

Oliver Brehm, Rüdiger Haas, Maja Jeretin-Kopf (Hrsg.)

# INDUSTRIE 4.0 IN KMU – SIND SIE FIT FÜR DIE ZUKUNFT?

Interdisziplinäre Aspekte und Perspektiven

Dokumentation zur Tagung  
am 02. Dezember 2015 im Steinbeis-Haus in Karlsruhe



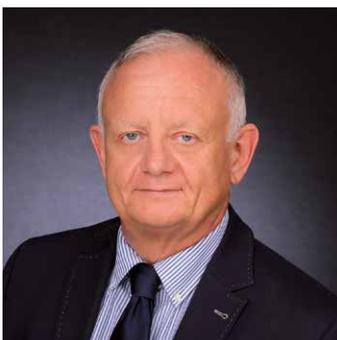


*Oliver Brehm, Rüdiger Haas, Maja Jeretin-Kopf (Hrsg.)*  
Industrie 4.0 in KMU – Sind Sie fit für die Zukunft?

## Über die Herausgeber



**Oliver Brehm, Dipl.-Ing. (FH)**, ist freiberuflich tätiger Unternehmensberater. Seine Themenschwerpunkte liegen ursprünglich im Umfeld der Produktentwicklung mit CAD PLM und ERP bis hin zu Content Management Systemen (CMS). Sie umfassen dort vor allem die systemneutrale Beratung im Rahmen von Auswahl- und Einführungsprojekten. Durch die Erfahrung von 20 Jahren erfolgreicher Projektarbeit verfügt Oliver Brehm über ein breites Fachwissen und die notwendige Branchenkenntnis zur optimalen Gestaltung von Veränderungsprojekten auf organisatorischer, prozessualer und IT-Ebene. Seit 2001 leitet Oliver Brehm das Steinbeis-Transferzentrum Innovation und Organisation (STZio, [www.stzio.de](http://www.stzio.de)).



**Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Haas** ist Leiter der Abteilung Fertigungstechnik und Produktion der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft und Leiter des Steinbeis-Transferzentrums Institute for Transfer Technologies and Integrated Systems SITIS. An der Hochschule Karlsruhe entstand unter seiner Leitung in Kooperation mit Wirtschaftsunternehmen ein fertigungstechnisches Labor, welches den Wissenschaftlern im Rahmen ihrer Forschungsprojekte zur Verfügung steht und in dem auf einer Fläche von ca. 700 qm alle modernen fertigungstechnischen Verfahren auf modernsten Maschinen abgebildet werden können.



**PD Dr. phil. habil. Maja Jeretin-Kopf** ist Projektleiterin der „Lernfabrik 4.X“ an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft und Projektleiterin des Steinbeis-Transferzentrums Institute for Transfer Technologies and Integrated Systems SITIS. Sie habilitierte an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe, wo sie als Privatdozentin tätig ist. Ihre Forschungsschwerpunkte sind intergenerationelles Lernen, unternehmensspezifische Curriculumentwicklung sowie Technikdidaktik der technischen Allgemeinbildung.

**Oliver Brehm, Rüdiger Haas, Maja Jeretin-Kopf (Hrsg.)**

---

# **INDUSTRIE 4.0 IN KMU – SIND SIE FIT FÜR DIE ZUKUNFT?**

**Interdisziplinäre Aspekte und Perspektiven**

**Dokumentation zur Tagung  
am 02. Dezember 2015 im Steinbeis-Haus in Karlsruhe**

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren. Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung der Rechte Dritter.

## Impressum

© 2016 Steinbeis-Edition

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Oliver Brehm, Rüdiger Haas, Maja Jeretin-Kopf (Hrsg.)

Industrie 4.0 in KMU – Sind Sie fit für die Zukunft?  
Interdisziplinäre Aspekte und Perspektiven

1. Auflage, 2016 | Steinbeis-Edition, Stuttgart

ISBN 978-3-95663-086-6

Satz: Steinbeis-Edition | Titelbild: © Mimi Potter / Fotolia

Druck: WIRMachenDRUCK GmbH, Backnang

Steinbeis ist weltweit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören derzeit rund 1.000 Unternehmen. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verbund umfasst Forschung und Entwicklung, Beratung und Expertisen sowie Aus- und Weiterbildung für alle Technologie- und Managementfelder. Ihren Sitz haben die Steinbeis-Unternehmen überwiegend an Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen, die originäre Wissensquellen für Steinbeis darstellen. Rund 6.000 Experten tragen zum praxisnahen Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bei. Dach des Steinbeis-Verbundes ist die 1971 ins Leben gerufene Steinbeis-Stiftung, die ihren Sitz in Stuttgart hat. Die Steinbeis-Edition verlegt ausgewählte Themen aus dem Steinbeis-Verbund.

187185-2016-09 | [www.steinbeis-edition.de](http://www.steinbeis-edition.de)

## Vorwort der Herausgeber

Der vorliegende Tagungsband ist das Ergebnis zur ersten interdisziplinären Fachtagung „Industrie 4.0 in KMU – Sind Sie fit für die Zukunft?“ des Steinbeis Arbeitskreises „Faktor Mensch im Produktentstehungsprozess“. Der Arbeitskreis wurde im Frühjahr 2015 von Prof. Rüdiger Haas, Dr. Maja Jeretin-Kopf und Oliver Brehm gegründet, um vor dem Hintergrund der mit der „4. industriellen Revolution“ einhergehenden Anforderungen den Dialog zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu fördern. Wirtschaft – in diesem Kontext sind das also gerade jene kleine und mittlere Unternehmen, welche sich den Herausforderungen dieser digitalen Entwicklung stellen wollen.

Die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands hängt in hohem Maße davon ab, ob wir es schaffen, mit der rasanten technologischen Entwicklung Schritt zu halten. Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass kleine und mittelständische Unternehmen über moderne Fertigungstechnologien verfügen. Sie belegen aber zudem, dass diese lediglich bis zu 65 % ihres Wirtschaftlichkeitspotenzials ausnutzen. Wissensdefizit ist einer der häufig genannten Gründe, warum die Einführung neuer Technologien nicht zu einer höheren Wirtschaftlichkeit des Produktionsprozesses beiträgt. Dies bedeutet, dass dem Menschen hier eine Schlüsselrolle zukommt. Der Mensch muss als eine wichtige Ressource innerhalb des Wertschöpfungsprozesses angesehen werden. Dabei stellen die demografische Entwicklung und der immer deutlicher spürbar werdende Fachkräftemangel viele Unternehmen vor große Herausforderungen. Denn um diese Herausforderung zu meistern, ist es erforderlich, dass die Unternehmen künftig verstärkt Konzepte erarbeiten, in denen betriebsorientierte Qualifizierungsmaßnahmen mit den neuen Technologien Schritt halten. Bisher bewährte Fortbildungskonzepte erweisen sich hier häufig als wenig hilfreich. Vor allem für kleine und mittlere Unternehmen wären eigentlich neue Lösungen erforderlich.

Zur Ausrichtung der passenden Lösungen stellen wir uns zunächst die Frage, was „Industrie 4.0 bedeutet ...“. In den meisten Fällen fokussieren die Experten stark auf die fortschreitende Digitalisierung im Produktionsumfeld, also die Fertigungs-, Montage- und Automatisierungstechnik. Ja sicher, hinter Industrie 4.0 verbirgt sich also die Vernetzung von mehr oder weniger intelligenten Maschinen, welche mit einem intelligenten Werkstück ein cyberphysisches System bilden.

### Aber eben nicht nur!

Wer in der Liga der I 4.0-umsetzenden Unternehmen mitspielen will, muss sich auch den Fragen nach dem Faktor Mensch im Produktentwicklungsprozess stellen. Wie wird sich das Anforderungsprofil an die Mitarbeiter verändern? Welche Skills werden morgen und übermorgen am Arbeitsmarkt benötigt? Wie wird das neue Wissen vermittelt?

Daneben stellen sich gerade die Lenker kleiner und mittlerer Unternehmen die Frage nach dem Nutzen. Man hat wenig Erfahrung mit neuen Geschäftsmodellen, Erfahrungen mit der Umwandlung von Daten in Geschäftsmodelle sind noch seltener. Ist der etablierte Vertrieb überhaupt in der Lage, dieses neuartige Produkt in Form eines Servicemodells etc. zu verkaufen?

## **Kurzum:**

Es müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, um Industrie 4.0 in einem Unternehmen zu ermöglichen. Dies kann nur mit einem weiteren Fokus und in einer interdisziplinären Zusammenarbeit vormalig getrennt agierender Fachbereiche geschehen.

Aus diesem Grund haben wir bei der Gestaltung dieser Tagung bewusst den Fokus auf die Bereiche Technik, Management, Bildung und Kunst gerichtet. So wurden die Fragestellungen in Vorträgen und Workshops bedarfsgerecht erörtert und somit die Möglichkeit geschaffen, das Thema Industrie 4.0 auch in KMU Einzug halten zu lassen, ohne dass sich irgendwer daran „verschluckt“.

Wir bedanken uns an dieser Stelle nochmals bei allen, die dazu beigetragen haben, dass diese Tagung einen so erfolgreichen Verlauf nehmen konnte, und wünschen eine anregende Lektüre.

**Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Haas**

**PD Dr. Maja Jeretin-Kopf**

Steinbeis-Transferzentrum Institute for Transfer Technologies and Integrated Systems SITIS

**Dipl.-Ing. (FH) Oliver Brehm**

Steinbeis-Transferzentrum Innovation und Organisation

## Inhalt

### Industrie 4.0 als Wettbewerbsturbo – Praktische Unterstützung für klein- und mittelständische Unternehmen (KMU)

*Heinz Schäfer, Oliver Schäfer, René Schäfer*

1	Vorbemerkung .....	12
2	Smart Factory schlägt Routine .....	12
3	I 4.0 ist die moderne Fortsetzung der ersten drei Industrialisierungs-Stufen .....	12
4	Der Wettbewerbsturbo von I 4.0 und wie er funktioniert.....	14
5	I 4.0 ist für KMU eine besondere Herausforderung.....	16
6	KMU kommen mit smarten Strategien zur smarten Fabrik.....	19
7	Zusammenfassung .....	25

### Industrie 4.0: „Neuer Wettbewerb – Kapital vs. Innovation“

*Oliver Brehm*

1	Einleitung.....	26
1.1	Innovation nach „innen“ .....	26
1.2	Innovation nach „außen“ .....	26
2	Geschäftsmodelle .....	26
2.1	Fehlender Mut.....	26
2.2	Fehlendes Kapital .....	27
2.3	Mobilität .....	27
3	Internetwirtschaft.....	28
4	Schlussfolgerungen.....	29

### Neue Dienstleistungen durch Industrie 4.0 – professionell, nachhaltig und ertragreich

*Claas Christian Wuttke*

1	Einführung .....	30
2	Angepasster und individualisierter Produktentwicklungsprozess.....	31
2.1	Generischer Referenz-PEP.....	31
2.2	Skalierung des Produktentwicklungsprozesses .....	31
2.3	Produkt- und unternehmensspezifische Checklisten .....	32
2.4	Stetige Anpassung und Verbesserung des iPEP .....	32
3	Methoden zur Integration der Kunden in die Produktentwicklung .....	33
4	Nutzung von Prototypen .....	33

## **Fit für Industrie 4.0 mit demografiegerechtem Personalmanagement**

*Regina Brauchler*

1	Aktuelle Herausforderungen an die Arbeit 4.0 .....	35
2	Gegenwärtige Bestandsanalyse in Unternehmen .....	35
3	Kompetenzen im demografischen Wandel .....	35
4	Handlungsfelder und mögliche Lösungsansätze .....	37
5	Ausblick .....	40

## **Industrie 4.0: „IT-Management – Strategien der Zukunft“**

*Oliver Brehm*

1	Basisfähigkeiten zur I 4.0 .....	42
2	Produktentwicklung, CAx und Simulation.....	42
2.1	Rahmenbedingungen.....	42
2.2	Folgen.....	43
3	Seamless Data – Durchgängige Datennutzung .....	43
3.1	Auswirkung von I 4.0 auf PLM .....	43
3.2	Thesen des Expertengremiums „sendler\circle“ zum Zusammenhang zwischen PLM und Industrie 4.0.....	43
3.3	Beispiel Anlagenbau .....	44
4	Zukünftiges Datenmanagement.....	44
4.1	Daten verwalten .....	44
4.2	Daten analysieren .....	44
4.3	Rechtssituation .....	44
5	Zusammenfassung .....	44

## **Megatrends und ihr Einfluss auf die Produktentwicklung**

*Uwe Fischer, Patrick Müller*

1	Produktentwicklung 2020 .....	46
2	Megatrends und technische Trends .....	47
3	CPS und IoT.....	47
4	Individualisierung von Produkten.....	48
5	Anforderungen an Produktabsicherungen.....	49
6	IT für die Produktentwicklung.....	50
7	Anforderungen an die Mitarbeiter.....	50

## Vernetzung von PLM-, ERP- und MES-geprägten Prozessen

*Thomas Mücke*

1	Einleitung.....	52
2	Optimierung in den einzelnen Bereichen .....	53
2.2	NC-Programmierung.....	54
2.3	Tool Data Management .....	54
3	Methodik .....	54
3.1	Maschinenintegration .....	54
3.2	Datenauswertung.....	55
3.3	Visualisierung .....	57
3.4	Methode zur Optimierung.....	58
4	Zusammenfassung .....	58

## Stabilisierung von fahrbaren Roboterplattformen

*Aishe Fuentes Toledo, Martin Kipfmüller*

1	Einleitung.....	60
2	Modellierungsmethoden .....	61
2.1	Bestimmung der Modalparameter .....	61
2.2	Die Mehrkörpersimulation.....	63
3	Validierung des Simulationsmodells .....	64
4	Aktueller Status und nächste Schritte .....	66
5	Zusammenfassung .....	67
6	Danksagung .....	68

## Probabilistic Optimization of Machining Process by Decision Support System

*Mehdi Salehi, Rüdiger Haas, Jivka Ovtcharova*

1	Introduction.....	69
2	State of the art .....	69
3	Decision support system for tool and cutting parameters selection .....	70
3.1	Project scope.....	70
4	Scientific Methodology.....	71
4.1	Decision theoretical model.....	71
5	Summary of the project.....	71

## **Entwicklung dynamischer Curricula für die betriebliche Weiterbildung**

*Maja Jeretin-Kopf*

1	Einleitung .....	74
2	Fertigungstechnische Unternehmen und ihre (künftigen) Herausforderungen .....	74
2.1	Technische Neuerungen und Innovationen .....	74
2.2	Veränderte Produktionshierarchien .....	75
2.3	Vernetzung der Wertschöpfungsketten .....	75
2.4	Neue Geschäftsmodelle.....	76
3	Unternehmen benötigen betriebsspezifische Curricula.....	76
4	Curricula für betriebliche (Weiter-)Bildung.....	77
4.1	Erkenntnisperspektiven der Technik.....	77
4.2	Definition der Ziele und Inhalte .....	78

## **Neue Lernkultur, Individualisierung und Kompetenzorientierung?**

### **Herausforderungen für die technische Bildung in der betrieblichen Aus- und Fortbildung**

*Thomas Rajh*

1	Schule und Bildung nach PISA 2000 .....	82
2	Heilsversprechen der südwestdeutschen Bildungspolitik .....	83
3	Auswirkungen der Schulreformen auf die Unternehmen .....	87
4	Die Legende vom Nachwuchsmangel in technischen Berufen – Mangel technischer Bildung in Schulen.....	87
5	Technik ist kein Naturschauspiel, sie ist Menschenwerk und Kulturgut .....	89
6	Empfehlungen und Fazit.....	90
6.1	Bedeutung des Schulsystems.....	90
6.2	Position der Technikdidaktik.....	90
6.3	Beziehung Mensch – Maschine .....	91
6.4	Bedeutung des Individuums in der Gemeinschaft .....	91
6.5	Ausblick.....	91

## **Sich verstehen lernen in der Welt der Technik – Der Technolog als Anfang**

*Christian Wiesmüller*

1	Gibt es ein Problem? .....	93
2	Die Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts als Ausgangspunkt .....	93
3	Leben in der Technosphäre ist mehr als Mitarbeiter in einem technischen Betrieb zu sein .....	94
4	In jedem schlummert ein Schöpfergen, das durch Bildung angeregt werden kann.....	94
5	Kern ehrlich aufgefasster Bildung: Selbstverwirklichung aufgrund personaler Freiheit .....	94
6	Bildung bedeutet Ertüchtigen .....	95
7	Der Technolog als Zugang mit weitreichenden Folgen.....	95
8	Mensch und Technik – Insverhältnissetzung als Daueraufgabe .....	95
9	Der Technolog – ein Anfang .....	96
10	Didaktische Überlegung .....	97
11	Merkmale des Technologists.....	97
12	Realisierungen mit unterschiedlichen Akzenten.....	97
13	Beispiele für Technologe.....	97
14	Zwei Beispiele in elaborierter Form.....	98

## **Kreativ-Workshop: Kunst trifft Technik – „Soziale Gestaltung der Industrie 4.0“ .....** 101

*Cosima Klischat*

## **Begleitende Kunstaussstellung .....** 104

*Cosima Klischat*

## **Über die Autoren .....** 110

## Industrie 4.0 als Wettbewerbsturbo – Praktische Unterstützung für klein- und mittelständische Unternehmen (KMU)

Heinz Schäfer, Oliver Schäfer, René Schäfer

### 1 Vorbemerkung

Ziele und Verfahren von I 4.0 treffen in Unternehmen auf unterschiedliche wirtschaftliche Verhältnisse, Fähigkeiten und Visionen. Die folgenden Ausführungen haben als Schwerpunkt KMU und gehen in den Kapiteln 4–6 von unseren Beratungserfahrungen aus.

### 2 Smart Factory schlägt Routine

2003 wurde Tesla Motors in Palo Alto mit dem Ziel gegründet, elektrisch angetriebene Autos und die erforderlichen Energiespeichersysteme zu Preisen zu bauen, die für einen großen Kundenkreis mit Durchschnittseinkommen attraktiv sind. In einem weiteren Schritt wurde das Tesla Model S mit Autopilot-Funktion ausgestattet, das seine Fahrspur selbst halten, wechseln und einparken kann. Die Autopilot-Funktion wurde für 40.000 Tesla-Autos zunächst in den USA per „over-the-air“-Software-Update hinzugefügt. Zum Vergleich: VW ruft weltweit Millionen Autos zu Software-Updates in die Werkstatt, allein in Deutschland 2,4 Millionen. Die neuen Techniken machten das Tesla-Model S in einigen Märkten bereits zum meistverkauften Auto im Luxussegment, noch vor der S-Klasse und dem 7er-BMW.

Aber allein im IV. Quartal 2015 hat der Newcomer Tesla einen Verlust von 320 Mio. US\$ erwirtschaftet (lt. „börsenNEWS.de“ vom 11.02.2016), im I. Quartal 2016 einen Verlust von 282 Mio. US\$ gegenüber 154,2 Mio. US\$ im Vorjahreszeitraum (Spiegel Online vom 05.05.2016).

Ein weiterer Quereinsteiger in den Markt für selbstfahrende Autos, der Anbieter von Internet-Dienstleistungen Google, hat seit über 6 Jahren Roboterautos im Straßenverkehr. Sie sind über 2 Millionen Kilometer unter der Kontrolle von entsprechender Software gefahren (lt. „börsenNEWS.de“ vom 01.03.2016).

Dagegen schwächen in etablierten Unternehmen zurückliegende Erfolge häufig die Sensibilität für Veränderungen und suggerieren weiterhin Sicherheit, die sie so nicht mehr oder immer weniger haben. Und sie haben weitere Hemmschwellen

für Innovationen: Ihre neuen Produkte kannibalisieren die traditionellen, und frühere Investitionen in Ressourcen und Strukturen werden jetzt nicht mehr gebraucht. Im Gegensatz dazu investieren Newcomer direkt in neue Ressourcen und Strukturen, müssen keine „Altlasten“ beseitigen, können aber auch nicht auf Eigenkapital aus thesaurierten, früheren Gewinnen zurückgreifen. Das ist die Chance für Investoren wie bei Tesla 2008, als u. a. Toyota und Daimler das Unternehmen vor dem Konkurs retteten. Zudem müssen sie höheren Aufwand für ihre Markteinführung und Marktpositionierung betreiben als ihre bereits etablierten Konkurrenten. Auf der Kundenseite treffen sie häufig auf Abnehmer ohne Markenbindung. Die kaufen das Produkt der ersten Anbieter und sehen in der Verbindung mit weiteren Neuerungen, wie z. B. dem Car-Sharing, ein Auto nicht als Statussymbol, sondern als Mittel, um von A nach B zu kommen; oder sie stabilisieren mit einem Schwarm von Millionen E-Autos das Stromnetz und beziehen dazu bis zu 60 % ihres Ladestroms aus ungenutzter Windenergie; konkrete Pläne dazu gibt es bereits (Bild der Wissenschaft, Themenheft 2016 „Die Challenge“, S. 16 ff). Auf diesem Umweg könnte das E-Auto doch noch zum Statussymbol werden, nämlich für Umweltfreundlichkeit.

#### Fazit

Mit IT-Lösung plus neuer Antriebstechnik haben branchenfremde Anbieter wie Tesla und Google aus der zukunftsweisenden Vision eines modernen Autos ohne CO<sub>2</sub>-Ausstoß ein neues Geschäftsmodell entwickelt. Allerdings bleibt der wirtschaftliche Erfolg bisher noch aus.

### 3 I 4.0 ist die moderne Fortsetzung der ersten drei Industrialisierungsstufen

Industrie 4.0 (I 4.0) ist die deutsche Bezeichnung für die weltweite Veränderung der Fertigungstechnik und Logistik für die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation. I 4.0 entstand 2011 als Zukunftsprojekt im Rahmen der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung.

#### Das politische Ziel

Deutsche Unternehmen sollen aus Ideen schnell innovative Produkte für ihre globalisierten Märkte machen. Dazu hat die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) 2013 eine Forschungsagenda und Umsetzungsempfehlungen vorgestellt, die dann auf Betreiben des Bundesforschungsministeriums (BMBF) ausgearbeitet wurden.