



# BERICHT DER PROMOTORENGRUPPE KOMMUNIKATION

IM FOKUS: DAS ZUKUNFTSPROJEKT INDUSTRIE 4.0  
HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR UMSETZUNG



**Forschungsunion**

Wirtschaft und Wissenschaft  
begleiten die Hightech-Strategie

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft:

Prof. Dr. Henning Kagermann,  
acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (Sprecher der Promotorengruppe)

Prof. Dr. Wolfgang Wahlster,  
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH

Dr. Johannes Helbig,  
Deutsche Post AG

### **Redaktion**

Ariane Hellinger, M.A.,  
acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.

Reinhard Karger, M.A.,  
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH

### **Layout, Satz, Illustration**

SpiegelGrafik, Stuttgart

### **Kontakt**

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft,  
Ulrike Findelee, M.A.

Tel.: 030/322982507

E-Mail: [ulrike.findelee@stifterverband.de](mailto:ulrike.findelee@stifterverband.de)

### **Auslieferung und Vertrieb**

Büro der Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.  
Pariser Platz 6, 10117 Berlin

E-Mail: [bueroderforschungsunion@stifterverband.de](mailto:bueroderforschungsunion@stifterverband.de)

Im Internet unter [www.forschungsunion.de](http://www.forschungsunion.de)

Erscheinungstermin: März 2012

© Copyright liegt bei dem Herausgeber. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.

---

# BERICHT DER PROMOTORENGRUPPE KOMMUNIKATION

**IM FOKUS: DAS ZUKUNFTSPROJEKT INDUSTRIE 4.0**  
HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR UMSETZUNG

**Forschungsunion**

Wirtschaft und Wissenschaft  
begleiten die Hightech-Strategie

# Inhalt

<b>1</b>	<b>INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONS- TECHNOLOGIE (IKT) ALS MOTOR FÜR PRODUKTIVITÄT, INNOVATION UND KREATIVITÄT</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ZUKUNFTSPROJEKTE UND INITIATIVEN</b>	<b>7</b>
	Initiative I: Vertrauen, Schutz und Selbstverantwortung in der digitalen Welt	9
	Initiative II: Energieeffiziente IKT	10
	Initiative III: Nachwuchs, Ausbildung und Qualifikation in IKT	11
	Initiative IV: Die Digitale Agenda Europas aktiv mitgestalten!	12



<b>3</b>	<b>ZUKUNFTSPROJEKT »INDUSTRIE 4.0« (INTERNET DER DINGE)</b>	13
3.1	Handlungsbedarf angesichts der 4. Industriellen Revolution	13
3.2	Innovationsmotor Cyber-Physical Systems	16
3.2.	Bisheriger Stand/Hightech-Strategie	18
<b>4</b>	<b>DIE UMSETZUNG DES ZUKUNFTSPROJEKTES: DIE AGENDA INDUSTRIE 4.0</b>	19
4.1	Ziel der Agenda: die Umsetzung der Smart Factory	21
4.2	Schwerpunkt »Reales Umfeld«	23
4.3	Schwerpunkt »Wirtschaftliches Umfeld«	25
4.4	Schwerpunkt »Faktor Technologie«	29
4.5	Schwerpunkt »Faktor Mensch«	33
4.5.1	Mensch-Maschine Interaktion	33
4.5.2	Aus- und Weiterbildung	36
	Der Arbeitskreis »Industrie 4.0«	40
	Mitglieder des Arbeitskreises Industrie 4.0	42

<b>5</b>	<b>ZUKUNFTSPROJEKT »INTERNETBASIERTE DIENSTE FÜR DIE WIRTSCHAFT«</b>	44
	<b>LITERATUR</b>	47
	<b>AUTOREN</b>	49
	<b>DANKSAGUNG</b>	51

# 1. INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONS- TECHNOLOGIE ALS MOTOR FÜR PRODUKTIVITÄT, INNOVATION UND KREATIVITÄT

Mit ihrer Hightech-Strategie hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, in einem integrativen Ansatz die wichtigsten Akteure des Innovationsgeschehens zu versammeln, Ziele für die unterschiedlichen Innovationsfelder zu formulieren, Prioritäten zu setzen und neue Instrumente der Innovationsförderung zu generieren und zu implementieren.<sup>1</sup>

Die Branche der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) erwirtschaftet heute einen Umsatz von 140 Milliarden Euro und gibt 840.000 Menschen Beschäftigung. Die IK-Technologien sind die Grundlagen der Innovationen in allen anderen Wirtschaftssektoren und damit der Innovationsmotor Nr. 1. Sie durchdringen alle Lebens- und Arbeitsbereiche in unserer Gesellschaft und bilden die technologische Basis für die Informations- und Wissensgesellschaft. Als Schlüsseltechnologie einer zunehmend wissensbasierten Wirtschaft wirken IKT somit als Wachstumsbeschleuniger für alle wichtigen Branchen.<sup>2</sup>

- Mehr als 80% der Innovationen in für Deutschland wichtigen Branchen beruhen auf IKT.<sup>3</sup> Die Hebelwirkung von IKT auf die Wertschöpfung in anderen Branchen liegen etwa beim Faktor fünf.
- Die Hälfte der Produktivitätssteigerungen der europäischen Wirtschaft in den vergangenen 15 Jahren ist auf Innovationen in IKT zurückzuführen.<sup>4</sup>
- Die Vernetzung vieler verstärkt die Kreativität des einzelnen. Kreativität wird zu einem Erfolgskriterium, nach dem Forscher ebenso wie Ingenieure durch den Einsatz von IKT zunehmend von Routinetätigkeiten entbunden werden.

Die Bundesregierung hat die Forschungsförderung der Informations- und Kommunikationstechnologien im Rahmen der Hightech-Strategie neu ausgerichtet und auf die wichtigsten Ziel-

branchen in Deutschland, gesellschaftliche Herausforderungen und Qualitätsziele fokussiert.

Die IT-Forschungslandschaft ist in Deutschland heute insgesamt deutlich besser aufgestellt als noch vor einigen Jahren. Das Förderprogramm IKT-2020 wird inzwischen europaweit als Vorbild für nationale IT-Programme anderer Mitgliedstaaten gesehen und inhaltlich auch in den Förderprogrammen der EU aufgegriffen. Lokale Exzellenzcluster (DFG), regionale Spitzencluster (BMBF) und europäische Wissens- und Innovationsgemeinschaften (KIC EIT ICT Labs) im Rahmen des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts (EIT) der EU sorgen für Synergien zwischen den leistungsfähigsten Instituten, Universitäten, industriellen Forschungszentren und IT-Anwendern.

Die Verzahnung von Wirtschaft und Wissenschaft konnte in der IT-Forschung auf diese Weise im Sinne der Forschungsunion deutlich vorangetrieben werden.

Die wichtigsten Themen sind demnach adressiert, die Strategie-papiere verabschiedet. Dennoch befindet sich der IKT-Standort Deutschland nur in wenigen Feldern an der Spitze<sup>5</sup>.

1 HIGHTECH-STRATEGIE 2020, S. 4.

2 Innovationsfeld IKT, 29.11.2006 Berchthold/Wahlster.

3 IKT-2020 Forschung für Innovationen, BMBF 2007, S. 4.

4 Der IKT-Sektor erwirtschaftet mit einem jährlichen Marktvolumen von 660 Milliarden EUR unmittelbar 5 % des europäischen Bruttoinlandsprodukts, leistet aber einen weitaus größeren Beitrag zur gesamten Produktivitätssteigerung (20 % direkt aus dem IKT-Sektor und 30 % durch IKT-Investitionen). Gründe dafür sind das hohe Niveau der Dynamik und Innovation in diesem Sektor und seine grundlegende Rolle, wenn es darum geht, die Art und Weise der Wirtschaftstätigkeit in anderen Sektoren zu verändern. [DIGITALE AGENDA 2010], S. 4.

5 [12. FAKTENBERICHT 2009].

Es gilt daher weiterhin, sich auf die Themen zu konzentrieren, in denen Deutschland gute Chancen besitzt, eine Spitzenposition einzunehmen.

Um dies zu erreichen, muss noch stärker fokussiert werden, müssen bestehende Initiativen noch stärker koordiniert und muss vor allem die konsequente Umsetzung in Markterfolge gefördert werden.

Die 2006 seitens der Promotoren formulierte Zielsetzung »Orientierung an den gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit und Fokussierung auf die für Deutschland wichtigen Branchen« hat nach wie vor Gültigkeit.

Aus Sicht der Promotoren sind folgende Trends für die strategische Innovationsförderung im Bedarfsfeld Kommunikation/IKT maßgeblich:

- Der gesellschaftliche Transformationsprozess zu einer Informations- und Wissensgesellschaft auf Basis von Akzeptanz und Teilhabe,
- die Gestaltung des Paradigmenwechsels von der PC-zentrischen Welt hin zu untereinander und über das Internet vernetzten intelligenten Geräten, Objekten und Umgebungen (s. Abb. 1),

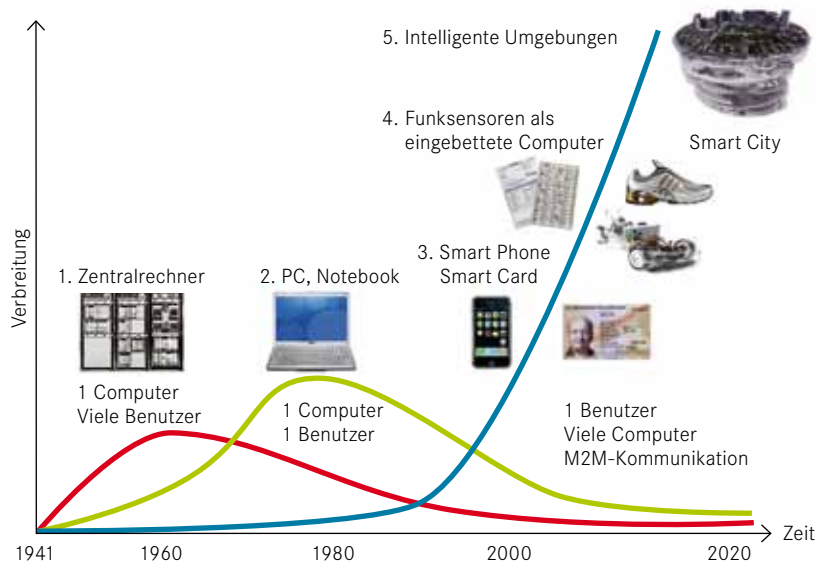


Abb. 1 - Vom Zentralcomputer über den PC und Eingebettete Systeme zu intelligenten Umgebungen, Quelle: Wolfgang Wahlster, DFKI.

- erheblich höhere und neue Anforderungen an Sicherheit und Privacy,
- die Sicherung der nachhaltigen Ausgestaltung dieses Paradigmenwechsels – sowohl hinsichtlich der ressourcenschonenden Entwicklung von IKT selbst (»Green IT«) als auch der Unterstützung von Ressourceneffizienz durch IKT in anderen Sektoren (»IT for Green/IT for green processes«).

Als Konsequenz sollte der Schwerpunkt auf folgende Chancen (Zukunftsprojekte) und Herausforderungen (Initiativen) gelegt werden:

- Die **Chance** Leitanbieter zu werden für offene und vernetzte Cyber-Physical Systems (CPS), die technische Systeme über das Internet verknüpfen (»Internet der Dinge«),
- die **Chance** auf Wirtschaftswachstum durch neue Geschäftsmodelle im internetbasierten Dienstleistungssektor (»Internet der Dienste«),
- die **Chancen** bei speziellen IKT-Kompetenzen eine führende Position auszubauen, die als Innovationsmotor für deutsche Schlüsselbranchen wettbewerbsentscheidend sind,
- die **Herausforderung**, Vertrauen und Akzeptanz in IKT bei der Bevölkerung zu sichern,
- die **Herausforderung**, Energieeffizienz zur zentralen Randbedingung für Entwurf, Herstellung und Anwendung von IKT-Technologien zu machen,
- die **Herausforderung**, dem Fachkräftemangel im IKT Bereich entgegenzuwirken.

Dies steht im Einklang mit den Empfehlungen der Forschungsunion »Woher das neue Wachstum kommt«: »Zukünftig wird die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) immer stärker eine Akteursrolle in Wertschöpfungsprozessen übernehmen. Intelligente Netze simulieren, kontrollieren und optimieren

Produkte und Systeme – und schützen sich selbst vor Gefahren.« Auch im Rahmen von Deutschland Digital 2015 und dem Forschungsprogramm IKT 2020 wurden diese Chancen und Herausforderungen bereits identifiziert.<sup>6</sup>

Entsprechend sollen die Zukunftsprojekte und Initiativen der High-Tech-Strategie im Bedarfsfeld Kommunikation eng mit bestehenden nationalen und europäischen Förderprojekten und Initiativen abgestimmt werden – um angesichts der Schnelligkeit und der globalen Dimension des technologischen Wandels im IKT Bereich eine zielführende strategische Verzahnung der Zukunftsprojekte zu erreichen. Zudem ist aufgrund der Querschnittbedeutung von IKT die enge Zusammenarbeit mit anderen Gruppen vorgesehen; insbesondere mit der Promotorengruppe Sicherheit.

<sup>6</sup> In Kapitel 4 (»Forschung und Entwicklung für die digitale Zukunft«) ist das Internet der Zukunft als ein zentrales Thema identifiziert; der Schwerpunkt »Vertrauen und Sicherheit in der digitalen Welt« (Kap. 3) im Bedarfsfeld SICHERHEIT ist gesetzt und das Thema Ressourceneffizienz wird u.a. mit dem »Aktionsplan Green IT« unter dem Stichwort »Digitale Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen« gefördert. Auch im 12. Faktenbericht werden die angeführten Schwerpunkte als wichtigste Wachstumsbereiche des deutschen IKT-Standorts identifiziert.



## 2 ZUKUNFTSPROJEKTE UND INITIATIVEN

**Intelligente Netzinfrastrukturen** sind der Schlüssel zur Bewältigung der Zukunftsherausforderungen, nicht nur im Bereich Energie und Umwelt (Internet der Energie), sondern auch für Gesundheit und Ernährung (Gesundheitstelematik und AAL), Vertrieb und Mobilität (Verkehrstelematik), moderne Bildung (e-Learning) und öffentliche Verwaltung (e-Government).

Alle Ansätze zur Lösung dieser Herausforderungen haben eine technologische Grundlage: Intelligente und hochleistungsfähige Infrastrukturen auf Basis energieeffizienter (Hochgeschwindigkeits-)Breitbandnetze und Plattformen, auf denen digitale Dienste einfach, qualitätsorientiert und vertrauenswürdig angeboten werden (Trusted Cloud).

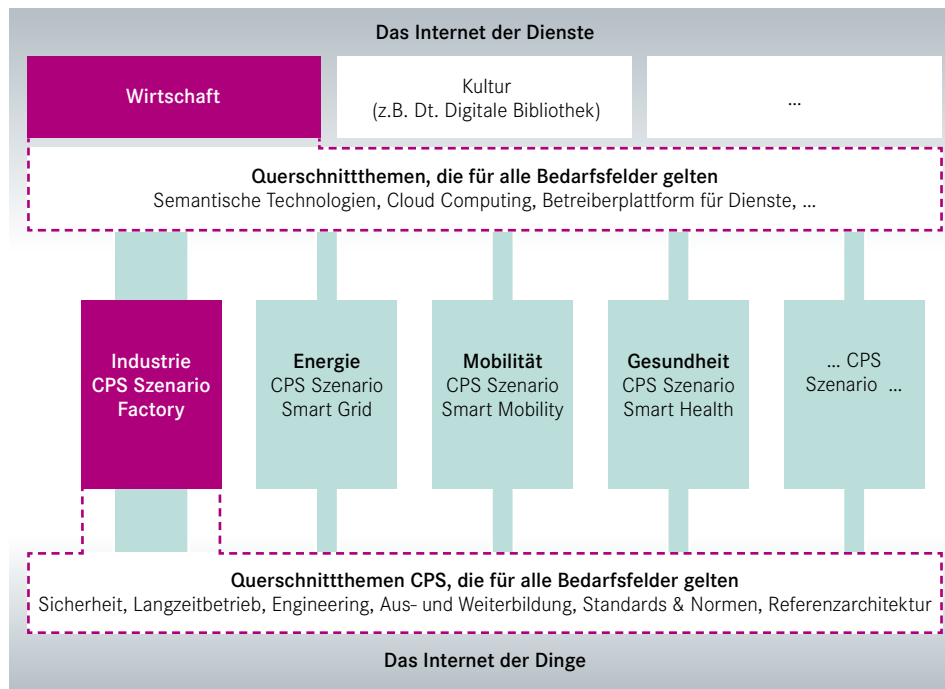


Abb. 2 – IKT als Innovationsmotor für alle Bedarfsfelder – die Relevanz des »Internets der Zukunft«, Quelle: PG Kommunikation, 2011

**Der Fokus der Hightech Strategie im Bedarfsfeld Kommunikation sollte daher auf zwei Zukunftsprojekten liegen, die Deutschlands Kompetenz im Aufbau (Leitmarkt) und bei der Kommerzialisierung (Leitanbieter) intelligenter Netze stärken (s. Abb.2):**

#### **1. ZUKUNFTSPROJEKT »INDUSTRIE 4.0«**

Auf dem Weg zum **Internet der Dinge** soll durch die Verschmelzung der virtuellen mit der physikalischen Welt zu Cyber-Physical Systems und dem dadurch möglichen Zusammenwachsen der technischen Prozesse mit den Geschäftsprozessen der Produktionsstandort Deutschland in ein neues Zeitalter geführt werden.

#### **2.ZUKUNFTSPROJEKT »INTERNETBASIERTE DIENSTE FÜR DIE WIRTSCHAFT«**

Auf dem Weg zum **Internet der Dienste** soll unter Nutzung sicherer und vertrauenswürdiger Cloud Infrastrukturen mit der Bereitstellung neuer Dienste-Plattformen die Grundlage für neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle in der Internetökonomie gelegt werden.

Mit diesen beiden Themen erzielt man auch die größte Hebelwirkung bei der Umsetzung von Zukunftsprojekten in den anderen Bedarfsfeldern.

Die Grundlage einer solchen Strategie muss eine **Bestandsaufnahme** der bestehenden Initiativen und Projekte sein.

Im Kontext des IKT-Leuchtturmes »Internet der Dinge« der Hightech-Strategie wurden mit dem BMBF-geförderten acatech-Projekt »Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems« weitere Leitprojekte identifiziert, unter anderem auch für den Bereich »Smart Factory«. Die ausführliche Studie mit allen Anwendungsszenarios erscheint im April 2012.<sup>7</sup>

Neben den beiden Zukunftsprojekten empfiehlt die Promotorengruppe des Bedarfsfeldes Kommunikation eine Reihe von Initiativen im Bereich IKT, um die eingangs adressierten Chancen und Herausforderungen gestalten zu können.

Mit der Umsetzung der im Januar 2011 angestoßenen Initiativen wurde bereits begonnen.

<sup>7</sup> CPS-Projektseite unter: <http://www.acatech.de/de/projekte/laufende-projekte/integrierte-forschungsagenda-cyber-physical-systems.html>

## Initiative I: Vertrauen, Schutz und Selbstverantwortung in der digitalen Welt

Angesichts der Schlüsselstellung der IT-Branche für die gesamte volkswirtschaftliche Weiterentwicklung verdient die Weiterentwicklung des Vertrauens in das Internet höchste Aufmerksamkeit. »Der Vertrauensverlust in das Internet gefährdet den wirtschaftlichen Erfolg der gesamten IT-Branche stärker als irgendwelche Konjunkturdellen oder Krisenszenarien«, so die Bundesverbraucherschutzministerin im Vorfeld des IT-Gipfels der Bundesregierung 2010.

Neben dem Thema »Datenschutz« wird vor allem »der kompetente Umgang mit persönlichen Daten im Internet« als kritisch erachtet. Wenngleich die Bundesregierung die herausgehobene Rolle von Verbrauchervertrauen und Datenschutz als Voraussetzung für freie und ungehinderte Kommunikation und Teilhabe erkannt hat<sup>8</sup>, liegt der Schwerpunkt der Forschungsförderung bisher auf sicherheitstechnischen Aspekten. In diesem Bereich wird Deutschland zwar ein hohes Niveau im Forschungs- und Entwicklungsbereich attestiert, gleichwohl wird die kritische Bedeutung des Nutzerverhaltens betont: »Bei vielen Nutzern muss das Bewusstsein für die Schutzwürdigkeit persönlicher und sensibler Daten im Internet, beispielsweise in sozialen Netzwerken, jedoch noch geweckt und gewahrt werden.«<sup>9</sup> Benutzerfreundlichkeit und einfache Bedienbarkeit der Sicherheitsfunktionen sind daher Schlüsselfaktoren für Technikakzeptanz.

8 [5. NATIONALER IT-GIPFEL], S. 27.

9 [OFFEN FÜR DIE ZUKUNFT 2010], S. 14.

### Die Promotoren empfehlen eine ressortübergreifende Initiative im Bereich »IT-Privacy« – Vertrauen und Akzeptanz in IKT bei der Bevölkerung sichern.

Die Initiative richtet sich an Wirtschaft und Wissenschaft. Gesellschaftliche Kräfte und Politik sollen darin eingebunden werden. In wissenschaftlicher Hinsicht ist ein breiter interdisziplinärer Austausch, insbesondere mit Rechts- und Sozialwissenschaften sicherzustellen.

Seitens der Wirtschaft sind alle Unternehmen aufgerufen, das Thema Internetentwicklung voranzutreiben.

Die angestrebte Initiative »IT-Privacy« kann als Dach für Einzelvorhaben der Bundesregierung dienen. Die Ergebnisse der IT-Privacy Initiative und einzelner Projekte können wichtige Impulse auch auf europäischer Ebene liefern, wo derzeit wichtige Gesetzesvorhaben, wie etwa die Überarbeitung der EU-Datenschutzrichtlinie, angestoßen und beraten werden.

### Umsetzung Stand März 2012:

Die Promotorengruppe »Kommunikation« kooperiert eng mit der des Bedarfsfeldes »Sicherheit«, die das Zukunftsprojekt »Sichere Identitäten« bearbeitet. Ziel dieses Zukunftsprojekts ist es, Wege aufzuzeigen, wie Datenschutz und Datensicherheit im Internet im Alltag realisiert werden können. Zudem wird das interdisziplinäre Forschungsprojekt »Internet-Privacy – Eine Kultur der Privatsphäre und des Vertrauens im Internet« im März 2012 erste Zwischenergebnisse vorlegen

Bericht zum Bedarfsfeld »Sicherheit« unter:  
[www.forschungsunion.de](http://www.forschungsunion.de)

## Initiative II: Energieeffiziente IKT

In Bezug auf Energie und Umwelt, können IKT durch den Einsatz von intelligenten Lösungen ganz erheblich dazu beitragen, die Ressourceneffizienz zu verbessern. Auf der anderen Seite verantworten die IKT heute mit 10% des deutschen Gesamtstrombedarfs (und einem Wachstum um 20% bis 2020) bereits 2% der weltweiten Klimagasemissionen:

- Durch die zunehmende Virtualisierung von Businessdaten, die in der Geschäftswelt zu beobachten ist, wird der Gesamtstrombedarf weiter steigen. Beim Cloud Computing befinden sich die Geschäftsdaten nicht mehr auf unternehmensinternen Rechnern, sondern werden dezentral in Rechenzentren rund um die Welt gespeichert. Ohne umfassende Energiesparmaßnahmen würde der Stromverbrauch beim Betrieb von Rechenzentren bis 2013 um 50% weiter ansteigen.
- Der globale Mobilfunkverkehr wird sich laut Prognosen innerhalb von 5 Jahren (2009-14) um das ca. 40-fache erhöhen. Die Mobilfunktechnik der nächsten Generation (LTE) leistet einen entscheidenden Beitrag dazu. Ursache dafür ist zum einen ein Boom in den Schwellenländern, die Jahrzehnte wirtschaftlicher Rückständigkeit durch kostengünstigen Anschluss an das globale Datennetz aufholen können. Zum anderen gibt es einen weltweiten Boom des Bedarfs an mobilen Endgeräten (Netbooks, Smartphones, tablets, e-Reader), der den Trend zum ansteigenden Datenvolumen – vor allem durch die Übertragung von Videodaten – noch beschleunigt.

Für die IKT verschärft sich daher das Problem, wie die Wachstumsraten der Energiebedarfe von denen der durch Nachfrage nach immer mehr Rechenleistung entstehenden Datenvolumina abgekoppelt werden können.

Es gibt einen Green IT Aktionsplan (Green IT Pionier Deutschland) des BMWi, der weiter verfolgt werden soll. Die Promotorengruppe empfiehlt eine Ergänzung dieses Aktionsplanes durch Best-Practice-Beispiel (insb. DAX Unternehmen) um:

1. Nachahmer zu finden
2. Dem hohen Energieverbrauch der IK-Technologien das Einsparpotential durch IKT entgegenzusetzen
3. Das Potential des Standorts Deutschland in diesem Bereich herauszustellen

### Initiative III: Nachwuchs, Ausbildung und Qualifikation in IKT

Der Fachkräftemangel in der IT-Branche ist ein seit Jahren bekanntes Problem, das die Entwicklung des Standorts Deutschland hemmt. Dabei fehlen in Deutschland nicht nur IT-Experten, sondern vor allem auch IT-Manager – diese werden oftmals im Ausland rekrutiert. Dies ist an sich nichts Schlechtes, da Ideen am besten in den Köpfen von Menschen »reisen«. Allerdings brauchen wir auch Manager, die ihre spezifischen Erfahrungen aus Deutschland mit einbringen können. Um Top-Informatik-Studenten zu den IT-Managern von Morgen zu entwickeln, wurde im Vorfeld des IT-Gipfels 2010 der Software Campus konzipiert.

Der **Software Campus** wird es bis zu 100 fortgeschrittenen Master- oder Promotions- Informatikstudenten ermöglichen, selbst gewählte Projekte unter persönlicher Anleitung eines Spitzenforschers und eines erfahrenen Managers aus IT Unternehmen zu bearbeiten. Die Studenten werden von einer Kommission jährlich ausgewählt. Zusätzlich zum Fachwissen werden Kernkompetenzen vermittelt: Verständnis für Marktzusammenhänge, Unternehmensfunktionen und -strategien, Expertisen zur Ausgestaltung von Technologieplanungs- und Innovationsprozessen oder Internationalisierungsstrategien. Ziel ist es, dass 50 Prozent der Absolventen in 10 Jahren Führungskräfte in deutschen IT-Unternehmen sind. Der Software Campus soll eine internationale Ausstrahlung haben – 50 Prozent der Studenten sollen langfristig aus dem Ausland kommen. Die Finanzierung wird hälftig getragen von BMBF und den Unternehmen. Das Gesamtvolumen beträgt 10 Millionen Euro pro Jahr. Der Software Campus wird durch eine Geschäftsstelle vertreten, die beim EIT ICT in Berlin angesiedelt ist, vertreten.

Empfehlungen der Promotoren im Januar 2011: den Software Campus zur Ausbildung von IT-Managern der Zukunft in 2011 einzurichten und die Internationalisierung der postgraduierten Ausbildung an Exzellenzzentren durch das FIT-Programm fortzusetzen und zu verbreitern. Alle Ausbildungsaktivitäten sollen im Rahmen der europäischen EIT ICT Labs koordiniert werden.

Es wird empfohlen, begleitend zur Förderung der nationalen Fachkräfte eine Vernetzung mit europäischen und ausgewählten weltweiten Kooperationen (bsp. USA, Japan und Indien) zur Breitenförderung anzustreben.

Das breitere Thema IT-Fachkräftemangel sollte in der zuständigen Arbeitsgruppe 6 im Kontext des IT-Gipfels weiter behandelt werden.

#### Umsetzung Stand März 2012:

Der Software Campus wurde auf dem 6. Nationalen IT-Gipfel im Dezember 2011 in München offiziell gestartet. Der Campus ist eine Kooperation deutscher Universitäts-, Forschungs- und Industriepartner zur Finanzierung und Durchführung eines gemeinsamen Eliteförderungsprogramms zur Aus- und Weiterbildung für Master- und Promotionsstudierende.

Weitere Informationen: [www.softwarecampus.de](http://www.softwarecampus.de)

## Initiative IV: Die Digitale Agenda Europas aktiv mitgestalten!

Die Bewältigung globaler Herausforderungen durch ihre Erforschung und die Verbreitung von Forschungsergebnissen ist nicht allein national möglich, sondern nur durch internationale Kooperationen. Die Bundesregierung verfolgt entsprechend die Zielsetzung, den erfolgreichen Ansatz der Hightech-Strategie nach Europa zu tragen, »um gemeinsame kohärente innovationspolitische Ansätze in Europa zu gestalten«<sup>10</sup>. Zudem orientiert sich die IKT-Strategie 2015 explizit an den Zielen der »Digitalen Agenda für Europa«<sup>11</sup>. Entsprechend sollen bei der Umsetzung der nationalen Strategien Aktivitäten auf europäischer Ebene berücksichtigt werden.

Deutschland nimmt mit seiner Internationalisierungsstrategie weltweit eine Vorreiterrolle ein und wirkt aktiv an der Ausgestaltung des Europäischen Forschungsraumes mit, u.a. bei der Entwicklung der Gesamtstrategie EUROPA 2020<sup>12</sup> auf Basis der Erfahrungen mit der Hightech-Strategie.

Im Bedarfsfeld Kommunikation ist das ICT Lab des »European Institute of Innovation and Technology« (EIT) von strategischer Relevanz für die nationalen F&E Aktivitäten. Es ist eines von drei so genannten »Knowledge and Innovation Communities« (KICs), die 2009 zu den Bedarfsfeldern Klima, Energie und IKT genehmigt wurden – alle drei unter starker deutscher Beteiligung.

Empfehlungen der Promotoren im Januar 2012:

Die Promotoren empfehlen, die EIT ICT Labs als Hebel für Innovationen zu nutzen, um Europäische Innovationsallianzen zu schmieden und deutsche Ideen/Initiativen aktiv auf der Europäischen Ebene einzubringen.

Die Promotoren empfehlen die enge Verzahnung der nationalen Aktivitäten zum Thema Cyber-Physical Systems mit den entsprechenden Aktivitäten des EIT ICT Labs.

### Umsetzung Stand März 2012:

Das BMBF-geförderte Projekt »Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems« wird gemeinsam mit dem deutschen Knoten des KIC ICT Berlin die Abschlussveranstaltung im April 2012 ausrichten; weitere gemeinsame Projekte sind in Vorbereitung.

<sup>10</sup> HIGHTECH-STRATEGIE 2020, S. 9.

<sup>11</sup> [http://ec.europa.eu/information\\_society/digital-agenda/index:de.htm](http://ec.europa.eu/information_society/digital-agenda/index:de.htm)

<sup>12</sup> <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20%20DE%20SG-2010-80021-06-00-DE-TRA-00.pdf>

### 3 ZUKUNFTSPROJEKT »INDUSTRIE 4.0«:

Deutschland bis 2020 Leitanbieter für  
Cyber-Physical Systems (»Internet der Dinge«)



#### 3.1 Handlungsbedarf angesichts der 4. Industriellen Revolution

Viele Branchen in Europa suchen aktuell nach Lösungen, um sich – trotz Produktion in einer Hochlohnregion – im globalen Wettbewerb behaupten zu können.

Im Gegensatz zu anderen Industrieländern ist es Deutschland gelungen, die Anzahl der Beschäftigten in der herstellenden Industrie in den letzten zehn Jahren weitgehend stabil zu halten, weil neue technologische Entwicklungen in die Produkte und

Prozesse frühzeitig integriert werden konnten. Dies muss auch beim anstehenden Transformationsprozess mit Cyber-Physical Systems (CPS) gelingen, um die Zukunftsfähigkeit des deutschen Produktions- und Arbeitsplatzstandortes zu sichern.

**Die deutsche Industrie hat die Chance als erste das Internet der Dinge für eine 4. Industrielle Revolution zu nutzen**

(s. Abb. 3):

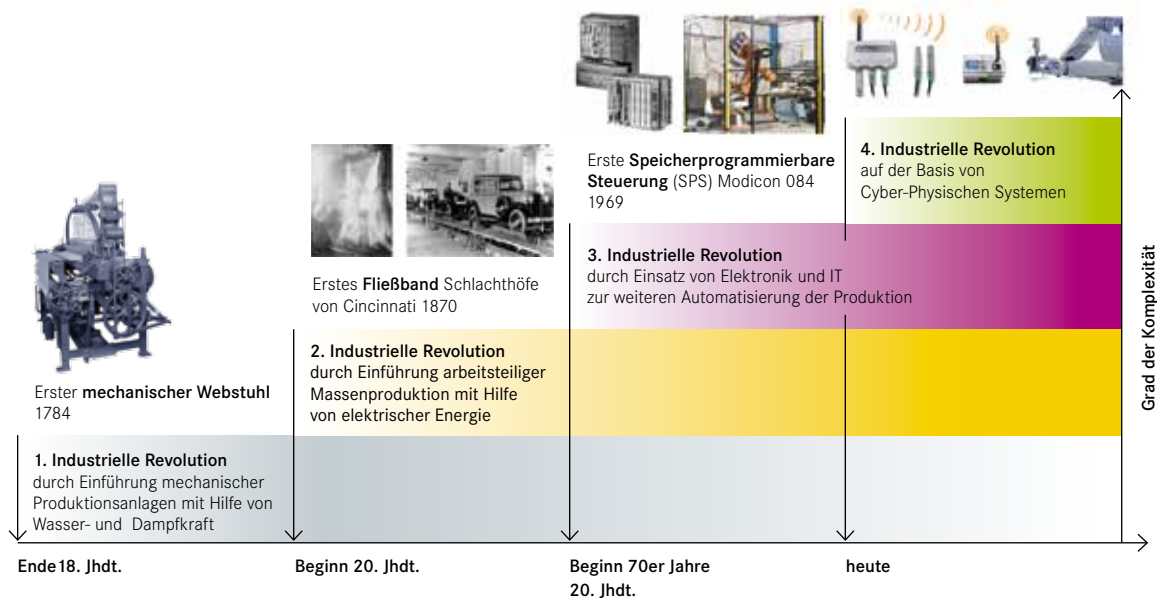


Abb. 3 – Die 4 Stufen industrieller Revolutionen, Quelle: DFKI (2011)

Die erste industrielle Revolution, die Einführung mechanischer Produktionsanlagen Ende des 18. Jahrhunderts, und die zweite industrielle Revolution, die arbeitsteilige Massenproduktion von Gütern mit Hilfe elektrischer Energie (Fordismus, Taylorismus, Ablösung der Muskelarbeit durch den Einsatz elektrischer Maschinen) seit der Wende zum 20. Jahrhundert, mündeten ab Mitte der 70er Jahre in die bis heute andauernde dritte industrielle Revolution. Hierbei wurde mit dem Einsatz von Elektronik und IT

die Automatisierung von Produktionsprozessen weiter voran getrieben und ein Teil der Kopfarbeit an Maschinen delegiert.

Ein erfolgreicher Produktionsstandort zu bleiben bedeutet darüber hinaus, die vom Internet getriebene 4. Industrielle Revolution mit zu gestalten und autonome, selbststeuernde, wissensbasierte und sensorgestützte Produktionssysteme zu entwickeln, zu vermarkten und zu betreiben.

Auf dem Gebiet der softwareintensiven eingebetteten Systeme hat sich Deutschland eine führende Stellung insbesondere im Automobil- und Maschinenbau erarbeitet. Mit der Nationalen Roadmap Embedded Systems wurde bereits auf dem Nationalen IT Gipfel 2009 auf die Bedeutung vernetzter eingebetteter Systeme verwiesen. Im evolutionären Trend (s. Abb. 4) der technischen und wirtschaftlichen Verschmelzung der virtuellen und physikalischen Welt zu Cyber-Physical Systems ist der Produktionsstandort Deutschland gut aufgestellt, um seine Wettbewerbsfähigkeit halten und ausbauen zu können.

Es gilt daher, diesen nächsten Schritt zum Internet der Dinge im industriellen Umfeld konkret zu machen, um auch für komplexe Themen wie Smart Cities gerüstet zu sein.

Wichtige Ziele bei diesem Transformationsprozess zu CPS sind noch stärkere Automatisierung und Monitoring, um Unternehmen und ganze Wertschöpfungsnetzwerke in nahezu Echtzeit steuern zu können. Hier finden CPSs ein weites Einsatzgebiet. Und schließlich bietet die vertikale Vernetzung eingebetteter Systeme mit betriebswirtschaftlichen Prozessen neben ganz neuen Geschäftsmodellen erhebliche Optimierungspotentiale, beispielsweise im Bereich der Logistik, der Produktion von Gütern oder in der Prozessindustrie.

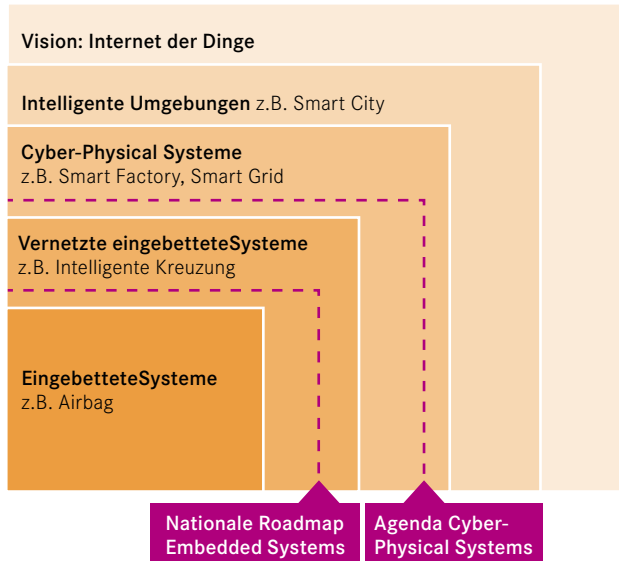


Abb. 4 – Die Evolution von Eingebetteten Systemen zum Internet der Dinge, Quelle: PG Kommunikation, 2012



Diesen Potenzialen stehen Herausforderungen gegenüber, die es zu lösen gilt:

- **methodische Herausforderungen**, wie die unterschiedlichen Lebenszyklen der Systeme und die damit notwendigen, klaren Schnittstellen und Konfigurationsmöglichkeiten,
- **wirtschaftliche Herausforderungen**, wie die Auflösung der klassischen Systemgrenzen (vom Gerät zum Geschäftsprozess) und die damit verbundenen Ownership- und Geschäftsmodelle,
- **technologische Herausforderungen**, wie die komplexeren Regelwerke von zunehmend autonomen Abläufen, die wesentlich mehr Optimierungskriterien abdecken müssen als bisher,
- **rechtliche Herausforderungen**, wie die systemübergreifenden Prozesse, und die damit verbundenen Security- und Safety-Fragen (die ja nicht mehr lokal adressiert werden können, wie in aktuellen Zertifizierungsansätzen vorgesehen) und die daraus resultierenden Haftungsfragen,
- **gesellschaftliche Herausforderungen**, wie Akzeptanzfragen für immer ausdifferenziertere Mensch-Maschine-Interaktionen – von weitreichenden Assistenzfunktionen im Auto über den Arbeitsplatz bis hin zur Mediennutzung.

IK-Technologien besitzen das Potential, die produzierenden Industrien zu revolutionieren. Im Rahmen des Zukunftsprojektes »Industrie 4.0« werden Handlungsempfehlungen für die durch das Internet getriebene 4. Industrielle Revolution erarbeitet:

Industrie 4.0 adressiert den schnellen technologischen Wandel auf Basis des Zusammenwachsens moderner Technologien der Informationstechnik mit klassischen industriellen Prozessen zu Cyber-Physical Systems. Gerade durch die steigende Leistungs-

fähigkeit, wachsende Komplexität und technische Heterogenität der Produkte ist eine ganzheitliche Sicht zwingend erforderlich, wie das insbesondere durch Begriffe wie Systems Engineering und Product-Life-Cycle-Management charakterisiert wird. Die Industrie muss im Zeitalter von Cyber-Physical Systems eine holistische Sicht auf Produktlebenszyklen einnehmen und damit die vier wesentlichen Phasen für Produkte ganzheitlich adressieren:

1. **Entwicklung,**
2. **Produktion,**
3. **Betreuung im Feld und im Einsatz,**
4. **Außerbetriebnahme und Entsorgung**

Wesentlich ist hier, das Netzwerk von Dienstleistungen und Engineering-Aufgaben und nicht zuletzt auch Fragen der Vermarktung und der Business Cases so ganzheitlich aufeinander abzustimmen, wie das heute durch den konsequenten Einsatz moderner Informationstechnik möglich ist.

Vor diesem Hintergrund ist es essentiell, dass Industrie 4.0 gerade auch Fragen der Entwicklung, des Virtual Systems Engineering unter Berücksichtigung von Fragen der Produktion, des Einsatzes im Felde und der Entsorgung bereits in der Produktentstehung in vollem Umfang mit berücksichtigt.

Die durchgängige Beherrschung des Engineerings in allen vier Phasen des Produktlebenszyklus muss der zentrale Ansatz von Industrie 4.0 sein.

## 3.2 Innovationsmotor Cyber-Physical Systems

Die Integration von eingebetteter Informationstechnologie in Gegenstände, Materialien, Geräte und Umgebungen (Cyber Physical Systems, CPS) ermöglicht die zeitlich und räumlich hochaufgelöste Erfassung interner Zustände von Geräten und Material, aber auch externer Zustände des realen Umfelds industrieller Prozesse. Dadurch werden weitgehende Verbesserungen bei der Durchführung industrieller Prozesse in der Produktion, dem Engineering für die Industrie, der Materialverwendung, des Supply Chain Management und des Life Cycle Management möglich und führen so zu einer neuen Form der Industrialisierung, Industrie 4.0.

Durch Industrie 4.0 werden sich unter anderem ändern:

- Die Geschwindigkeit der Durchführung von industriellen Prozessen,
- die Flexibilisierung der Prozesse bis hin zur teilautonom selbstorganisierten kontinuierlichen Änderung, Optimierung und Ausführung der Prozesse – innerhalb einer Produktionseinheit aber auch eines Produktionsflusses einschließlich der gesamten Logistikkette,
- die Losgrößen bzw. die individualisierte Ausstattung der Produkte bis hin zur Losgröße 1,
- die Komplexität der Prozesse durch die freie und dadurch flexible Zuordnung von Produktionsmittel und Organisationen bei der Produktion, Lieferung, Lebenszyklus eines Produkts,
- die Transparenz der Durchführung durch Zugriff auf alle Metainformationen,
- der Druck wird steigen, ressourcenarm und kosteneffektiv zu wirtschaften, was wiederum nur durch Einführung von CPS-Technologien möglich ist.

Diese Cyber-Physical Systems für Smart Factories lassen sich auch als Cyber-Physical Production Systems bezeichnen (CPPS). Zielsetzung sollte nicht nur sein, CPPS exemplarisch zu ermöglichen, sondern damit auch neue Produkte und Verfahren zu generieren.

Mit diesem Ansatz sollen 3 Ziele erreicht werden:

- Schaffung neuer Formen der intelligenten Produktionstechnik, um Deutschland in seiner Automatisierungskompetenz wieder ein Stück auf Abstand zu den Wettbewerber-Ländern zu bringen,
- Erfindung neuer Produkte der Automatisierungstechnik, um innovative Produkte für den Weltmarkt generieren zu können,
- Deutschland die Möglichkeit zu geben, seine Produktionsstätten und ihr Umfeld intelligenter zu gestalten und damit auch dann weiter zu automatisieren, wenn aufgrund des demografischen Wandels die Kohorten-Stärke der operativproduktiv Arbeitsfähigen abnimmt und dennoch das Produktionsvolumen am Standort behalten werden soll. Deutschland könnte damit sowohl zum Leit-Nutzer als auch zum Hauptanbieter von CPPS werden.

Ein weiteres wichtiges Thema bei CPPS ist die schnelle Ad-hoc-Vernetzung, um Wandlungsfähigkeit, Flexibilität, Selbstoptimierung und auch Ressourceneffizienz besser zu erreichen. Allerdings genügt es keinesfalls, Regelschleifen in untergeordneten Produktionsressourcen zu realisieren (was bereits heute teilweise möglich ist), sondern es muss eine ganzheitliche Optimierung auf und zwischen allen Automatisierungsebenen möglich werden. Wichtige Voraussetzungen dafür, dass das Konzept CPPS überhaupt funktionieren kann, sind:

- Weitere Erforschung und Entwicklung von Innovationsmethoden, um stets neue Produkte für den Weltmarkt bieten zu können,
- laufende Erforschung neuer Produktionsprozesse
- weitere wissenschaftliche Durchdringung der Produktionsprozesse und Produktionsmaschinen, um korrekte abgesicherte Modelle zu haben, mit denen die »Künstliche Intelligenz« dann arbeiten kann,
- robuste, schnelle, effiziente Produktionsverfahren, die ohne laufenden Eingriff und Kontrolle durch den Menschen sicher ablaufen können,
- stabile Maschinen mit vorhersagbaren Eigenschaften und Verhalten, um sichere Automatisierung auch unter veränderlichen Randbedingungen zu realisieren,
- Modelle und Simulationsverfahren für Prozesse und Maschinen, um den Automatisierungs-Systemen Methoden zur Einschätzung der Konsequenzen ihrer Entscheidungen aufzuzeigen,
- sichere Verfahren der Künstlichen Intelligenz, die auch unter harten Randbedingungen und mit hoher Geschwindigkeit ablaufen können, um weder Mensch noch Maschine in Gefahr zu bringen,
- Sicherheit in den Netzen, um Missbrauch, kriminelle Eingriffe oder auch Fahrlässigkeit von außen abzuwenden,
- extreme Echtzeitfähigkeit, um auch schnellste Prozesse, Ereignisse und Wechselwirkungen beherrschen zu können,
- neue Betreibermodelle.

### 3.3. Bisheriger Stand/Hightech-Strategie

Die Bundesregierung räumt wie eingangs ausgeführt dem Thema industrieller Wandel durch IKT sowohl in ihrer Hightech-Strategie auch in Ihrer IKT-Strategie eine starke Stellung mit zahlreichen Förderprojekten ein, es existiert jedoch bisher kein übergreifendes Bedarfsfeld »Industrie«, anhand dessen sich Förderstrategien effektiv gemeinschaftlich bündeln ließen.

Zahlreiche Vorarbeiten (s. Abb. 5) dienen als Grundlage für die Ausarbeitung der Handlungsempfehlungen:

Die Promotoren empfehlen die Sichtung, Analyse und die anschließende Herausarbeitung eines Deltas »Industrie 4.0« aus den bereits geleisteten Vorarbeiten als ersten Arbeitsauftrag für die jeweiligen Arbeitsgruppen des Arbeitskreises.

Das existierende Know-How aus diesen Vorarbeiten soll, wo machbar, durch personelle Mitarbeit im Zukunftsprojekt Industrie 4.0 genutzt werden.

#### BMBF

- Nationale Roadmap Embedded Systems (2009)
- Softwareplattform Embedded Systems -- SPES 2020 (2008-2011)
- Spitzencluster Microtec, Software und Logistik (seit 2010)
- Allianz digitaler Warenfluss (2009-2011)
- Projekt Aletheia (2008-2011)
- Projekt SemProM (2008-2011)
- Verbundprojekt „Integrierte Forschungsagenda CPS (05/2010-10/2011)

#### BMWi

- Zielsetzungen aus »Deutschland digital 2015« (IKT-Strategie der Bundesregierung)
- Ergebnisse der bisherigen IT-Gipfel (v.a. Leuchtturmprojekt »Internet der Dinge«)
- Technologieprogramm Next Generation Media – Vernetzte Lebens- und Arbeitswelten (Leitfäden, Ergebnisse/2005-2009)
- Technologieprogramm Autonomik (2009-2013)
- SimoBIT (2007-2011)

- Vorarbeiten der **Verbände** (VDMA, VDI, VDA, ZVEI, BITKOM, BDI, ...)
- Von der **DFG** geförderte Vorarbeiten (SFBs, SPP), Vorarbeiten der **FhG**, ...
- Vorarbeiten **Exzellenzcluster** »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« (RWTH Aachen) und »Kognition für Technische Systeme« (TU München)
- **acatech** Symposium CPS (02/2010)

Abb. 5 – Vorarbeiten zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Quelle: PG Kommunikation, 2011

# 4 UMSETZUNG DES ZUKUNFTSPROJEKTES: DIE AGENDA INDUSTRIE 4.0

Aufbauend auf die zuvor angeführten Vorarbeiten soll im Rahmen des Zukunftsprojektes das bereits erarbeitete Know-how gebündelt werden. Davon ausgehend werden weitere Umsetzungsschritte empfohlen.

Die Promotoren empfehlen zur Umsetzung des Zukunftsprojektes Industrie 4.0:

- (1) Sichten der Vorarbeiten und Herausarbeitung eines Deltas aus dem vorhandenen Stand an Ergebnissen und Arbeiten,
- (2) Die Erarbeitung einer Agenda Industrie 4.0 durch Wirtschaft (Großindustrie und KMUs) und Wissenschaft unter gemeinsamer Leitung von acatech und der Robert-Bosch GmbH,
- (3) Das kontinuierliche Erarbeiten von Maßnahmen aus der Agenda heraus,
- (4) Empfehlung: als erste Maßnahme der Agenda Industrie 4.0 eine Ausschreibung zum Thema Smart Factory (umgesetzt Dezember 2011),
- (5) Empfehlung: Definition weiterer Maßnahmen in 2012, die mit dem BMBF und dem BMWi abzustimmen sind,
- (6) Den Einsatz eines Arbeitskreises mit 5 Arbeitsgruppen.

Als ersten Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0 hat das BMBF den Empfehlungen der Promotoren folgend (siehe Empfehlung 4) im Dezember 2011 eine **Förderbekanntmachung zum Themenfeld „Intelligente Vernetzung in der Produktion“** veröffentlicht. Zudem werden mit der Bewilligung des **Spitzenclusters „it’s OWL – Intelligente technische Systeme Ost-WestfalenLippe„** in den nächsten Jahren 45 Forschungs- und Entwicklungsprojekte umgesetzt, die ebenfalls zentrale Themenfelder des Zukunftsprojektes bearbeiten.

Mittels der Agenda Industrie 4.0 sollen von Wissenschafts- und Wirtschaftsvertretern kurz- und mittelfristige Maßnahmen erarbeitet werden, die der Umsetzung der Fabrik der Zukunft und damit der Entwicklung eines Exportschlagers Smart Factory dienen.

Der eigentlich »Kern« der Agenda, die Smart Factory, wird dabei durch 4 Themenschwerpunkte flankiert, die eine ganzheitliche Sicht ermöglichen (s. Abb. 6)

**Ziel der Agenda: Die Umsetzung der Smart Factory**

**1. Schwerpunkt: Reales Umfeld**

**2. Schwerpunkt: Wirtschaftliches Umfeld**

**3. Schwerpunkt Faktor Mensch**

**4. Schwerpunkt: Faktor Technologie**

Für jeden Schwerpunkt werden schrittweise Maßnahmenkataloge und Handlungsempfehlungen erarbeitet. Die generischen Themen der einzelnen Schwerpunktthemen lassen sich zudem auch auf andere Bedarfsfelder (bspw. Energie/das Smart Grid) übertragen.

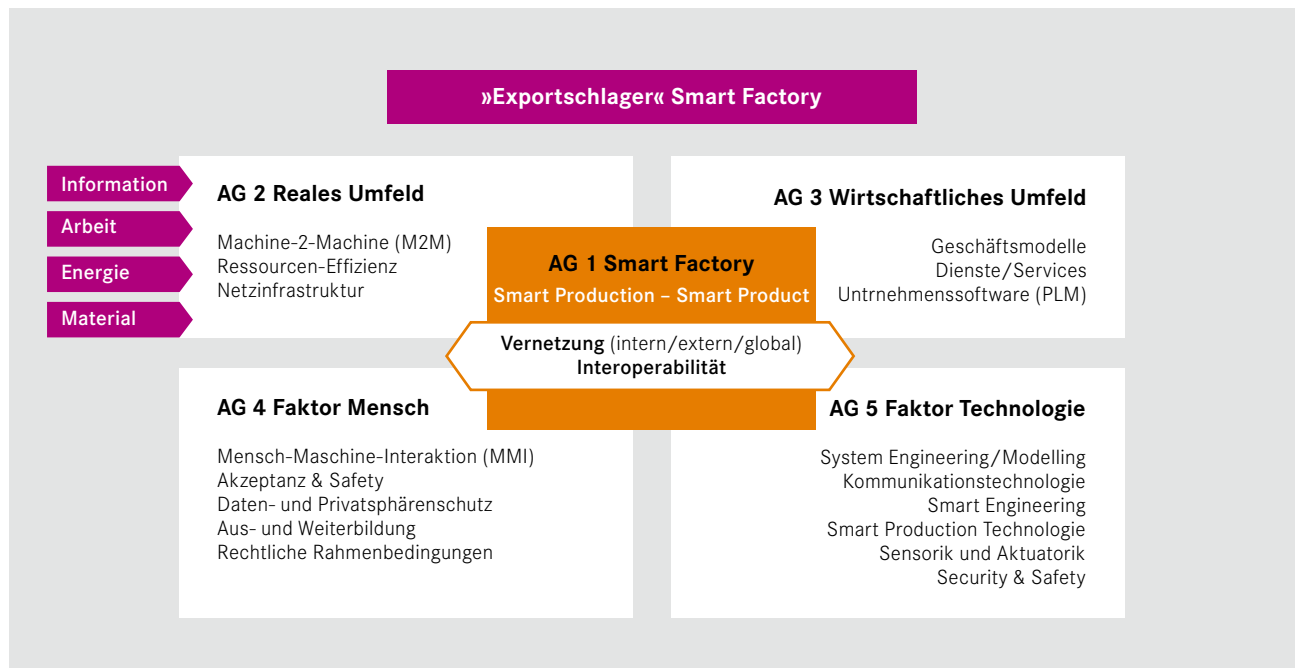


Abb. 6 – Thematischer Zuschnitt der 5 Arbeitsgruppen, Quelle: PG Kommunikation, 2012

## 4.1 Ziel der Agenda: die Umsetzung der Smart Factory

Der Einsatz von CPS in Produktionssystemen führt zur Smart Factory, deren Produkte, Ressourcen und Prozesse durch CPS charakterisiert sind und die durch deren spezifische Eigenschaften Vorteile in Bezug auf Produktivität, Ressourceneffizienz und Wandlungsfähigkeit gegenüber klassischen Produktionssystemen bietet. Der Einsatz von CPS in der industriellen Produktion beinhaltet folgende Potenziale:

- Komplexitätsbeherrschung durch die technologieunabhängige Kapselung von Funktionalitäten in abstrakt beschreibbaren Diensten,
- Wandlungsfähigkeit und Flexibilität durch dynamische Zusammensetzung abstrakt beschriebener Prozessabläufe zur Laufzeit,
- Beschleunigung von Innovationszyklen durch Ad-hoc-Vernetzung von intelligenten Produktionsressourcen und Produkten,



Abb.7 – Die Smart Factory, Quelle: DFKI, 2012

- Ressourceneffizienz durch den Ad-hoc-Aufbau von wertschöpfungsnetzwerkübergreifenden Regelschleifen für einen situations- und zustandsbezogenen Einsatz von Produktionsressourcen sowie eine bessere Kapazitäts- und Ablaufplanung bzw. -steuerung,
- Realisierung verteilter und vernetzter Produktionsstätten in urbanen Räumen durch verbesserte Möglichkeiten der Komplexitätsbeherrschung, Wandlungsfähigkeit und Ressourceneffizienz.

Ziel der Aktivitäten in Forschung und Industrie muss es sein, technologische und wirtschaftliche Hemmnisse zu beseitigen und die Realisierung und den Einsatz von Smart Factories zu forcieren. Zu erfüllende Kriterien sollten dabei sein:

- Interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklergruppen,
- Integrative Behandlung von Cyber-, Automations- und Produktionstechnologien,
- Validierung an konkreten Fallbeispielen (auch bei KMU),
- Konzeptionelle Übertragbarkeit auf andere Problemstellungen,
- Beitrag zur Sicherstellung von Nachhaltigkeit in Form von Energie-, Rohstoff- und Materialeffizienz.

Daraus ergeben sich folgende Handlungsfelder:

#### **Kurzfristige Handlungsfelder**

- Entwicklung industrietauglicher CPS-Technologien in Bezug auf Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Realzeit und Reaktionszeit (Intelligente Maschinen)
- Intelligente Verfahren für die Produktionsplanung, -steuerung und -regelung in der Smart Factory (unternehmensintern und überbetrieblich)
- Integrative Konzepte für die horizontale und vertikale Vernetzung von Produktions- und Logistikeinheiten sowie smarter Produkte
- Engineeringmethoden und -werkzeuge für Elemente einer Smart Factory

#### **Mittelfristige Handlungsfelder**

- Koexistenz und Synchronisation von virtuellen und realen Produktionssystemen für ein optimiertes Wissens- und Informationsmanagement in Smart Factories
- Entwicklung und Standardisierung einer Referenzarchitektur für modulare und strukturvariable Smart Factory Lösungen
- Entwicklung von Mechanismen und Technologien für den Schutz von Fertigungs-Know-how gegen Produktpiraterie und Cyberangriffe



## 4.2 Schwerpunkt »Reales Umfeld«

Die Änderung in Technologie und Verfahren sind nicht nur technischer Natur, sondern müssen von den beteiligten Personen auch verwaltet, verstanden, begleitet und durchgeführt werden. Ressourcen wie Zeit, Energie oder Material geben die Rahmenbedingungen vor oder stellen die Optimierungsparameter dar. Um diese genau einzuhalten, ist die Erfassung und Erkennung des realen Umfelds zwingend notwendig. Die Erfassung des realen Umfelds ist damit eine zentrale Innovationskomponente in der Industrie 4.0 (s. Abb. 8).

Die technische Erfassung selbst erfolgt durch kabellose Sensor-/Aktorsysteme im weitesten Sinne, welche insbesondere intelligente vernetzte Teilprodukte/Transportsysteme mit einbezieht. Diese bilden damit die am weitesten in die Realität hineingreifende IT-Komponente. Sie müssen deshalb besonders zuverlässig und – wegen ihrer hohen Anzahl – auch besonders preiswert sein, und weiteren Randbedingungen (Leistungsaufnahme, Security) genügen. Der Preis gestaltet sich dabei nicht nur durch die Hardware, sondern zu einem größeren Teil durch die dazu notwendige Software sowie die Kosten für Integration, Rekonfiguration und Wartung. Die bisherige schlechte Akzeptanz der kabellosen Sensor/Aktorsysteme in der Industrie ist vor allem auf das Fehlen dafür geeigneter Konzepte in diesem Bereich zurückzuführen, wie auch auf das Fehlen von branchenübergreifenden Standards.

Die Auswertung der von diesen Systemen gelieferten Informationen durch Techniken der Situations-, Kontext- und Aktivitätserkennung ist hoch innovativ und komplex und erfordert sowohl neue Techniken (siehe hierzu »kurzfristige Handlungsfelder«) als auch den Aufbau einer Wissensdatenbank für die Erfassung von Situationen und Aktivitäten und den dazu korrelierten Mustern. Die Vernetzung der Komponenten setzt durch die Zusammenführung der in Echtzeit erkannten Information erst das gesamte Potential einer kontextsensitiven Industrie 4.0 frei und ermöglicht völlig neue Dienst- und Betreibermodelle. Dazu sind allerdings noch technologische Hürden in der Vernetzung der Sensor/Aktorsysteme selbst zu überwinden.

Basierend auf den neuen Informationen und Möglichkeiten des hochaufgelösten Eingriffs in die Prozessabläufe ergibt sich ein großes Potenzial von Innovationen.



Abb. 8 – Vernetzungsmodell der Smart Factory mit dem Realen Umfeld,  
Quelle: Prof. Beigl, KIT 2011

So können etwa Sicherheitssysteme und Wartungssysteme erheblich verbessert werden, insgesamt kann die gesamte Prozesskette teilautonom gestaltet werden.

#### **Kurzfristige Handlungsfelder**

- **Wirtschaftliche und smarte Sensor/Aktorsysteme:** Entwicklung hochzuverlässiger und flexibel nutzbarer kabelloser Sensorik/Aktuatorik-Module (Sensorknoten) mit geringem TCO (Total Cost of Ownership) unter Verwendung neuer Technik insbesondere der Funkkommunikation und die Entwicklung entsprechender neuer Geschäfts- und Betreibermodelle.
- **Erkennung des Realen Umfelds und Echtzeitreaktion:** Echtzeit-Situations- und Aktivitätserkennung mittels Sensorik für die Erfassung, Klassifikation und das Erlernen der aktuellen Situation im Produktionsprozessumfeld. Erstellung einer entsprechenden für Industrie 4.0 spezifischen Datenbank für Aktivitäten und Situationen und die darauf aufbauende situationsgebundene orchestrierte verteilte, kooperierende autonome bzw. teilautonome adaptive Umsetzung von Planungsstrategien.
- **Modellierung und Design:** Techniken für die zeit- und kosteneffiziente Modellierung, Entwicklung, Integration, Einsatz und das Life-Cycle Management von kontextsensitiven CPS wie Konzepte der Programmable-Reality (Domain Specific Languages und Platform-as-a-Service) und Model Driven Architectures, um optimal ressourceneffiziente (Energie, Materialverbrauch, Kosten etc.) Industrieprozesse zu erhalten.

- **Kommunikationsnetze, Middleware und Anwendung für das Cyber-Physical Internet of Things:** Entwicklung von für CPS spezifischen Vernetzungstechnologien eines hoch skalierenden Internet der Dinge mit definierter Dienstqualität und Echtzeitverhalten unter Einbeziehung spezifischer Aspekte wie Logistikinfrastruktur, durchgehende Ende-zu-Ende-Vernetzung von CPS (ad-hoc-, Mobil-, Festnetzkommunikation) und die Vernetzung und Integration heterogener Systeme vom Smart Material über RFID bis hin zum intelligenten Sensor/Aktor-Netzwerk zur Verbesserung von Produktivität, Arbeitssicherheit und Mensch-Maschine-Interaktion.

#### **Mittelfristige Handlungsfelder**

- Selbstorganisierte Umgestaltung von industriellen Prozessen, Situationsanpassung durch Realisierung der Konzepte des Autonomic und Organic Computing, insbesondere der kontrollierten Selbstorganisation, der Selbstoptimierung, Selbstheilung und Selbsterklärung.
- Neue Business-Intelligence-Dienste durch den Zugriff von Informationen aus den Prozessen und der tatsächlichen Abläufe mittels Erfassung von cyber-physischen Diensten, deren autonomen Auswertung und Darstellung in kompakter Form.
- Rechtliche Rahmenbedingungen für den Betrieb von Sensor/Aktorsystemen und die Verwertung der dabei entstehenden Daten.

## 4.3 Schwerpunkt »Wirtschaftliches Umfeld«

Mit dem Einzug des Internet der Dinge in das Produktionsumfeld entsteht ein neuartiger Informationsraum, in dem bereits heute intensiv genutzte Informationsquellen wie ERP-Systeme, Datenbanken und das World-Wide-Web um Echtzeitinformationen aus Fabriken, Lieferketten und Produkten angereichert werden. Sensor-Aktor- und cyber-physische Systeme bieten darüber hinaus die Möglichkeit, nicht nur Daten aus dem realen Umfeld in Echtzeit zu erfassen, sondern auch Handlungen in diesem Umfeld auszulösen.

Zunehmender Wettbewerbsdruck führt zum Aufbrechen jahrzehntelang existierender Wertschöpfungsketten, indem sich Unternehmen zunehmend auf ihre Kernkompetenzen fokussieren. Für die Wirtschaft Deutschlands mit ihrer Stärke in mittelständischen Unternehmensstrukturen mit hohem Spezialisierungsgrad beinhaltet dies eine große Chance durch den Aufbau flexibel kooperierender Wertschöpfungsketten. Serviceorientierte Anwendungsarchitekturen sind die Voraussetzung, um kohärente Geschäftsprozesse über Unternehmensgrenzen hinweg konfigurieren zu können.

Damit wird ein außerordentliches Potenzial für eine Effizienzsteigerung und Flexibilisierung industrieller Geschäftsprozesse geschaffen, das nur durch eine entsprechende IKT-Unterstützung vollständig ausgenutzt werden kann. Entscheidend für eine erfolgreiche IKT-Unterstützung wird sein, dass sie die Flexibilität moderner service-orientierter Software-Architekturen mit der Einfachheit der Software-Verwaltung und Installation, wie sie von App-Stores bekannt ist, kombiniert.

Über die flexible Bereitstellung von Software hinaus wird ferner die effiziente Unterstützung von Dienstleistungen jeglicher Art über das Internet (e-Services) eine bedeutende Rolle spielen.

Diese Unterstützung kann nur von einem Cloud-basierten, echtzeitfähigen Geschäftsnetzwerk, einem Business Web, bereitgestellt werden, das mindestens die folgenden Anforderungen erfüllt (s. Abb. 9):

- Abdeckung aller Dienste, die für die Abbildung vollständiger Geschäftsprozesse (Ende-zu-Ende) erforderlich sind,
- Schnelle und einfache Orchestrierung von Geschäftsprozessen bis hin zu deren automatischem Aufbau und Nachführung bei Veränderungen in der realen Welt,
- Sichere und vertrauenswürdige Auslieferung aller Inhalte über alle Ebenen vom Sensor bis zur Applikation,
- Effiziente Unterstützung mobiler Endgeräte,
- Kollaborative Analyse- und Prognoseverfahren für energieeffiziente Produktionsprozesse.

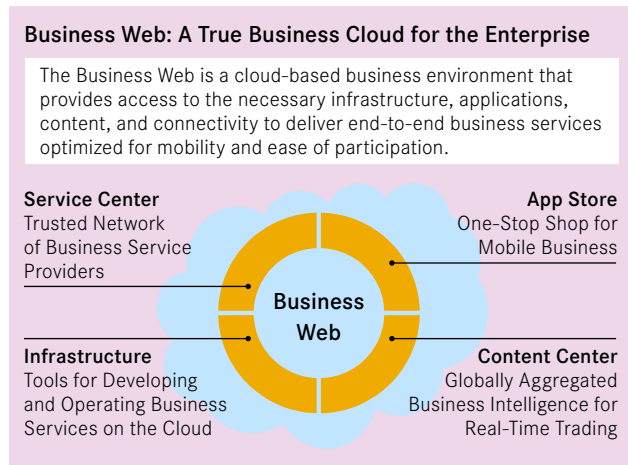


Abb. 9 – Das Business Web, Quelle: SAP AG, 2012

Für die IKT-Branche ergeben sich daraus die folgenden **kurz – und mittelfristigen** Handlungsfelder:

1. **Beherrschung der Komplexität:** In zukünftigen Geschäftsanwendungen im Business Web wird häufig eine große Anzahl heterogener Endgeräte involviert sein. So werden diese Anwendungen unterschiedliche Datenquellen aus dem Internet der Dinge (RFID, Sensoren, Maschinen, etc.) nutzen, mit cyber-physischen Systemen interagieren und auf unterschiedlichen Endgeräten (PC, Laptop, Tablet, Smartphone) konsumiert werden.

Um die damit einhergehende Komplexität über den gesamten Produktlebenszyklus einer Anwendung hinweg beherrschbar zu halten, müssen geeignete Methoden und Werkzeuge entwickelt werden. Hierzu gehören Werkzeuge zur Plattform-unabhängigen Softwareentwicklung, Werkzeuge zur Verwaltung von Geräten und der darauf installierten Software sowie Methoden zu Lokalisierung von Prozessen. Lokalisierung bedeutet hier, dass eine Datenverarbeitung möglichst direkt am Ort des Entstehens der Daten erfolgt. Nur so kann die Skalierbarkeit Cloud-basierter Anwendungen sichergestellt werden. Eine weitere Herausforderung ist die (semi-)automatische Anpassung von Geschäftsprozessen an eine sich verändernde reale Umgebung.

2. **Sicherheit und Vertrauen:** Neben den heute üblichen Mechanismen zur Datensicherheit und zum Identitätsmanagement werden im Business Web neue Ansätze notwendig sein, um auch in zukünftigen, industriellen Anwendungen die Sicherheit der Daten und Zuverlässigkeit der bereitgestellten Informationen zu gewährleisten

Neue Herausforderungen entstehen beispielsweise dadurch, dass Daten und Informationen eingebettet in Produkte durch die Wertschöpfungskette, häufig über Anwendungs- und Unternehmensgrenzen hinweg, physikalisch bewegt werden. Entsprechend müssen Sicherheitskonzepte entwickelt werden, die direkt an Daten anstatt an Anwendungen und Benutzer gebunden sind.

Daten können durch eine Vielzahl von Sensoren geliefert werden, die teilweise unscharfe oder in Einzelfällen falsche Informationen liefern können. Zusätzlich werden Daten häufig über mehrere Systeme hinweg propagiert und zeitnah verarbeitet werden.

Hier muss zum einen die Frage des Vertrauens in die Daten und ihre Quellen beherrscht werden. Zum anderen müssen Mechanismen gefunden werden, mit denen Daten aggregiert und verknüpft werden können, die Qualität der ursprünglichen und der abgeleiteten Daten gemessen und zu jedem Zeitpunkt zuverlässig beurteilt werden kann. Zusätzlich muss eine Ende-zu-Ende Integrität der Daten sichergestellt werden.

3. **Geschäftsmodelle:** Die 4. Industrielle Revolution und das Business Web werden die Art der Produkte verändern, die an Kunden verkauft werden. Anstatt einzelner Produkte werden Produkt-Service-Systeme verkauft werden. Automobilhersteller werden beispielsweise nicht einzelne Fahrzeuge verkaufen, sondern Mobilität als Service anbieten. Im Zentrum dieser Dienste werden häufig ein oder mehrere intelligente Produkte stehen.

Fragestellungen, die in diesem Kontext zu bearbeiten sind, betreffen im Wesentlichen die Geschäftsmodelle, die hinter diesen neuen Produkt-Service-Systemen stehen. Ein Beispiel ist die adäquate Bepreisung der Dienste.

4. **Benutzungsschnittstellen:** Im Business Web sind potenziell mehr Daten verfügbar als das heute im World-Wide Web oder in ERP-Systemen der Fall ist. Daher müssen geeignete Verfahren entwickelt werden, die eine Informationsüberflutung des Benutzers vermeiden. Hierzu zählen die Filterung von Informationen, die spezifische Anpassung von Informationen

und Benutzungsschnittstellen an den Benutzer bzw. seinen aktuellen Kontext sowie eine proaktive, intelligente Benutzerführung.

Des Weiteren erfordern insbesondere Apps in mobilen, industriellen Anwendungsbereichen häufig neue Interaktionsformen. Ein Grund dafür ist, dass die Benutzer oftmals nicht beide Hände frei haben, um Tastatur und Maus zu bedienen. Vielversprechende Ansätze zur Lösung dieser Problematik gibt es in Bereichen wie Gesten- und Spracherkennung, Touch- und Multi-Touch-Schnittstellen und Augmented Reality.



Abb. 10 – Next Production Apps, Quelle: DFKI, 2012

5. **Kollaborative Prognose-, Monitoring und Steuerungsverfahren:** Zur Steuerung und Optimierung von unternehmensübergreifenden Produktionsprozessen müssen flexible Analyse und Prognosemethoden im Business Web entwickelt werden. Zielsetzung ist es dabei, komplexe und echtzeitnahe Massendaten aus dem Internet der Dinge auszuwerten, um Prozessabläufe entlang der Supply Chain zu prognostizieren und in Bezug auf Ressourcen- und Energieeffizienz optimal anzupassen.
6. **Interoperabilität:** Um die Orchestrings-, Installations- und Wartungskosten für industrielle Anwendungen im Business Web möglichst gering zu halten, muss die nahtlose Zusammenarbeit der einzelnen Anwendungskomponenten sichergestellt werden. Dazu müssen diverse Standards, beispielsweise zur Beschreibung der Software-Dienste, der Sicherheitskonzepte oder der Daten aus dem Internet der Dinge, vorangetrieben werden.

**Mittelfristig** muss für die 4. Industrielle Revolution darüber hinaus diskutiert werden, wie IKT und das Business Web die nachhaltige Einbettung der intelligenten Produktion in ihre Umwelt sicherstellen können. D.h. man wird sich mit Fragen auseinandersetzen müssen, wie eine intelligente Fabrik u.a. über intelligente Transportsysteme, in ein ganzheitliches Management urbaner Umgebungen (Smart City) und die Geschäftsprozesse aller beteiligten Unternehmen eingebunden werden kann.

#### **Kurzfristige Handlungsempfehlungen**

- Beherrschung der Komplexität in zukünftigen Geschäftsanwendungen, die insbesondere durch die Heterogenität der involvierten Endgeräte und der genutzten Datenquellen entsteht
- Sicherheit und Vertrauen in unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen und Anwendungen
- Kollaborative Prognose-, Monitoring- und Steuerungsverfahren zur Steuerung und Optimierung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse.
- Geschäftsmodelle für neue Produkte und Produkt-Service-Systeme, die durch den Einsatz von CPS möglich werden

#### **Mittelfristige Handlungsempfehlungen**

- Interoperabilität einzelner Anwendungskomponenten zur Minimierung von Orchestrings-, Installations- und Wartungskosten
- Integriertes Management von intelligenten Fabriken und Transportsystemen im Kontext urbaner Umgebungen (Smart City)
- Entwicklung neuartiger Benutzungsschnittstellen zur Beherrschung der Informationsflut und zur Nutzung in mobilen Umgebungen

## 4.4 Schwerpunkt »Faktor Technologie«

Industrie 4.0 zielt auf die digitale Revolution im Bereich der Industrie. Dies betrifft den Einsatz von globalen Netzen und eingebetteten Systemen, oft mit dem Stichwort Cyber-Physical Systems umschrieben, für alle Aufgaben einer Industrie des 21. Jahrhunderts zur Entwicklung, Produktion und zum Vertrieb von Produkten der Hochtechnologie.

Um diese Aufgaben aus Sicht der Technologie umfassend beherrschen zu können, müssen in einer Reihe von Feldern technische Herausforderungen bewältigt werden. Dies betrifft folgende Gebiete:

### ENTWICKLUNG - STICHWORT VIRTUAL ENGINEERING

Durch digitale Netze, leistungsfähige Rechner und auch die Einbindung eingebetteter Systeme ist es möglich, die gesamten Produktlebenszyklen im Rechner darzustellen und weitgehend virtuell zu unterstützen und durchzuführen.

Dies erfordert die umfassende Beherrschung einer Reihe von Schlüsselthemen. Im Zentrum steht dabei die Thematik des Product Lifecycle Managements (PLM).

Diese besteht zum einen aus der Erfassung aller entwicklungsrelevanten Daten und Zwischenergebnisse in einem darauf zugeschnittenen Datenmodell als Grundlage entsprechender Modellierungstechniken für unterschiedlichste Aspekte eines Produkts.

Dabei müssen alle involvierten Prozesse genau verstanden werden, da die Werkzeuge, die auf diesem Datenmodell aufsetzen, in ein akzentuiertes prozessuales Vorgehen eingebettet sein müssen. Die erforderlichen Ingenieurprozesse müssen den gesamten Produktlebenszyklus abdecken, angefangen von der Ermittlung der Anforderungen, der Gestaltung des Produkts im Sinne seines Aufbaus und seiner Architektur, alle Fragen der Implementierung, der Validierung und Verifikation, der Einbindung ggf. von Zulieferern, über die Vorbereitung der Produktion, die eigentliche Durchführung der Produktion mit der Produktionssteuerung und schließlich die Nachpflege des Produkts im Einsatz bis hin zur nachhaltigen Entsorgung. Auf der virtuellen Ebene müssen diese Prozesse in verschiedenen Detaillierungsgraden modellierbar, simulierbar, validierbar und möglichst verifizierbar sein.

### AUTOMATISIERUNG UND STEUERUNG VON PRODUKTIONSPROZESSEN

Besondere Bedeutung im Rahmen der Produktion kommt der Steuerung der Produktionsprozesse zu. Wenn man davon ausgeht, dass hier nach wie vor tief gestaffelte Lieferketten eingesetzt werden, so bedeutet es, dass diese Steuerung der Produktion auf sich ergänzenden Ebenen stattfinden muss. Auf der obersten Ebene findet die gesamte Koordination statt, die dann herunter gebrochen wird in die Steuerung der einzelnen Produktionsprozesse für die entsprechenden Teilsysteme, einschließlich ihrer Logistik. Dies erfordert Techniken, entsprechende Abstraktionsebenen zu schaffen, in denen schichtenartig die verschiedenen Steuerungsarten zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Hier sind neuartige Verfahren zum Entwurf und zur Organisation, Steuerung und Durchführung von verteilten Produktionsprozessen zu entwickeln, die z. B. auch auf dem Paradigma der Selbststeuerung aufbauen, um wesentlich flexibler auf sich schnell ändernde Anforderungen und auch Prozessstörungen reagieren zu können.

Eingebettet müssen diese Vorgehensweisen sein in entsprechende Kommunikations- und Koordinationsstrukturen auch für die Mitarbeiter. Diese Systeme müssen zum einen flexibel die Arbeitsprozesse der Mitarbeiter unterstützen und diese gleichzeitig in Kommunikationsstrukturen einbinden. Vielversprechend ist hier die Übertragung von Techniken der sozialen Netze, oft professionelle Systeme zur Kooperation, Kommunikation und zu Koordination und Wissensmanagement.

## **BASISTECHNOLOGIEN ZUR ORCHESTRIERUNG HOCHGRADIG VERTEILTER SYSTEME**

Um hochgradig verteilte Systeme umzusetzen, bedarf es einer geeigneten Serviceplattform. Diese Plattform muss bestimmte Funktionalitäten bieten, um die verschiedenen Teilnehmer des Gesamtsystems zu steuern. Kerntechnologien sind:

- **Prozess Management**

Prozess Management Systeme helfen, bei der Definition, Ausführung, Analyse, Überwachung und Optimierung von Prozessen, zum Beispiel von Fertigungsprozessen. Alle am Prozess beteiligten Geräte, Systeme und Personen werden orchestriert.

- **Rules Management**

Regeln in hochgradig verteilten Systemen müssen dynamisch änderbar sein, um dem hohen Änderungsaufkommen gerecht zu werden. Rules Management wird eingesetzt, um komplexe Regeln konsistent abzubilden. Regeln helfen Entscheidungen innerhalb von Prozessen zu automatisieren und sind ein wesentliches Element der Selbststeuerung von Prozessen.

- **Data Management**

Data Management deckt alle Aspekte hinsichtlich Datenhaltung, Datenanalyse und Datenstrukturierung ab. Entsprechende Analysewerkzeuge helfen, aus Daten wertvolle Informationen zu gewinnen.

- **Event Management**

Die zentrale Sammlung und Analyse von Systemereignissen, die überall in einem verteilten System entstehen und deswegen zentral beobachtet und ausgewertet werden müssen, um entsprechende Reaktionen und Eskalationen abzuleiten.

- **Management im Internet der Dinge/Device Management**

Das Management im Internet der Dinge umfasst die Verwaltung und Kontrolle der am System beteiligten Geräte (Devices). Es bietet unter anderem Funktionalitäten für Software Provisioning, Remote Monitoring, Konfigurationsmanagement, Fehlermanagement und Fernsteuerung.

Mit Hilfe einer solchen Plattform lassen sich regelbasierte, dynamische und selbststeuernde Applikationen entwickeln, die neben einem umfassenden Ereignis- und Situationsmanagement alle Funktionen zur Verfügung stellen, um durch »smarte Produktion« »smarte Produkte«, Dienstleistungen und Geschäftsprozesse im Sinne von »Smart Mobility«, »Smart Grids«, »Smart Cities« und »Smart Factories« entstehen zu lassen.



## TECHNOLOGIEN FÜR ZUKÜNFTIGE TELEKOMMUNIKATIONSNETZE

Enabling Technologies im Telekommunikationsbereich umfassen eine ganze Reihe von Standards und Technologien, die gemeinsam die Basis für ein offenes und interoperables Netzwerk von Sensoren, Objekten und für neue Anwendungen bilden.

Das Telekommunikationsnetz der Zukunft wird eine Vielzahl von neuen Services ermöglichen, die über neuartige Sensoren und Echtzeitinformationen gespeist werden.

Drei Haupttreiber sind hierfür entscheidend:

1. **Netzwerk Konvergenz**
2. **Enablers – Network APIs**
3. **Service Divergenz**

**Netzwerk Konvergenz:** Heutige Telekommunikationsnetze sind meist geschlossen und nicht zugänglich für Drittentwickler. Das Zusammenwachsen unterschiedlicher Bereiche (beispielsweise in der öffentlichen Verwaltung, dem Gesundheitssystem, dem Energienetz etc.) schreitet nicht nur in den unterschiedlichen Branchen voran, sondern ist auch bei den verschiedenen Netzwerktypen (Glasfaser, Kupferleitungen, kabellos, LAN, Blue tooth, NFC/RFID) zu beobachten.

Diese voranschreitende nötige Konvergenz der globalen Netzwerke kann nur über gemeinsame Standards und Übereinkünfte zwischen den beteiligten Partnern vorangetrieben werden, sodass die benötigten Upgrades und Investitionen in Telekommunikationsnetzwerke auch wirtschaftlich gerechtfertigt sind.

**Enablers – Network APIs:** Momentan gibt es keine Standardarchitektur für Netzwerk APIs die netzwerkübergreifend und global arbeitet. Telekommunikationsanbieter bezeichnen diese zukünftige Lösung daher mit dem Begriff der »Service Delivery Plattform«. Da Telekommunikationsanbieter dies jedoch nicht alleine lösen bzw. anbieten können, wird eine effiziente Zusammenarbeit von innovativen Plattformen (CPS), Cloud Anbietern, Internet communities wie bspw. W3C und nationalen wie internationalen Standardisierungsinstanzen zwingend notwendig. um letztlich eine internationale Akzeptanz und erfolgreiche Umsetzung dieser Plattform zu erreichen.

**Service Divergenz:** Der Haupttreiber der Service Divergenz sind die Service Plattformen, die zum Teil durch Telekommunikationsinfrastruktur Anbieter und zum Teil von fortschrittlichen Cloud Anbietern wie Amazon oder Google angeboten werden. Die Abhängigkeiten zwischen Netzwerk Konvergenz, Enabler und Services führen hierbei zu dem Trend der »Service Divergenz«.

All die genannten Themen erfordern nachhaltige Forschungsanstrengungen, um Systeme zu schaffen, die tatsächlich die komplexen Anforderungen erfüllen und auf Systeme führen, die in ihrer Flexibilität und Unterstützung zur Komplexitätsreduktion und zur Beherrschung beitragen und nicht selbst wieder Quelle zusätzlicher Komplexität sind.

Schwerpunktthemen mit besonderem Stellenwert für die Automatisierung und Produktion ergeben folgende Handlungsempfehlungen:

### **Kurzfristige Handlungsempfehlungen**

- Ergänzung des Verbundprojekts SPES um vertikales Verbundteilprojekt zum Thema modellbasierte Entwicklung von Automatisierungs- und Produktionssystemen (Modellierung von Produktionssystemen als Cyber-Physical Systems, Digitale Zertifizierung, Verifikation auf der Komponenten- und Systemebene).
- Schwerpunktprogramm für Multi-Agentensystem-Technologien für die integrierte Produktionsplanung und -steuerung sowie für die integrierte Organisation der Logistik-Netze.
- Mikrosystemtechnik für die Miniaturisierung von Komponenten (Sensoren, Aktoren, Elektronik, Schaltelektronik).
- Mechatronik für den Entwurf und die Integration von Automatisierungskomponenten (Umrichter, Servos, Motoren, Aktoren, Roboter), real-time Internetprotokolle auf der Basis von Ethernet für Realzeitanwendungen und die Minimierung des Kommunikations-Overheads.
- Digitale Zertifizierung integriert in Produktion.

### **Mittelfristige Handlungsempfehlungen**

- Etablierung von Steuerkreisen zum Virtual Engineering im PLM mit Schwerpunkt Automatisierung und Produkt.
- Verifikation von Mechatronik-Systemen auf der Komponenten- und Systemebene.
- Effiziente Simulation und Validierung von Produktions- und Logistiksystemen mit Millionen von Subsystemen.
- Digitale Manufaktur (3 D Druck).

## 4.5 Schwerpunkt »Faktor Mensch«

Auch die zukünftige Smart Factory wird nicht menschenleer sein, sondern spezialisierte Fachkräfte werden wichtige Funktionen bei der Installation, der Umrüstung, der Wartung und der Reparatur komplexer cyber-physischer Systeme und Netzkomponenten für das Internet der Dinge übernehmen.

Dazu müssen diese Fachkräfte von intelligenten Assistenzsystemen mit wahlfreien multimodalen Bedienkonzepten unterstützt werden, um die notwendigen Entscheidungen und Arbeiten sicher und effizient durchführen zu können.

### 4.5.1 Mensch-Maschine Interaktion

**Die 4. Industrielle Revolution muss daher auch zu einem Paradigmenwechsel in der Mensch-Technik- und Mensch-Umgebungs-Interaktion mit völlig neuartigen Formen der kollaborativen Fabrikarbeit führen.** Dabei werden für die Unterstützung der Fachkräfte beim Umgang mit cyber-physischen Systemen und dem Internet der Dinge innovative Methoden und Technologien zum Einsatz kommen, die ihrerseits selbst wieder auf cyber-physischen Systemen und dem Internet der Dinge beruhen.

Die kognitiven Fähigkeiten eines Menschen sind vielseitig begrenzt und setzen zusammen mit der aktuellen Situation die Grenzen für Flexibilität und Komplexität der Prozesse in der Industrie. Die Nichtbeachtung dieser kognitiven Fähigkeiten führt generell zu geringer Effizienz, schlechter Akzeptanz sowie hohen Fehler- und Unfallraten.

Eine kontinuierliche Beachtung der kognitiven Last des Menschen, der umgebenden Situation und dem Arbeitsumfeld ist mit CPS-Technologie möglich und eröffnet neue Chancen, an den Menschen angepasste und gleichzeitig wirtschaftlich optimierte Prozesse zu gestalten.

Arbeiten in einem sich ständig verändernden Arbeitsumfeld mit immer komplexeren Werkzeugen resultiert in extrem hohen Anforderungen an Fähigkeiten und Wissen der Mitarbeiter. Klassische Lernmethoden und Methoden der Wissenspräsentation sind mit dieser Situation überfordert, da der Änderungszyklus bei weitem schneller ist als der Lern- bzw. Wissensaufbereitungszyklus.

Für alle Beteiligten ist es deshalb wichtig, die richtigen Grundlagen, die wichtigsten Verfahren und das aktuell wichtigste Technologiewissen zu haben. Auf der Basis dieser Fähigkeiten kann dann ein ad-hoc Lernschritt ansetzen, um eine gerade anstehende Aufgabe in hoher Qualität, unter Berücksichtigung von Kosten- und Ressourceneffizienz zu lösen. Daher sind auch CPS-getriebene neue Lerntechnologien für Fachkräfte im Bereich von Industrie 4.0 zu entwickeln.



Robotische Technologien als digitale Instrumentierung von älteren Fachkräften (mit 60 plus mitten im Arbeitsleben) durch tragbare Sensorik, Aktuatorik und in die Kleidung eingebettete Computer oder Exoskeletons, um ihre physische oder kognitive Leistungs- und Ausdauerfähigkeit zu erhöhen.

Nutzung von nicht-invasiven Funk-Biosensoren auf der Basis von Polymerelektronik zur schritthaltenden Erfassung von Stresszuständen und zur weiteren Vitaldatenerfassung für die Gewährleistung der Gesundheit der Seniormitarbeiter durch frühzeitige Erkennung von Gefährdungspotentialen und um eine Überlastung zu vermeiden.

### Kurzfristige Handlungsfelder

- Kontextbasierte Informationspräsentation über Maschinenzustände sowie sicherheits- und ressourcenrelevante Information durch Ereignis-, Aktivitäts- und Planerkennung und Workflow-Verfolgung mittels physischer und organischer Schnittstellen (tangible/organic interfaces) und Sensorfusion.
- Zustandsbasierte und ressourcenschonende Wartung, Reparatur und Umrüstung durch drahtlose dezentrale, aber interoperable semantische Kommunikation mit aktiven Produktgedächtnissen, die in zu fertigenden Komponenten und Anlagemodulen eingebettet sind.
- Lokationsbasierte Dienste in industriellen Anlagen durch neuartige Positionierungssysteme für Innenräume, die für die Ortung der Fachkräfte aber auch zum Tracking aller Produkt- und Produktionsmodule hochpräzise und trotzdem robust in der Fertigung arbeiten.
- Wahlfreie und symmetrische Multimodalität (Sprache, Gestik, Touch, physische Aktion, Blickbewegung bis hin zum Brain Computer Interface) mit wechselseitiger Disambiguierung für die Interaktion mit hochkomplexen CPS-basierten Fabriken, die eine freie Auswahl zwischen einer großen Zahl von angesprochenen Sinnen jeweils situationsabhängig ermöglicht.
- Neue Kooperationsformen zwischen Menschen und mobilen Leichtbaurobotern mit humanoidem Ausweichverhalten, welche die enge Zusammenarbeit als robotische Assistenten für Werker zum Beispiel in komplexen Montageprozessen ohne Verletzungsgefahr für die Mitarbeiter gestattet.

Abb. 11 – Der Faktor Mensch im Zukunftsprojekt Industrie 4.0 , Quelle: DFKI, 2012

- Entwicklung und Umsetzung innovativer Dialogformen zwischen Mensch und intelligenter Umgebung in der Smart Factory durch Adaption des Designs von komplexen Computerspielen (Serious Games) und kognitionswissenschaftliche Methoden insbesondere im Bereich der Steuerung, Fehlfunktionsdiagnose und Simulation bei komplexen Störungen oder Notfällen.
- Von der erweiterten Realität (Augmented Reality) zur Dualwelttechnologie (Dual Reality) und synchronisierten und multiplen Welten (Echtzeitsynchronisation von sensomotorischen und semantischen Fabrikmodellen mit realen Smart Factories), um eine komplette Teleoperation von Smart Factories oder deren Komponenten zu ermöglichen.
- Rollenbasierte Zugriffssicherheitsmechanismen, welche den notwendigen Datenschutz und den Schutz der Privatsphäre auch in hochinstrumentierten Sensorumgebungen gewährleistet
- Computergenerierte (und damit kosteneffiziente) Erstellung von Lehrfragmenten mittels CPS sowie neuartige Lernmethoden wie Mobile Learning und Ad-hoc Präsentation von Detailinformation, die kontextgesteuert und arbeitsprozessgerecht präsentiert wird (z.B. mittels augmented reality oder wearable displays), um ein schnelles, effektives und kostengünstiges Nachtraining von Spezialfähigkeiten und Wissen zu ermöglichen

### **Mittelfristige Handlungsfelder**

- Augmented Human-Technologien als digitale Instrumentierung von Fachkräften durch tragbare Sensorik, Aktuatorik und in die Kleidung eingebettete Computer oder Exoskeletons, um eine physische oder kognitive Erhöhung (von Kraftverstärkung bis hin zur präziseren feinmotorischen Handhabung) der Leistungs- und Ausdauerfähigkeit von Fachkräften zu erreichen oder mindestens eine Erweiterung der kognitiven Fähigkeiten bzw. kognitive Entlastung durch CPS IT-Werkzeuge (z.B. Amplified Human-Technologien) zu ermöglichen.
- Nutzung von nicht-invasiven Funk-Biosensoren auf der Basis von Polymerelektronik zur schritthaltenden Erfassung von Stresszuständen und zur weiteren Vitaldatenerfassung für die Gewährleistung der Gesundheit der Fachkräfte durch frühzeitige Erkennung von Gefährdungspotentialen in der Fabrik der Zukunft sowie Messung der aktuellen kognitiven Zustände der Beteiligten, insbesondere der kognitiven Belastung durch CPS-Systeme, um eine Überlastung zu vermeiden.
- Physische Avatare für die Fernwartung und -reparatur mithilfe einer neuen Generation von mobilen Leichtbau-Robotern, die durch Exoskeletons von Fachkräften in den Wartungszentren ferngesteuert werden, so dass Servicearbeiten ohne Verzögerungen durch lange Anreisezeiten von den besten Experten überall ausgeführt werden können.

## 4.5.2 Aus- und Weiterbildung

### QUALIFIZIERUNGSOFFENSIVE FÜR INDUSTRIE 4.0

Industrie 4.0 erfordert Fachkräfte mit spezifischen fachlichen wie auch überfachlichen Qualifikationen und stellt damit die berufliche und akademische Aus- und Weiterbildung vor neue Herausforderungen. Vorzuschlagen ist daher eine Qualifizierungsoffensive für Industrie 4.0 in vier Schritten (s. Abb. 12):

- Im ersten Schritt werden von der AG Faktor Mensch unter Hinzuziehung weiterer Experten Empfehlungen für die akademische und berufliche Aus- und Weiterbildung von Arbeitskräften für Industrie 4.0 erarbeitet. Für diese Empfehlungen sind zunächst relevante Ausbildungsberufe, Studien- sowie Weiterbildungsgänge zu bestimmen, anschließend tatsächliche Einsatzfelder, Positionen und Aufgaben von Arbeitskräften in Industrie 4.0 zu identifizieren und schließlich die dafür notwendigen Dispositionen abzuleiten. Auf dieser Basis können dann Empfehlungen zu Lernzielen, Inhalten und Gestaltungsbedingungen von Bildungsgängen formuliert werden.
- In einem zweiten Schritt werden diese Empfehlungen auf einer nationalen Bildungskonferenz gemeinsam mit ZVEI, VDMA und weiteren Verbänden, mit Vertretern von Industrie und Handwerk, Kammern, Gewerkschaften, der beruflichen und der akademischen Bildung und der Politik diskutiert und angereichert. Ziel ist es, eine Roadmap für die berufliche und akademische Qualifizierung für Industrie 4.0 zu erstellen.
- Diese Roadmap ist wiederum Grundlage für die weitere Arbeit der AG Faktor Mensch, die gemeinsam mit ausgewählten Experten der nationalen Bildungskonferenz konkrete Gestaltungshinweise und Umsetzungsbeispiele für anzupassende oder neu zu entwickelnde Bildungsangebote erarbeitet.

- Die Ergebnisse werden auf einen abschließenden Workshop im Sinne eines Theorie-Praxis-Transfers verbreitet.

### ERSTE EMPFEHLUNGEN DER ELEKTROTECHNIK- UND ELEKTRONIKINDUSTRIE

Ziel der Aus- und Weiterbildung ist die Erlangung beruflicher Handlungskompetenz in der Industrie 4.0, mit besonderem Fokus auf Systemorientierung und die Beherrschung von Komplexität. Wearable displays mit augmented reality oder computergenerierte Lehrfragmente können nur vorgedachte Möglichkeiten (Handlungsvollzüge/Problemlösungen) anbieten. Der qualifizierte Umgang mit diesen Informationen und mit Unwägbarkeiten setzt aber ein fundiertes Basiswissen voraus.

#### Ingenieurstudium

Die besondere fachliche Herausforderung ist das Systems Engineering. Die Grundlage hierfür kann durch die interdisziplinäre Verknüpfung von Beiträgen aus Elektro- und Informationstechnik, Mechatronik, Maschinenbau und Informatik gelegt werden.

Aufsetzpunkte hierfür sind existierende Studiengänge ET/IT mit Fokus auf Embedded Systems oder Automation. Inwieweit eine fachliche Fokussierung auf Industrie 4.0 bereits im Bachelor-Studium sinnvoll ist, ist noch zu diskutieren.

In jedem Falle bietet sich eine Fokussierung auf den Schwerpunkt »Industrie 4.0« im Rahmen von Master-Studiengängen an. Dafür ist eine disziplinübergreifende Lehre mit Beiträgen aus Elektro- und Informationstechnik, Mechatronik, Maschinenbau und Informatik zu organisieren. Die Verknüpfung der Lehrstühle

Vorschlag einer Qualifizierungsoffensive Industrie 4.0 (acatech)

**Ziel:** Erarbeitung und Transfer einer Roadmap mit Empfehlungen für die Qualifizierung für Industrie 4.0

**Schritt 1:** Beschreibung der **Ausgangssituation** und des konkreten **Bedarfes an Qualifizierung** für Industrie 4.0 (AG 4 + weitere Experten)

**Schritt 2:** Ausarbeitung einer **Roadmap** für die **akademische und berufliche Aus- und Weiterbildung** für Industrie 4.0 in Workshops

**Schritt 3:** Anreicherung der Roadmap mit **konkreten Gestaltungshinweisen und Umsetzungsbeispielen** und Erstellen eines **Kommunikationsplanes** (AG 4 + weitere Experten)

**Schritt 4:** **Ergebnispräsentation und -transfer** in einer nationalen Bildungskonferenz

kann in virtuellen Strukturen erfolgen; ein solcher Lösungsweg wird gegenwärtig auch für das Thema Elektromobilität diskutiert.

### **Facharbeiterausbildung**

In den industriellen Elektroberufen werden über den gesamten Ausbildungszeitraum gemeinsame Kernqualifikationen zusammen mit den jeweils berufsspezifischen Fachqualifikationen vermittelt. Der Anteil der letzteren wächst mit der Ausbildungsdauer. Die Berufe sind nach Einsatzgebieten differenziert, in denen die Fachqualifikationen erworben werden können.

Für die Bedarfe der Industrie 4.0 sind entsprechende Einsatzgebiete zu definieren. In diesen Einsatzgebieten können dann die Elektroberufe »Systeminformatiker«, »Elektroniker für Automatisierungstechnik« und »Elektroniker für Geräte und Systeme« sowie der »Mechatroniker« und der »Produktionstechnologe« ausgebildet werden.

### **Weiterbildung**

Weiterbildung in hochdynamischen Branchen kann nicht auf Vorrat, sondern muss permanent, orientiert an den Arbeitsprozessen und selbstgesteuert erfolgen. Für das selbstgesteuerte Lernen sind Lern-Module zu entwickeln und in einem Experten-Netzwerk bereitzustellen. Dazu sollte eine zugangsbeschränkte Webplattform aufgebaut werden, die Zugriff auf die Lernmodule bietet und zugleich dem Erfahrungsaustausch dienen kann (expert network).

Erste Hinweise zu den Qualifikationsanforderungen gibt der im Rahmen der BMBF-Initiative FreQueNz entstandene Report »Das Internet der Dinge in der industriellen Produktion - Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene« (f-bb 2010, Summary 2011). Wege zur Vermittlung zusätzlich notwendiger ad hoc-Lernschritte mit neuen Lerntechnologien haben Wahlster et al. vorgeschlagen.

In die Weiterbildung sind auch Mitarbeiter außerhalb des unmittelbaren Produktionsprozesses (Produktionsplanung, produktionsbegleitende Dienstleistungen) einzubeziehen.

### **Akzeptanz**

Akzeptanz erwächst aus Verständnis und Vertrauen. Innerhalb der Smart Factory wird das Verständnis durch Aus- und Weiterbildung der handelnden Personen gesichert (s.o.). Vertrauen erwächst aus technischer Sicherheit (Safety und Security von CPS, vgl. Forschungsagenda CPS) und aus rechtlicher Sicherheit.

### **RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN:**

Fragen, die der Klärung durch Rechtsexperten bedürfen wie beispielsweise:

- Wem gehören die Daten im PLM und SCM?
- Wer trägt die Verantwortung für die Datenqualität (Vertraulichkeit, Verfügbarkeit, Integrität)?
- Wie werden IPR geschützt?
- Wer haftet für Störfälle in komplexen technischen Systemen?



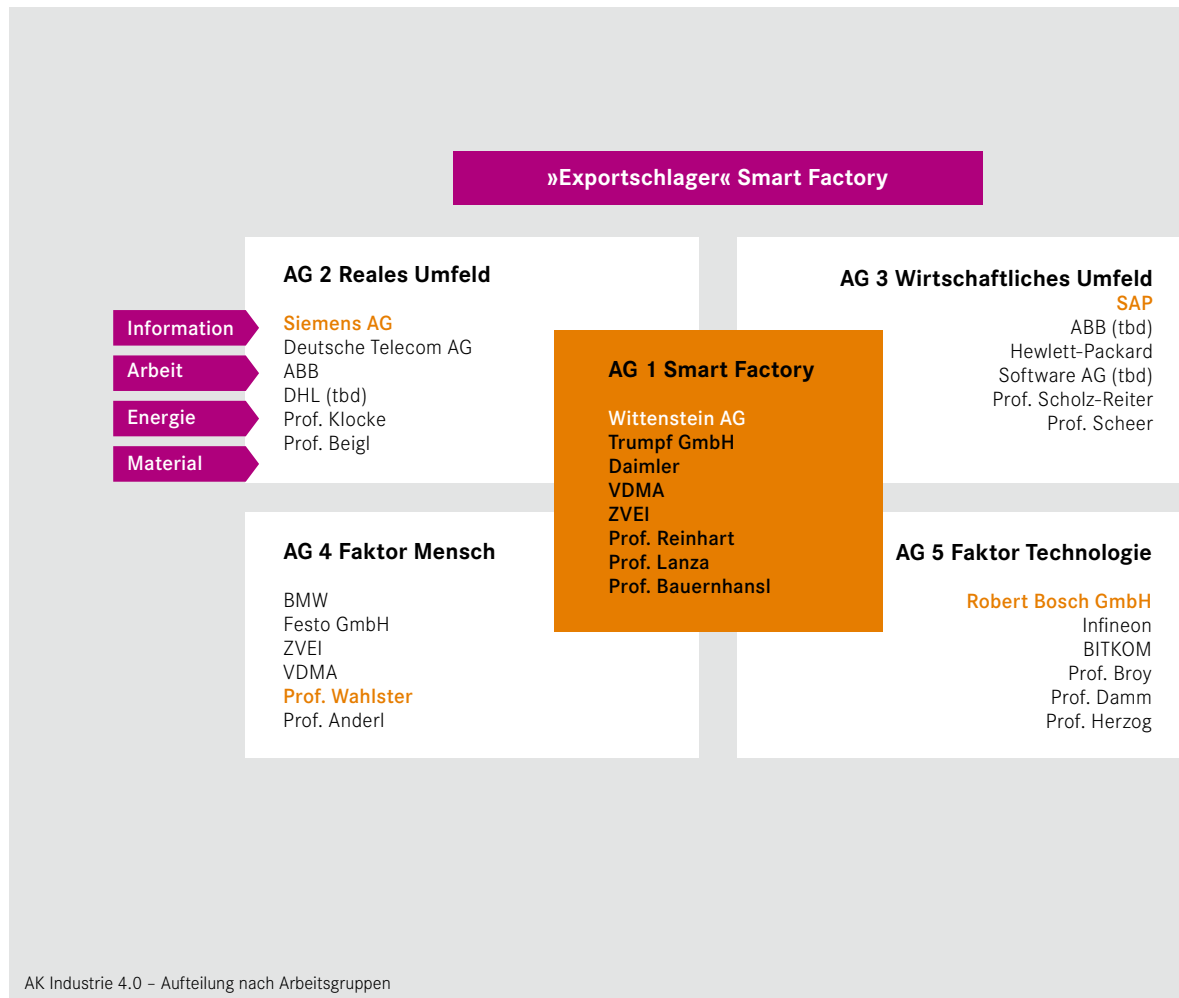
### **Kurzfristige Handlungsempfehlungen**

- Förderung eines Clusters von Verbundprojekten zum Faktor Mensch in Smart Factories: Multimodale und mobile Interaktionssysteme, lokations- und kontextbasierte Assistenzsysteme, Dual-Reality Systeme und physische Avatare.
- Förderung des Aufbaus von Living Labs und Schaufenstern für Pilotanwendungen und Demonstratoren, welche Innovationen im Bereich der intelligenten Factory-Assistenzsysteme für menschliche Fachkräfte basierend auf CPS-Technologien anschaulich vermitteln.
- Entwurfsbegleitende empirische Evaluation bezüglich Effizienz, Akzeptanz, Erlernbarkeit und Bedienbarkeit auf der Basis neuester ergonomischer und kognitionswissenschaftlicher Erkenntnisse.
- Förderung von Standardisierungsaktivitäten u.a. bei W3C für Standards und deren Etablierung im Bereich Smart Production wie OMM, XML3D, USDL.

### **Mittelfristige Handlungsempfehlungen**

- Erarbeitung erster Lernmodule für die selbstgesteuerte Weiterbildung.
- Erarbeitung von Empfehlungen für die akademische und berufliche Aus- und Weiterbildung von Arbeitskräften für eine Smart Factory und Erarbeitung von konkreten Gestaltungshinweisen und Umsetzungsbeispielen.

# Der Arbeitskreis »Industrie 4.0«



Die Umsetzung des Zukunftsprojektes Industrie 4.0 erfordert die gemeinschaftliche Bündelung aller Kräfte aus Wissenschaft und Wirtschaft. Nach dem Vorbild der Forschungsunion wurde daher im Januar 2012 ein »Arbeitskreis Industrie 4.0« unter der Leitung der Robert Bosch GmbH und acatech eingesetzt, der die weitere Umsetzung des Zukunftsprojektes strategisch begleitet.

Entsprechend der vorgenommenen Aufteilung in die 5 Arbeitsgruppen wird sich der Arbeitskreis mit der Erarbeitung konkreter Umsetzungsempfehlungen in den einzelnen Arbeitsgruppen gemeinsam mit weiteren Experten befassen. Im Zentrum stehen dabei die folgenden Fragen:

- 1. »Wo sind wir heute –wo wollen wir morgen hin«?**
- 2. Welche Punkte sind bereits adressiert, müssen aber noch in die Breite gebracht werden?**
- 3. Wo liegen die (wirtschaftlichen) Nutzenpotentiale, beispielsweise durch neue Geschäftsmodelle?**

Die ausgearbeiteten Empfehlungen werden im Rahmen eines Umsetzungsforums am 2. Oktober 2012 in Berlin der Fachpresse und Fachvertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik präsentiert werden.

## Mitglieder des Arbeitskreises Industrie 4.0

### AK-LEITUNG:

**Dr. Siegfried Dais**, Robert Bosch GmbH

**Prof. Henning Kagermann**, acatech  
(Sprecher PG Kommunikation)

### VERTRETER WIRTSCHAFT:

**Prof. Reinhold Achatz**, Siemens AG

**Dr. Heinrich Arnold**, Deutsche Telekom AG  
(Vertretung Hr. Clemens)

**Dr. Heinz Derenbach**, Robert Bosch GmbH

**Dirk Hilgenberg**, BMW AG (Vertretung Dr. Dräger)

**Bernd Kärcher**, Festo GmbH (Vertretung Dr. Veit)

**Dr. Uwe Kubach**, SAP AG

**Dr. Reinhard Ploss**, Infineon Technologies AG

**Dr. Heinz-Jürgen Prokop**, Trumpf GmbH  
(Vertretung Dr. P. Leibinger)

**Thomas Stengel, M. Wetzel**, Daimler AG  
(Vertret. Dr. Weber/Promotor FU)

**Dr. Manfred Wittenstein**, Wittenstein AG/Promotor FU

**Dr. Christian Zeidler**, ABB AG

**Ansgar Baums**, Hewlett-Packard (Vertretung Volker Smid)

**Dr. Harald Schöning**, Software AG (Vertretung Hr. Jost)

### VERTRETER WISSENSCHAFT:

**Prof. Reiner Anderl**, TU Darmstadt

**Prof. Thomas Bauernhansl**, Fraunhofer IPA

**Prof. Michael Beigl**, KIT-Karlsruhe Institute of Technology

**Prof. Manfred Broy**, TU München/acatech

**Prof. Werner Damm**, Universität Oldenburg

**Prof. Jürgen Gausemeier**, Universität Paderborn

**Christian Gorltdt**, BIBA Universität Bremen  
(Vertretung Prof. Scholz-Reiter)

**Dr. Günther Hörcher**, Fraunhofer IPA  
(Vertretung Prof. Bauernhansl)

**Prof. Fritz Klocke**, RWTH Aachen

**Prof. Gisela Lanza**, KIT/Promotorin FU

**Prof. Gunther Reinhart**, Technische Universität München

**Thomas Feld**, Scheer Group GmbH  
(Vertretung Prof. Scheer/Promotor FU)

**Alfons Botthof**, VDI/VDE Innovation+Technik GmbH  
(im Auftrag des BMWi)

#### **BUNDESMINISTERIEN:**

**Prof. Wolf-Dieter Lukas**, BMBF

**Clemens Zielonka**, BMBF

**Dr. Andreas Goerdeler**, BMWi

#### **VERBÄNDE:**

**Dr. Bernhard Diegner**, ZVEI

**Rainer Glatz**, VDMA

**Dieter Schweer**, BDI

**Prof. Dieter Kempf**, BITKOM

#### **WEITERE PROMOTOREN FORSCHUNGSUNION:**

**Prof. Wolfgang Wahlster**, DFKI (PG Kommunikation)

**Dr. Johannes Helbig**, Dt. Post DHL (PG Kommunikation)

**Ingrid Sehrbrock**, DGB

**Dr. Karsten Ottenberg**, Giesecke & Devrient

**Prof. Dieter Spath**, Fraunhofer IAO  
(Vertretung Prof. H-J. Bullinger (FU))

#### **Gast:**

**Dr. Katja Patzwaldt**, Jacobs University  
(FU/Gesellschaftl. Rahmenbedingungen)

#### **acatech:**

**Prof. Otthein Herzog**, Jacobs University Bremen

**Dr. Martina Röbbcke**, acatech

## 5 ZUKUNFTSPROJEKT

### »INTERNETBASIERTE DIENSTE FÜR DIE WIRTSCHAFT«

Wirtschaftswachstum durch neue Geschäftsmodelle im internetbasierten Dienstleistungssektor (»Internet der Dienste«)

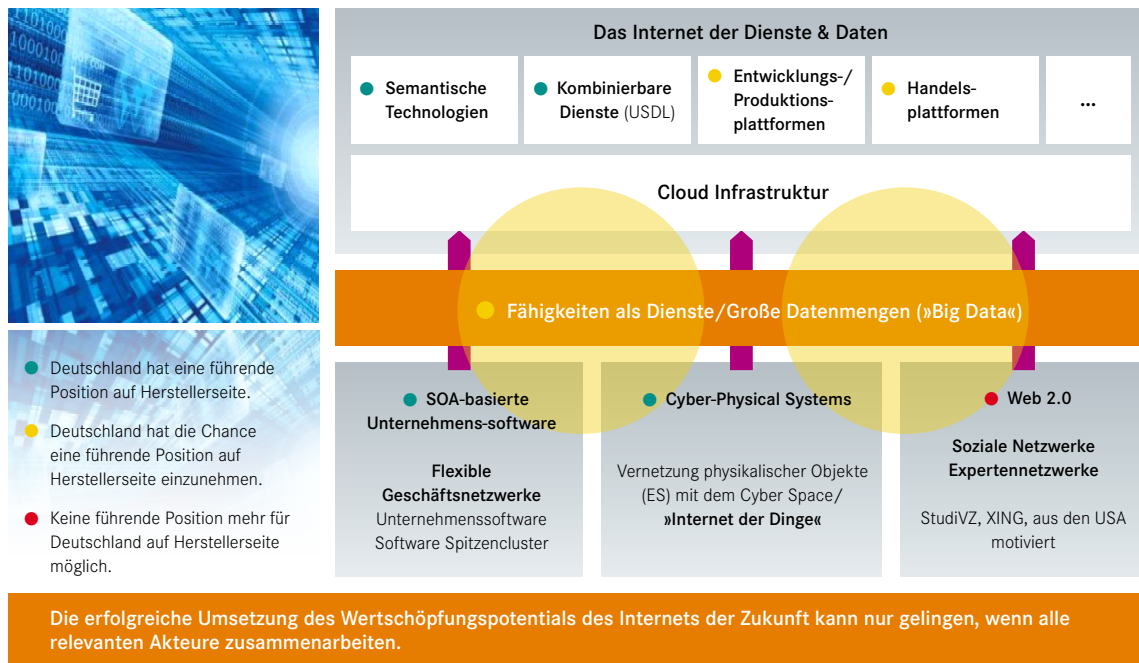


Abb. 13 – Das Zukunftsprojekt »Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft«, Quelle: PG Kommunikation, 2012

Die starke Technologiekompetenz, die Deutschland im Bereich Embedded Systems/Internet der Dinge besitzt, wird noch unzureichend durch flexible, innovative Geschäftsmodelle und attraktive Marketingaktivitäten begleitet – es bestehen Defizite an Vermarktungskompetenz und unternehmerischer Initiative. »Es fehlt an hybriden Innovationen, die neue Ideen in Produkte und Dienstleistungen mit Markt- und Geschäftsstrategien kombinieren und vorantreiben.«<sup>13</sup>

Während die meisten Unternehmen IKT bisher nur als Werkzeug zur Unterstützung ihrer traditionellen Prozesse verwendet haben, findet zunehmend eine Transformation hin zu vollständig digitalen Unternehmen statt, in denen IK-Technologien der entscheidende Treiber für Produkt- und Prozessinnovationen sind. Digitale Unternehmen zeichnen sich durch hochgradige internetbasierte Vernetzung mit anderen Unternehmen aus und richten ihre Geschäftsmodelle und -prozesse dynamisch auf diese Netzwerke aus. Ein digitales Unternehmen hat direkten Zugriff auf alle Daten zu Prozessen, Betriebsmitteln und Ressourcen der realen Unternehmenswelt zur Planung, Steuerung und Optimierung. Über Techniken des Cloud Computing können diese Lösungen nahezu beliebig skalierbar, wartungsarm und mit geringen Investitionen für den Anwender angeboten werden. Dies ist eine Chance gerade für KMUs, die so mit vertretbarem Aufwand von den IKT-Entwicklungen profitieren können und nicht im internationalen Wettbewerb zurückfallen. Dazu müssen Cloud-Infrastrukturen und Cloud-Dienste robust, verlässlich und sicher sein (»Trusted Cloud«).

13 [Offen für die Zukunft 2010], S. 15.

14 Bernd Pfaffenbach, Grußwort acatech Symposium Internet der Dienste.

15 Kongressprogramm und Informationen unter: <http://www.theseus.joint-research.org/theseus-kongress-2012/>

Bevor Cloud Computing und Cloud-Dienste ein Thema wurden, hat die Bundesregierung mit dem Forschungsprogramm THESEUS bereits auf dem ersten IT-Gipfel in Potsdam ein Leuchtturmprojekt zum Internet der Dienste gestartet. Seine Bedeutung wurde illustriert anhand einfacher Beispiele: Fast 13 Mio. Menschen haben ihren Sommerurlaub im letzten Jahr im Internet gebucht. Viele von ihnen suchen und kaufen einzelne Reiseleistungen und stellen sich so selbst ein individuelles Programm zusammen. Mit den Technologien des Internet der Dienste würde nicht nur dies bedeutend einfacher, sondern man könnte die Reise auch mit zusätzlichen Dienstleistungen, wie Versicherung, Eintrittskarten, Sprachkursen etc., kombinieren.<sup>14</sup>

Das strategische Ziel war aber, eine Schlüsseltechnologie für den Weg zur webbasierten Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft zu fördern. Nachdem IKT die Dienstleistungsbereitstellung bereits revolutioniert hatte durch

- ortsunabhängige, exportierbare Dienstleistungen (Bsp.: Call Center) und
- industrialisierte, automatisierte Dienstleistungen (Bsp.: Diagnose)

ging es beim **Forschungsprogramm THESEUS**<sup>15</sup> darum, Dienstleistungen beschreibbar (Semantik), handelbar, erweiterbar und kombinierbar zu machen. Neben der Vereinfachung des Zugangs zu Wissen (Bibliotheken, Archive, Patentrechtinformationen, Datenbanken) und der Vernetzung von Daten zu neuem Wissen wurde das Programm mit dem Ziel aufgesetzt, Grundlagen für die Entwicklung neuer Dienstleistungen im Internet zu schaffen.

Die Promotoren fokussieren sich mit ihrem zweiten Zukunftsprojekt »Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft« genau auf diese Zielsetzung: innovative Dienstleistungen mit hoher Wertigkeit zu fördern. Die explosionsartige Verbreitung von Apps auf Smartphones verdeutlicht die hohe Bedeutung des Internets der Dienste. Bisher stand diesbezüglich vor allem der Privatkonsum im Vordergrund, zunehmend wird es jedoch verstärkt Businessanwendungen geben, da zukünftiges Wirtschaftswachstum hauptsächlich durch neue Geschäftsmodelle im Internet erfolgt.

Durch das THESEUS-Forschungsprogramm hat sich Deutschland ein starkes Know-How im Bereich semantische Technologien erarbeitet; das Aktionsprogramm Cloud Computing schafft die Voraussetzungen für die Infrastruktur und neue Betreiberplattformen.

Die Zeit ist nun reif, die THESEUS-Forschungsergebnisse in kommerzielle Anwendungen zu überführen.

**Umsetzung 2012:** Das Zukunftsprojekt »Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft« wird die Ergebnisse des THESEUS Abschlusskongresses am 14. und 15. Februar 2012 aufgreifen. Weitere Umsetzungsempfehlungen werden daher im Anschluss in der Forschungsunion vorgestellt werden.

Zur aktiven Ausgestaltung des Internets der Dienste empfehlen die Promotoren zudem:

- Die Berücksichtigung der im Rahmen der BMWi-Studie »Das wirtschaftliche Potential des Internets der Dienste« entwickelten Handlungsempfehlungen
- Die rasche Umsetzung der Forschungsergebnisse des THESEUS Programmes in konkrete Produkte und Geschäftsmodelle

Die Promotoren empfehlen zudem die breite Umsetzung des Aktionsprogramms Cloud Computing. Benötigt wird eine softwarebasierte Infrastruktur als Basis zur Bereitstellung und Erprobung der neuen Art webbasierter Dienstleistungen:

- Schaffung der Voraussetzungen für den Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien wie Cloud Computing sowohl auf Nutzer- als auch auf Anbieterseite



# LITERATUR

[HIGHTECH-STRATEGIE 2020]

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.): Ideen. Innovation. Wachstum. Hightech-Strategie 2020 für Deutschland, BMBF, Bonn, Berlin, 2010

[IKT 2020]

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.): IKT 2020: Forschung für Innovationen. Bonn, Berlin 2007  
<http://www.bmbf.de/pub/ikt2020.pdf>

[12. FAKTENBERICHT 2009]

Bundesministerium für Wirtschaft (Hg.) Innovationspolitik, Informationsgesellschaft, Telekommunikation. 12. Faktenbericht 2009. Eine Sekundärstudie der TNS Infratest Business Intelligence- Berlin, 2009. unter:  
[http://www.tnsinfratest.com/bmwi/download.asp?id=13305464897&dfile=BMW12\\_Faktenbericht\\_2009.pdf](http://www.tnsinfratest.com/bmwi/download.asp?id=13305464897&dfile=BMW12_Faktenbericht_2009.pdf)

[E-ENERGY 2009]

Picot, Arnold/Neumann, Karl-Heinz (Hg.): E-Energy. Wandel und Chance durch das Internet der Energie, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2009.

[OFFEN FÜR DIE ZUKUNFT 2010]

Münchner Kreis e.V., EICT GmbH, Deutsche Telekom AG, TNS Infratest GmbH, Siemens AG, Vodafone D2 GmbH, SAP AG, Telefónica O2 Germany GmbH & Co. OHG, Zweites Deutsches Fernsehen (Hg.): Offen für die Zukunft – Offen in die Zukunft. Kompetenz, Sicherheit und neue Geschäftsfelder. Ergebnisse der dritten Phase der internationalen Studie »Zukunft und Zukunftsfähigkeit der Informations- und Kommunikationstechnologien und Medien«, November 2010

[DEUTSCHLAND DIGITAL 2015]

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.): IKT-Strategie der Bundesregierung »Deutschland Digital 2015«, Berlin, November 2010.

[FU SICHERHEIT 2010]

Ottenberg, Karsten u.a.: Promotorengruppe Sicherheit der Forschungsunion. Analyse zur Entwicklung thematischer Zukunftsräume. Stand: November 2010.

[INTERNET DER DIENSTE 2010]

Berlecon Research u.a. (Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft): Das wirtschaftliche Potential des Internets der Dienste, Berlin, 2010, unter: [http://www.berlecon.de/studien/downloads/Berlecon\\_IDD.pdf](http://www.berlecon.de/studien/downloads/Berlecon_IDD.pdf)

[FU KLIMA /ENERGIE 2010]

Bullinger, ans-Jörg u.a.: Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft. Bedarfsfeld KLIMA/ENERGIE. Bericht der Promotorengruppe; Roadmaps und Handlungsempfehlungen, Stand: 11. November 2010.

[KRCMAR 2009]

Böhm, M.; Leimeister, S.; Riedl, C.; Krcmar, H. : Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen? In: Information Management & Consulting, Vol. 24 (2009) Nr. 2, S. 6-14.

[DRESDNER VEREINBARUNG 2010]

Bundesministerium für Wirtschaft (Hg.): Dresdner Vereinbarung anlässlich des 5. Nationalen IT-Gipfels Dresden, 7. Dezember 2010, unter:

<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Technologie-und-Innovation/it-gipfel-2010-dresdner-vereinbarung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

[5. NATIONALER IT-GIPFEL]

Bundesministerium für Wirtschaft (Hg.): Fünfter Nationaler IT-Gipfel, Programm – Personen – Projekte, BMWI, Dresden, 2010

[GREEN IT STUDIE 2010]

Green IT-Beratungsbüro BITKOM/Deutsche Bank Research (Hg.): Greent IT. Mehr als eine Modeerscheinung; gemeinsame Studie, Frankfurt, 18. November 2010

[IKT-PROMOTORENBERICHT 2006]

Berchtold, Willi/Wahlster, Wolfgang (Hg.): Promotorenbericht Innovationsfeld Informations- und Kommunikationstechnologien. Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft, 3. Sitzung (29. November), Berlin, 2006

[DIGITALE AGENDA 2010]

Europäische Kommission: MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. Eine Digitale Agenda für Europa, Dokument: KOM(2010) 245 endgültig/2, Brüssel, 28.8.2010, unter:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0245:FIN:DE:PDF>

[iD2010]

Bundesministerium für Wirtschaft (Hg.): Innovationspolitik, Informationsgesellschaft, Telekommunikation. iD2010 – Informationsgesellschaft Deutschland 2010. Aktionsprogramm der Bundesregierung, Berlin, November 2006.

[GENS 2008]

Gens, F. (2008): Defining «Cloud Services» and «Cloud Computing». IDC eXchange: IDC.

[GARTNER 2009]

Pettey, C.; Stevens, H.: Gartner Says Worldwide Cloud Services Revenue Will Grow 21.3 Percent in 2009. Gartner, 2009.

[FUTURE INTERNET 2020]

Wahlster, Wolfgang u.a.: Future Internet 2020. Call for action by a high level visionary panel, European Communities, May 2009. [http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/FI\\_Panel\\_Report\\_v3.1\\_Final.pdf](http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/FI_Panel_Report_v3.1_Final.pdf)

[FELDAFINGER KREIS 2008]

Raffler, Hartmut/Wahlster, Wolfgang (Hg.): Forschen für die Internetgesellschaft: Trends, Technologien, Anwendungen. Trends und Handlungsempfehlungen 2008 des Feldafinger Kreises, 2008

[http://www.feldafinger-kreis.de/html/future\\_internet1.html](http://www.feldafinger-kreis.de/html/future_internet1.html)

# AUTOREN

## PROMOTOREN DES BEDARFSFELDES KOMMUNIKATION

**Prof. Henning Kagermann,**  
acatech (Sprecher)



**Prof. Wolfgang Wahlster,**  
DFKI



**Dr. Johannes Helbig,**  
Deutsche Post DHL



## REDAKTION/KONTAKT

**Ariane Hellinger**, M.A.

Wissenschaftliche Referentin acatech -  
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Unter den Linden 14  
D-10117 Berlin  
Tel. : +49 30 206 30 96-62  
Email: Hellinger@acatech.de

**Reinhard Karger**, M.A.

Unternehmenssprecher  
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz DFKI

Campus D 3-2  
D-66123 Saarbrücken  
Tel. : +49 681 85775-5253  
E-Mail: reinhard.karger@dfki.de

# DANKSAGUNG

Die Promotoren danken den Teilnehmern der beiden Strategie-workshops »Industrie 4.0« (s.u.) sowie den Mitgliedern des Arbeitskreises Industrie 4.0 (S. 40) herzlich für Ihren Input und die wertvollen Anregungen und Kommentare:

**Prof. Dr. Reinhold Achatz** (Siemens AG)

**Prof. Michael Beigl** (KIT Karlsruhe Institute of Technology)

**Prof. Manfred Broy** (TU München)

**Dr. Udo Bub** (Deutsche Telekom AG)

**Hervé Couturier** (SAP AG)

**Thomas Curran** (Deutsche Telekom AG)

**Prof. Werner Damm** (Universität Oldenburg)

**Dr. Heinz Derenbach** (Robert BOSCH GmbH)

**Dr. Bernhard Diegner** (ZVEI)

**Dr. Thomas Feld** (Scheer Group)

**Rainer Glatz** (VDMA)

**Prof. Otthein Herzog** (Jacobs University Bremen)

**Dirk Hilgenberg** (BMW AG)

**Dr. Uwe Kubach** (SAP AG)

**Giuseppe Mascolino** (BMW AG)

**Dr. Karsten Ottenberg** (Giesecke & Devrient)

**Prof. Gunther Reinhart** (Technische Universität München)

**Dr. Julia Roelofsen** (TÜV Süd AG)

**Prof. August -Wilhelm Scheer** (Scheer Group)

**Dr. Harald Schöning** (Software AG)

**Prof. Bernd Scholz-Reiter** (BIBA Universität Bremen)

**Dr. Manfred Wittenstein** (Wittenstein AG)

**Prof. Birgit Vogel-Heuser** (TU München)

**Dr. Volker Zimmermann** (IM-C)

# Forschungsunion

Wirtschaft und Wissenschaft  
begleiten die Hightech-Strategie