

## Whitepaper

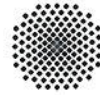
# "Informationstechnik für die Industrie 4.0"

## des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik

Januar 2015

### Professoren und mitwirkende Institute

Prof. Michael Weyrich	Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik (IAS)
Prof. Bin Yang	Institut für Signalverarbeitung und Systemtheorie (ISS)
Prof. Ingmar Kallfass	Institut für Robuste Leistungshalbleitersysteme (ILH)
Prof. Stephan ten Brink	Institut für Nachrichtenübertragung (INÜ)
Prof. Andreas Kirstädter	Institut für Kommunikationsnetze und Rechensysteme (IKR)
Prof. J. Roth-Stielow	Institut für Leistungselektronik und Elektrische Antriebe (ILEA)
Prof. Joachim Burghartz	Institut für Nano- und Mikroelektronische Systeme (INES) und Institut für Mikroelektronik Stuttgart (IMS CHIPS), Institut der In- novationsallianz Baden-Württemberg (innBW)



## 1. Bedeutung von Industrie 4.0

Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 der Hightech-Strategie der Bundesregierung<sup>1</sup> hat zahlreiche Aktivitäten hervorgerufen. So arbeiten die Wirtschaftsverbände der Bitkom, VDMA und ZVEI sowie zahlreiche Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen in Deutschland eng zusammen<sup>2</sup>, um die Zukunftsvision einer industriellen Revolution auf Basis von cyber-physischen Produktionssystemen Wirklichkeit werden zu lassen.

Der Begriff Industrie 4.0 steht dabei für die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen, in Produktion und Logistik, mit weitreichenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation.<sup>3</sup> Während die internet-basierte Vernetzung, Kommunikation und Automatisierungssoftware bereits heute Einzug in moderne Produktionssysteme gefunden hat, soll mit Industrie 4.0 eine neue Dimension der Intra- und Intermaschinenorganisation sowie des Produktkomponenten Monitoring erschlossen werden. Dazu wird das Internet der Dinge konsequent in viel tiefere Schichten der Produktionshard- und -software vorstoßen und dort neue Funktionalitäten und Optimierungspotential erschließen. Softwaresysteme und die Auswertungen großer Datenbestände gewinnen zunehmende Bedeutung und verändern die traditionellen Wertschöpfungsmuster der Entwicklung von Hardwaresystemen im Maschinenbau.

Das Thema Industrie 4.0 hat deutschland- und weltweit eine Leuchtturmfunktion für die Forschung und Industrieproduktion der Zukunft erlangt. Dabei geht es, getrieben von dringenden Wünschen nach Verbesserungen in der automatisierten Produktion der anwendenden Industrie, um Fragen der Informations- und Kommunikationstechnologie, um Software und neuartige Formen der Ad-hoc-Organisation.

Die Technologien rund um das Thema Industrie 4.0 betreffen die Integration des Internets der Dinge in die horizontale und vertikale Organisation der automatisierten Produktion sowie den gesamten Lebenszyklus von Produkten und deren Komponenten. Zudem kommen Aspekten des Maschinenbaus und der Verfahrenstechnik Bedeutung zu.

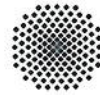
Eine Schlüsselrolle spielt die Automatisierungs- und Softwaretechnik, die durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien erweitert wird. Diese zahlreichen technologischen Neuerungen führen zu neuen Produkten, Standards und vielen Veränderungen in den Industriebereichen.

---

<sup>1</sup> Die Bundesregierung: "Die neue Hightech- Strategie, siehe: <http://www.hightech-strategie.de/de/Industrie-4-0-59.php>

<sup>2</sup> Plattform Industrie 4.0, siehe <http://www.plattform-i40.de/>

<sup>3</sup> Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0.



## 2. Beitrag des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik

Der Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der Universität Stuttgart forscht an einer Reihe von Technologiebereichen, die Industrie-4.0-Lösungen in einer neuartigen Weise ermöglichen. Diese Bereiche betreffen die Automatisierung, Kommunikation, Mikrosystemtechnik, Echtzeitsysteme, BigData-Analyse und Softwaresysteme sowie Fragestellungen der Diagnose und Effizienz von technischen Systemen und deren Komponenten.

Folgende Forschungen werden für die Zukunft als relevant betrachtet:

### **A. Softwaresysteme zur dynamischen Kooperation, selbstständige Anpassung und dem Systemtest von automatisierten Echtzeitsystemen**

Es besteht ein Bedarf für neuartige Softwaresysteme zur Konfiguration und Selbstoptimierung von Automatisierungssystemen und ihren Komponenten in Echtzeit. Solche Systeme lassen sich zukünftig auf Basis von spezieller Software mit Self-X-Funktionen ausstatten, wodurch sich Geräte und Systemkomponenten im Betrieb anpassen.<sup>4</sup> Hierdurch verändert sich die Art und Weise, wie Automatisierungssysteme entwickelt, betrieben und umgebaut werden. Neue Methoden und Technologien zur Systemmodellierung, dezentrale Softwaresysteme zur Steuerung und Konfiguration spielen eine wichtige Rolle. „Design moves to Runtime“ beschreibt, wie Automatisierungskomponenten nicht mehr von Menschen konstruiert und entwickelt werden müssen, sondern sich stattdessen zur Laufzeit selbst konfigurieren bzw. ihre Struktur durch Lernen auf sich verändernde Gegebenheiten anpassen können. Dabei müssen Automatisierungssysteme Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanforderungen gerecht werden, insbesondere wenn sie sich selber vernetzen und anpassen können.

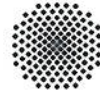
In diesem Zusammenhang gewinnen Fragestellungen des Tests von Automatisierungssystemen und eingebetteten Softwaresystemen eine neue Bedeutung, da sich Systeme strukturell zur Laufzeit verändern. Es kommt zu einer „sozialen“ Interaktion von Menschen, autonomen Maschinen und intelligenten Einheiten, die die Struktur zur Laufzeit „dynamisch“ definieren. Dadurch verschiebt sich die traditionelle Vorgehensweise des Systemtests, d.h. der Hard- und Software in der Entwicklung und

---

<sup>4</sup> Weyrich, M.; Diedrich, C.; Fay, A.; Wollschlaeger, M.; Kowalewski, S.; Göhner, P., Vogel-Heuser, B.: Industrie 4.0 am Beispiel einer Verbundanlage - Aspekte der Modellierung und dezentralen Architektur. atp edition - Automatisierungstechnische Praxis, 2014

Göhner, P.; Weyrich, M.: Agent-Based Concepts for Manufacturing Automation

Multiagent System Technologies, 12th German Conference, MATES 2014, Stuttgart, Germany, September 23-25, 2014, Proceedings, 2014



der Qualitätssicherung in Richtung Betrieb, wodurch neue Fragestellungen aufgeworfen werden.

### **B. Neue Mikrosystem-Komponenten für Anwendungen von Industrie 4.0**

Benötigt werden spezielle Mikrosystem Komponenten zur Erfassung, Verarbeitung und Übermittlung von Informationen in Industrie- 4.0-Netzwerken sowie zum Plagiatschutz von Produkten.

Forschungen werden Mikrosysteme mit integrierter Sensorik, Signalverarbeitung, Energieversorgung und –speicherung und drahtloser verschlüsselter Kommunikation betrachten. Um diese Komponenten bestmöglich adaptieren zu können, werden sich sogenannte Hybride Systeme-in-Folie (HySiF)<sup>5</sup> etablieren.

Drahtlose, kleine, energieeffiziente und kostengünstige HySiF bieten viele neue Einsatzmöglichkeiten. So könnten Strukturen von Maschinen, Fahrzeugen und Gebäuden Informationen zu intelligenten Materialien erheben und diese in das Internet der Dinge einbinden, um z.B. deren strukturelle Integrität sicherzustellen.

Das SmartPower-Konzept, d.h. die Verbindung von Informationsverarbeitung und Leistungselektronik auf einem integrierten Halbleiterchip oder in einem mikro-hybriden Aufbau, kann durch die Einbindung von Sensorik zur Erfassung neuer physikalischer Größen („More-than-Moore“) erweitert oder in höhere Leistungsbereiche übertragen werden, um eine intelligente Energieversorgung der Aktoren eines komplex vernetzten Produktionssystems zu ermöglichen.

### **C. Kommunikation im Industrieumfeld**

Eine einfache, schnelle und flexible Verbindung zwischen Maschinen, intelligenten Werkstücken und Menschen bietet neuartige Chancen für die automatisierte Fertigung und Mensch-Maschine Kooperation. Zukünftige Forschungen werden sich daher vorrangig mit der leitergebundenen bzw. drahtlosen Kommunikation im Industriebereich (z.B. drahtlose Feldbussysteme) befassen.

Wichtig ist hierbei insbesondere die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Echtzeitfähigkeit der Kommunikation, die sowohl auf der Basis von Ad-hoc-Vernetzung als auch von zellularen Netzen erfolgen wird. Fragestellungen betreffen die Robustheit gegenüber Störungen<sup>6</sup>, z.B. EMV im industriellen Umfeld, oder Überlagerungen der Spektren in der drahtlosen Kommunikation. Ebenso spielen Codier- und Diversitätsverfahren zur weiteren Erhöhung der Zuverlässigkeit der Kommunikation eine Rolle. Auch

---

<sup>5</sup> Burghartz, J.: Make Way for Flexible Silicon Chips; IEEE Spectrum, März 2013

<sup>6</sup> Masini, M.; Jakob, M. ;Berroth, M.: Wireless Field Bus Communication with UWB for Manufacturing Environments, 43rd CIRP International Conference on Manufacturing Systems 2010, Vienna, Austria



die Erhöhung der Bewegungsfreiheit mechanischer Systeme („Roboterarme“) durch drahtlose Kommunikation über sehr kurze Strecken sind ein Beispiel einer Anwendung.

Insbesondere das vorausschauende Einplanen von Reichweitenbegrenzungen in der Planung und vor allem im Netzbetrieb (sog. Anticipatory Networking) wird durch die Regelmäßigkeit der technischen Vorgänge und Prozesse eine hohe Bedeutung erlangen. Weitere wichtige Punkte sind die Selbstkonfiguration der Netzelemente und die Skalierbarkeit der eingesetzten Protokolle, um das Internet der Dinge im Industrieumfeld zu ermöglichen

#### **D. Integrierte Sensorsignalverarbeitung und BigData-Analyse**

Der Begriff Industrie 4.0 steht für eine zunehmende Vernetzung von Produkten, Maschinen und Anlagen. Das führt zu Herausforderungen in der Signal- und Informationsverarbeitung. Die Entwicklung von Multisensorsystemen und die Integration der Signalverarbeitung und Kommunikation in die Sensoren machen sie intelligenter und vernetzungsfähig. Das erfordert die Entwicklung von energieeffizienten Algorithmen für die integrierte Sensorsignalverarbeitung. Darüber hinaus soll aus den riesigen Datensätzen (BigData), die dank der vernetzenden Sensoren in intelligenten Produktionsanlagen entstehen, ein zusätzlicher Mehrwert geschaffen werden. Hierzu ist eine Entwicklung von neuartigen Algorithmen zur Informationsverarbeitung und -fusion, zum Data-Mining in Multisensor-BigData unabdingbar. Ein Beispiel ist die neue NILM-Technologie<sup>7</sup> (Non-intrusive load monitoring) zur Lastüberwachung in Gebäuden und Produktionsanlagen ohne einen massiven Eingriff, um z.B. die Energieeffizienz oder Funktionalität einzelner Komponenten und Geräte zu überwachen und zu steuern.

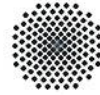
#### **E. Automatische Diagnose und Selbstinbetriebnahme**

Fabriken, Produktionssysteme und Komponenten der Zukunft können sich in einem hohen Grad selbst-diagnostizieren und dann auch selbst in Betrieb nehmen. Dabei ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der industriellen Praxis.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Barsim, K. S.; Streubel, R.; Yang, B.: An Approach for Unsupervised Non-Intrusive Load Monitoring of Residential Appliances. 2nd Non-Intrusive Load Monitoring (NILM) Workshop, Austin, June 2014

<sup>8</sup> Roth-Stielow, J.: Energieeffizienter Betrieb von Antrieben. EnEffAH-Abschlussbericht; FK 0327484A-E (BMW); Juni 2012



### 3. Zusammenfassung

Auf dem Gebiet von Industrie 4.0 kann der Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der Universität Stuttgart zu Schlüsselfragen beitragen und zentrale Technologiefelder bearbeiten.

Zusammenfassend sind dies die Gebiete der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik, die dynamische Kooperation und Kopplung von Automatisierungssystemen, Softwaresysteme, die drahtlose Kommunikation, die BigData-Analyse sowie die automatische Diagnose, Test und Selbst-Konfiguration.

Hierbei stehen spezielle Entwurfstechniken, neuartige Protokolle, semantische Informationsmodellierung, spezielle Algorithmen bis hin zu anwendungsorientierten Methoden und Verfahren im Mittelpunkt der Forschung.

Auch systemtheoretische Betrachtungen im Sinne der Kybernetik sind bei der Vernetzung der Forschungsfelder von Bedeutung, da Netzwerke mit sehr vielen unterschiedlichen Komponenten neuartige Ansätze der Koordination erfordern.

Das Stuttgarter Umfeld bietet zudem herausragende Möglichkeiten zur interdisziplinären Forschung an diesen Themen im Verbund von Elektrotechnik und Informationstechnik mit der Informatik, dem Maschinenbau, der Verfahrens- und Energietechnik sowie in der Nähe angesiedelter außeruniversitärer Forschungsinstitute.

Stuttgart im Januar 2015



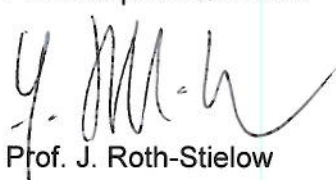
Prof. Michael Weyrich



Prof. Bin Yang



Prof. Stephan ten Brink



Prof. J. Roth-Stielow



Prof. Ingmar Kallfass



Prof. Andreas Kirstädter



Prof. Joachim Burghartz