierbar
- Langer Change-Management Prozess
- Datensicherheit (Schutz vor Hacker-Angriffen)

#### 4.2 Unsere Ausgangssituation

Aktuell existieren sogenannte "Insellösungen", um Maschinen mit Produktionsdaten zu versorgen. Die dafür realisierte Maschinenanbindung und deren Kommunikation basiert auf keiner Standardschnittstelle.

Abbildung 5 zeigt schematisch, wie Produktionsmaschinen derzeit mit Daten und Programmen versorgt werden. Die benötigten Programme für unterschiedliche Prozessschritte sind auf verschiedenen Servern gespeichert. Dargestellt wird z.B. der Belichtungsschritt (LDI Exposer – Laser Direct Imaging - Laserbelichter): dabei wird das Programm vom UCAM-Server geholt, und der Prozessschritt Laserbohren (Laser Drilling) greift auf das Programm vom DNC Server zurück. Die Prozessdaten werden wiederum auf einem Notes Server oder File Server gespeichert.

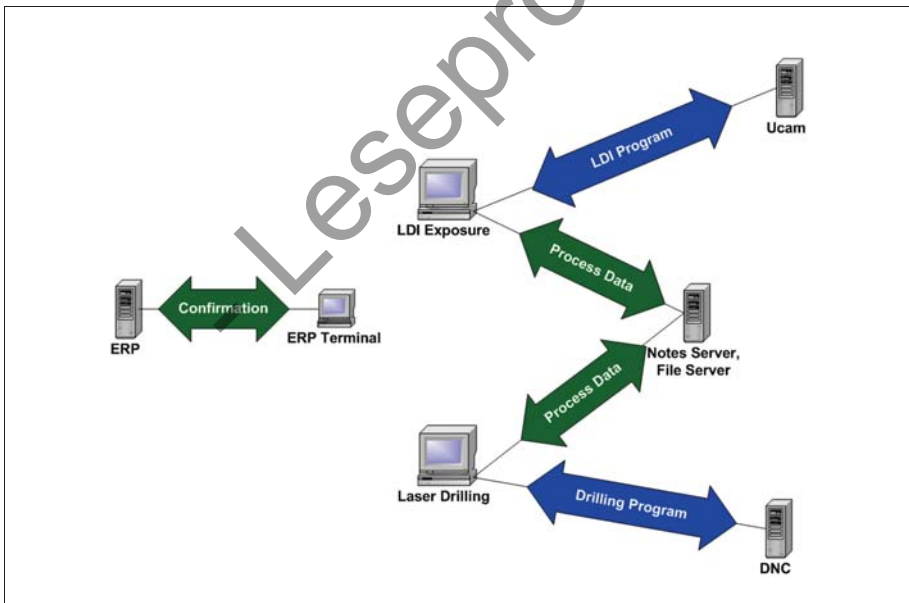


Abbildung 5: Aktuelle Versorgung der Produktionsmaschinen mit Programmen und Daten

### 4.3 Zukünftige Implementierung

Für die Umsetzung eines Industrie 4.0 Konzepts müssen für AT&S folgende Parameter erfüllt sein:

1. Einführung eines Manufacturing Execution Systems (MES)
2. Integration der Anlagen durch Anbindung an das MES

In der Leiterplattenindustrie gibt es keine standardisierte Schnittstelle für die Maschinenanbindung. Die Halbleiter-Industrie hat seit Jahrzehnten den SECS/GEM-Standard entwickelt und etabliert. Dieser Standard soll auch bevorzugt für unsere Anlagen-Integration angewendet werden. Aus technischen oder kostentechnischen Gründen können jedoch nicht alle Maschinen über die SECS/GEM Schnittstelle angebunden werden, daher werden noch weitere Schnittstellenstandards zum Einsatz kommen.

Folgende Schnittstellenstandards werden bei AT&S zum Einsatz kommen:

- SECS/GEM (bevorzugt)
- OPC, für die Kommunikation mit PLC/SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)
- File; csv, xml und Binärdateien (z. B. Bilder)
- Datenbank; erlaubt das Extrahieren von Daten von Anlagen
- Custom, Eigenentwicklung

Auch mit einer standardisierten Schnittstelle ist eine Maschinenanbindung an ein MES noch nicht zu 100 Prozent realisiert. Eine solche standardisierte Schnittstelle schafft lediglich die Voraussetzung, dass Maschinen mit einem MES System unter Nutzung einer "gemeinsamen Sprache" kommunizieren können. Die Kommunikationsinhalte wie z.B. Betriebszustände, Prozessparameter, Produktinformationen oder Prozessdaten müssen erst in enger Zusammenarbeit mit dem Maschinenhersteller erarbeitet werden. Als essenziell hat sich herauskristallisiert, dass zuvor die notwendigen Kommunikationsinhalte definiert werden sollten, um detaillierte Spezifikationen zu erstellen.

Abbildung 6 zeigt den Schnittstellenentwicklungsaufwand: je offener der Schnittstellen Standard ist, desto höher der Aufwand. Die weißen Felder in der Grafik stellen den AT&S Entwicklungsaufwand in Zusammenarbeit mit den Maschinenherstellern dar.

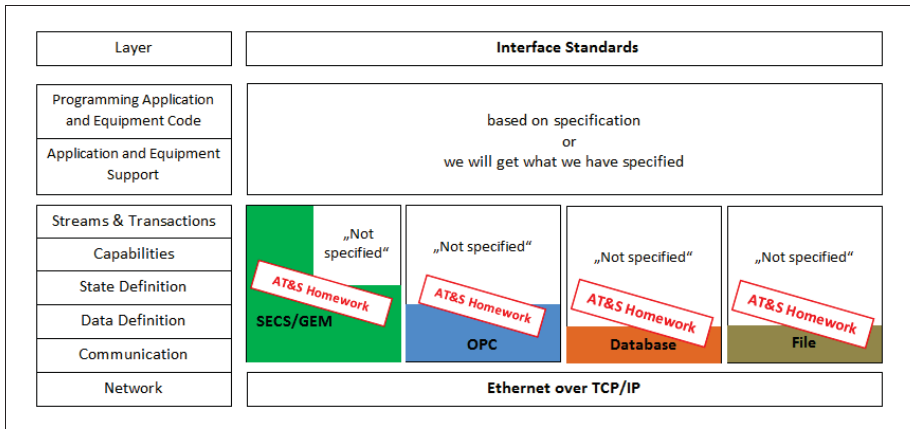


Abbildung 6: Entwicklungsaufwand der unterschiedlichen Schnittstellen

Ein konkretes Beispiel einer realen Maschinenanbindung und der damit verbundenen Problemstellung:

Der Maschinenhersteller definiert die Lebensdauer der Bohrspindeln bei einer mechanischen Bohrmaschine. Der Maschinenhersteller ist aber nicht in der Lage, alle nötigen Parameter zu nennen, die für eine sinnvolle Zustandsüberwachung benötigt werden. Ein Hauptgrund dafür ist, dass die Maschinenhersteller die genauen Prozessabläufe nicht kennen. Die verwendeten Materialien haben aber einen sehr großen Einfluss im Bohrprozess. Die zahlreichen Materialarten, die von einem 100µm Laminat mit einer 18µm Kupferkassierung bis zu einem 2,4mm 20-Lagen Aufbau reichen können, erfordern unterschiedlichste Parametereinstellungen, um die Qualitätsanforderungen zu erreichen. Das Zusammenspiel von Produktdesign, Produktaufbau, Maschine, Analyse, Kenntnis und Kontrolle des Umfeldes ist derzeit schwierig bis unmöglich, gewinnt aber immer mehr an Bedeutung.

Um dieses breite Spektrum an Einflussgrößen und Abhängigkeiten zukünftig zu erkennen und die damit verbundene Erfassung der relevanten Daten zu realisieren, bedarf es einer sehr engen Zusammenarbeit mit den Maschinen- und Werkzeugherstellern. Die Herausforderung besteht darin, eine Vertrauensbasis zu schaffen, um zum einen Ängste bezüglich einer möglichen Weitergabe des Produktionswissens abzubauen, aber auch kritische bzw. wichtige Informationen des Maschinenherstellers zu bekommen.

Für eine erfolgreiche und vor allem sinnvolle Umsetzung einer solchen Zustandsüberwachung von Prozessen und Maschinen werden daher noch sehr viele Überlegungen und Gespräche aller Beteiligten notwendig sein.

## 5 Wo stehen wir jetzt?

Aktuell verwenden wir in den bestehenden Werken für unsere Arbeitspläne und unsere Zeitrückmeldungen in der Produktion das SAP-System. SAP deckt bei AT&S einen großen Teil der Produktionsabläufe ab. Es handelt sich aber um keinen SAP Standard, sondern um eine bei AT&S entwickelte Programmierung.

Mit der Umsetzung unserer Zielvorstellung von Industrie 4.0 in der Produktion starteten wir beim Neubau unseres neuen Werkes in Chongqing. Hier wird die Aufteilung der Funktionalitäten in der mehrschichtigen Systemlandschaft durch Einführung eines neuen MES, inklusive der erforderlichen Equipment-Integration mittels AES, realisiert. Der nicht vorhandene Standard für die Integration der Maschinen und die Vielzahl der unterschiedlichen Hersteller und Maschinen-Typen (fast hundert verschiedene Typen) ergeben die bekannten Herausforderungen bei heterogenen Landschaften.

Ebenso starten wir in Leoben-Hinterberg mit der schrittweisen Einführung des MES und AES (Automation Execution System). Da es sich dabei um ein bereits bestehendes Werk handelt, erfolgt die Einführung stufenweise. Das Ziel ist aber klar definiert: die hierarchische und funktionale Aufteilung der bereitgestellten Funktionen wird mittelfristig auf die definierten Ebenen ERP-MES-AES aufgeteilt.

Der große Unterschied zwischen Chongqing und Leoben-Hinterberg besteht darin, dass wir in Chongqing von Anfang an von einer vollständigen Maschinenintegration ausgehen können. Chongqing ist ein neues Werk mit Maschinen der neuesten Technologiesegeneration. Diese wurden nach dem neuesten Stand spezifiziert und angeschafft, damit ist eine einheitliche Basis für die Maschinenintegration gelegt. In Leoben-Hinterberg läuft die Produktion seit Jahren und bei einigen Maschinen gestaltet sich eine Maschinenintegration aufgrund des Alters als schwierig. Vor 5 bis 10 Jahren waren Schnittstellenstandards in der Leiterplattenindustrie noch kein großes Thema.

Die Integration der Maschinen bildet ein Kernelement einer digitalen Fabrik. Hier muss unterschieden werden, ob nur Informationen von der Maschine ausgelesen werden oder ob auch Daten und Programme zur Maschine gesendet werden können (bi-direktional).

Abbildung 7 stellt den Verlauf der Maschinen-Integration an das MES in Leoben-Hinterberg bis Juni 2018 dar.

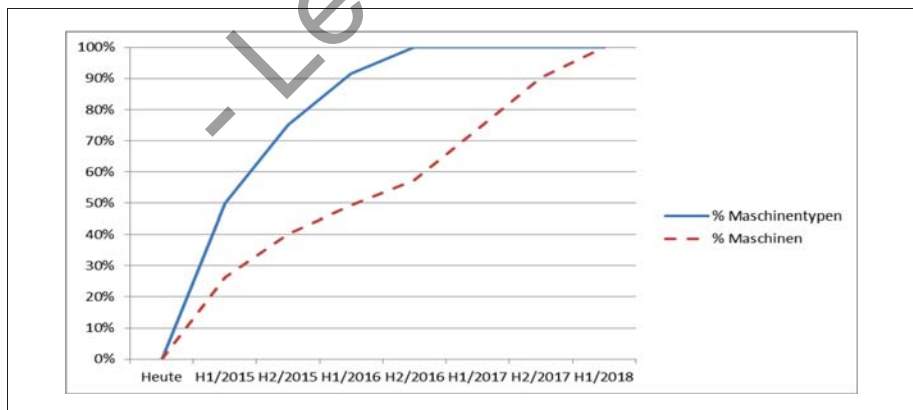


Abbildung 7: Anbindung der Maschinen an das Steuerungs-System (Equipment-Integration)

Für das Werk in Chongqing werden wir mit Jahresende eine 100 prozentige Maschinen-Integration erreicht haben.

## 6 Ausblick

Die soeben beschriebenen Systeme bzw. Funktionen werden nicht nur in Fabriken Einzug halten, sondern auch im privaten Umfeld. Es ist davon auszugehen, dass solche neuen Ansätze ganze Berufsgruppen, wie z. B. Dolmetscher, Lehrer oder Juristen ganz oder teilweise ersetzen werden. Durch diese Veränderung der gesamten Arbeitslandschaft ist mit einem großen Einfluss auf das gesamte Sozialsystem, aber auch im Bereich der Datensicherheit zu rechnen.

Für die Mitarbeiter in der Produktion ergeben sich dadurch stark veränderte Anforderungen bzw. Aufgaben. Das bedeutet aber nicht, dass Arbeitsplätze mehrheitlich wegfallen, vielmehr werden Maschinen die Grundanforderungen erfüllen. Individuelle Bedürfnisse (z.B. das persönliche Gespräch beim Arzt, Handwerk) werden an Bedeutung gewinnen. Diese Entwicklung bedingt einen erhöhten Bedarf an Wissensmitarbeitern (Know-how im Prozesswissen und IT, um komplexe Maschinen zu bedienen und am Laufen zu halten) oder an Mitarbeitern, die neue bzw. kreative Ideen entwickeln. Der Mensch hat die besondere und derzeit konkurrenzlose Fähigkeit, Wissen und Erfahrungen zu kombinieren. Der Roboter stellt in diesem Bereich keine Konkurrenz für den Menschen dar.

Bereits jetzt zeichnet sich ab, dass für die Herstellung von Konsumgütern Menschen nicht mehr benötigt werden - dies haben bereits erste Automatisierungen von Sub-Prozessen gezeigt. Primäres Ziel ist es nicht, Personal einzusparen, aber es wird zu einer Verschiebung kommen. Wir sehen aber keinen 1:1 Ersatz der vorhandenen Jobs, d.h. nicht jeder Maschinenbediener wird ein Software-Programmierer werden. Eine Parallelverschiebung sehen wir nur für all jene, die bereit sind, sich weiterzuentwickeln.

Auch in unserem kommenden Projekt „Maintenance 4.0“ werden wir den Einsatz von Service-Technikern durch „Remote Maintenance“ verringern. Reparaturen von Maschinen können dadurch kostengünstiger und schneller behoben werden, so kann beispielsweise eine kostspielige Anreise eines Service-Technikers aus Japan entfallen.

Diese Veränderung wird keinen radikalen Schritt bedeuten, sondern ein schrittweises vorgehen. Wichtig dafür ist ein enges Zusammenspiel aller Beteiligten – Unternehmen, Politik, Arbeitnehmervertreter, etc., die auch die Notwendigkeit der Veränderungen erkennen, damit die Produktionsstandorte in Österreich langfristig erhalten bleiben. Erste Anpassungen bei Arbeitszeitmodellen zielen bereits in diese Richtung ab.

Generell muss der Ausbildungsstandard auf die zukünftigen Anforderungen permanent und rasch angepasst werden – dies gilt für die Unternehmen aber auch für die Bildungspolitik, die zu diesem Thema insbesondere in Zukunft gefordert sein wird. Die Förderung und die Freude an Wissensthemen müssen bereits in der Schule erfolgen. AT&S hat dazu umfassende Aus- und Weiterbildungsprogramme im Konzern etabliert, die kontinuierlich an die Anforderungen angepasst werden.

### 6.1 Woher wissen wir, mit welchen Zukunftsthemen wir uns beschäftigen müssen?

Als einer der Technologieführer sind wir permanent gefordert, gesellschaftliche Megatrends und ihre Auswirkungen auf die Elektronikindustrie kontinuierlich zu beobachten, ihre potenziellen Auswirkungen auf die Leiterplattenindustrie zu analysieren und rechtzeitig zu antizipieren.

Aus den Megatrends wie Mobilität, Individualisierung und Konnektivität haben wir folgende Trends für die Elektronikindustrie abgeleitet:

- Miniaturisierung: Kleiner, leichter und energiesparender
- Module/Packages: Time to market, Zuverlässigkeit
- Leistungselektronik/Hohe Ströme: Hybrid, Elektromobilität und Alternativenergie
- Herstellungsprozess/Geschäftsmodelle: Wertschöpfungskette erweitern, Automatisierung von Herstellungsprozessen, PCB übernimmt zusätzliche Funktionen
- Flexibilisierung: Kleinere Serien, kundenspezifische Lösungen
- High Speed/Hohe Frequenz: Mobilfunk, Radaranwendungen, Auto

Eine weitere wichtige Quelle für uns sind Gespräche und Diskussionen mit unseren Kunden und Lieferanten, sowie eine enge Zusammenarbeit mit führenden, weltweiten Forschungseinrichtungen.

Aus diesen gesammelten Informationen/Trends antizipieren wir die Kundenbedarfe und leiten unsere Aktivitäten ab.

## 7 Literatur

- ISA95 Komitee: ANSI/ISA Standard Definitionen „Enterprise-Control System Integration; ANSI/ISA – 95.00.01/2/3.-2010
- Jutta Isopp und Andreas Dankl (Hrsg.): Jahrbuch Instandhaltungstage 2015
- Martin Wilfing - Virtuellen Fahrzeug: Präsentation „Worker Centric Workplaces in Smart Factories Introduction – SFG Zukunftstag, 3. Juni 2015
- VDI (Verband der Deutschen Ingenieure): VDI Richtlinie 4499 Blatt 1 Digitale Fabrik, Grundlagen
- [http://www.finanzen100.de/finanznachrichten/wirtschaft/maschinisierung-das-sind-die-ersten-zehn-jobs-die-euch-roboter-weg-nehmen-werden\\_H258517673\\_196670/](http://www.finanzen100.de/finanznachrichten/wirtschaft/maschinisierung-das-sind-die-ersten-zehn-jobs-die-euch-roboter-weg-nehmen-werden_H258517673_196670/) am 13. August 2015
- <http://news.sap.com/germany/2014/08/22/industrie-4-0-zwei-beispiele-fur-die-fabrik-der-zukunft/> am 13. August 2015