

INDUSTRIE 4.0

CYBER PHYSICAL SYSTEMS IN DER PRODUKTION

NORDRHEIN-WESTFALEN AUF DEM WEG ZUM DIGITALEN INDUSTRIELAND

IKT.NRW SCHRIFTENREIHE

Die Studie "**Cyber Physical Systems in der Produktion - Industrie 4.0 für das Land NRW**" erörtert die aktuellen Anforderungen der Produktion an Informations- und Kommunikationstechnologien sowie die Potenziale von Cyber Physical Systems für den Industriestandort Nordrhein-Westfalen.

Autoren

Prof. Dr. Ingo Wolff,
Clustermanager IKT.NRW / IMST GmbH

Siegfried Schulze,
Cluster IKT.NRW / IMST GmbH



Hintergrund

Die Studie ist Teil der IKT.NRW Schriftenreihe "NRW auf dem Weg zum digitalen Industrieland". Die Beiträge der Schriftenreihe ergänzen die unter dem gleichnamigen Titel erschienene IKT.NRW Roadmap 2020 – entweder aus der Perspektive einer IKT-Basistechnologie oder einer der NRW-Schlüsselbranchen.

Herausgeber

Clustermanagement IKT.NRW
V. i. S. d. P. Monika Gatzke
c/o SiKoM – Institut für Systemforschung der Informations-,
Kommunikations- und Medientechnologie
Bergische Universität Wuppertal
Rainer-Gruenter-Str. 21
42119 Wuppertal

Wuppertal, November 2013

INHALT

01	Definition: Was sind Cyber Physical Systems?	4
02	Cyber Physical Systems	
	Anwendungen in und Anforderungen an eine technische (R)evolution der industriellen Produktion (Industrie 4.0)	6
	Systeme aus heterogenen Komponenten und Modulen	11
	Verteiltes Messen, Rechnen, Kontrollieren und Steuern	12
	Modellierung und Analyse der Systeme in Industrie 4.0	13
	Zuverlässigkeit, Sicherheit, Datenschutz	15
03	Die Bedeutung von Industrie 4.0 für NRW	17
	Starke Industrieregion NRW	18
	Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)	
	Wachstumstreiber und Innovationsmotor für die gesamte Wirtschaft und Industrie 4.0	22
	Die Vision: Mit Industrie 4.0 entsteht die smarte Fabrik	24
	Die Realität: Erste Schritte in Richtung Cyber Physical Systems und Industrie 4.0 in kleinen und mittelständischen NRW- Unternehmen	26
04	10 THESEN	
	Zusammenfassung und Ausblick	29

01 DEFINITION CYBER PHYSICAL SYSTEMS

Heute in der Anwendung befindliche Standardcomputersysteme zeichnen sich durch eine strikte Trennung von realer und virtueller Welt aus. Zukünftige moderne Steuerungssysteme, die z.B. in Anwendungen wie der Automobiltechnik, der Produktion von intelligenten Maschinen, des Smart-Metering oder des Smart-Grid verbaut werden und die aus über das Internet vernetzten Systemkomponenten und einer Vielzahl von intelligenten Sensoren und Aktuatoren bestehen, entsprechen diesem Bild nur noch sehr eingeschränkt.

Solche Systeme, oft als "Cyber-Physical Systems (CPS)" bezeichnet, vereinen eine Vielzahl von Eigenschaften in der

Cyber Physical Systems sind gekennzeichnet durch eine Verknüpfung von realen (physischen) Objekten und Prozessen mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze.

(Quelle: arcatech CPS Positionspapier 2013)

Kombination, dass sie automatisch ihre physische Umgebung erkennen. Sie verarbeiten die ihnen zugeführten Informationen und sind in der Lage ihre physische Umwelt koordiniert zu beeinflussen und zu manipulieren. Hierzu ist eine Verschmelzung der physischen Anwendungsmodelle, der realen Prozesse und der steuernden Computersysteme mit der virtuellen Welt - dem sogenannten „Cyberspace“ - Voraussetzung. Im Unterschied zu den heute vielfältig eingesetzten Embedded Systems, bestehen Cyber Physical Systems in der Regel aus einer Vielzahl von vernetzten und sich selbständig untereinander koordinierenden Systemkomponenten, welche alle miteinander zu einer automatisch interagierenden intelligenten Systemumgebung verwachsen und integrativ mit der Wirklichkeit verschmelzen. Diese Systeme sind per Definition komplex und bestehen aus vielen heterogenen und teils autonom arbeitenden Komponenten und Modulen. Deshalb besteht die Notwendigkeit einheitliche Definitionen, Standards sowie intelligente Schnittstellen zu schaffen, um über integrierte Managementtechnologien solche Systeme in zukünftigen Anwendungen sicher und erfolgreich zu etablieren.

02

CYBER PHYSICAL SYSTEMS CPS-ANWENDUNGEN UND LÖSUNGEN FÜR DIE INDUSTRIE 4.0

Globale Vernetzung und das stetige Wachstum unserer heutigen Informations- und Kommunikationsgesellschaft trägt dazu bei, dass der Einsatz von intelligenten technologischen Systemen und deren Datenaustausch in globalen Netzwerken für die Produktion der Zukunft eine entscheidende Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz von Unternehmen hat. Eingebettete Systeme aus der Elektronik und Software Systeme haben sich in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt. Sie sind prägend für den technologischen Fortschritt in unserer Industrie- und Produktionslandschaft. In heutigen modernen Produktionsanlagen sind diese Querschnittstechnologien unabdingbar und nicht mehr weg zu denken.

Die zunehmende globale Vernetzung über das Internet und die Möglichkeit physikalische Prozesse mit virtuellen Welten, dem sogenannte „Cyberspace“, zu verbinden, ermöglicht darüber hinaus den Aufbau von Cyber Physical Systems zur Anwendung in der industriellen Produktion. Hier spielen Entwicklungen wie hyperschnelle Datenübertragungssysteme und die Vernetzung von intelligenten und miniaturisierten Sensoren und Aktuatoren sowie von eingebetteten Systemen eine entscheidende Rolle, um die systemimmanenten interaktiven Möglichkeiten von Cyber Physical Systems in Zukunft gewinnbringend nutzen zu können.

Der Begriff „Industrie 4.0“ ist zurzeit noch nicht endgültig und im Detail definiert. In der Vorstellung der als Industrie 4.0 bezeichneten Weiterentwicklung industrieller Produktions- und Automatisierungsprozesse wird darüber diskutiert, inwieweit neue Entwicklungen der Informationstechnologien wie das Internet der Dinge und Cloudcomputing mit klassischen industriellen Prozessen zusammenwachsen und die Produktion effizienter und flexibler machen können. Grundlage sind die oben kurz beschriebenen Cyber Physical Systems (CPS), die eigenständig Informationen aufnehmen, Aktionen auslösen und sich wechselseitig steuern können. Sie bieten darüber hinaus mit Methoden der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und der Internetstrukturen in der Produktion eine breitbandige Vernetzung von Produkten und Maschinen, von Maschinen und Betrieben sowie von verschiedenen Betrieben einer Produktionseinrichtung in globalem Maßstab. Damit können auch neue Geschäftsmodelle, z.B. in der Zusammenarbeit von produzierenden Einrichtungen mit den Zulieferbetrieben geschaffen werden, die neue Möglichkeiten zur Steuerung und Erweiterung der Wertschöpfungsketten schaffen. Nach Meinung vieler Experten wird Industrie 4.0 deshalb auch spürbare Auswirkungen auf die Produktentwicklung und die damit verbundenen Produktionsprozesse haben.

Industrie 4.0 bezeichnet "die vierte Industrielle Revolution"; sie ist aber keine wirkliche Revolution. Die Technologien für Industrie 4.0 existieren heute schon zum großen Teil in der weit entwickelten Automatisierungstechnik für Produktionsanlagen. Die Frage stellt sich vielmehr, wie sich diese Technologien so kombinieren und lokal oder global vernetzen lassen, dass sie den Anforderungen von Industrie 4.0 entsprechen und neue, effiziente und wirtschaftlich erfolgreiche Industrieprozesse und –systeme geschaffen werden. Um die Frage endgültig beantworten zu können, wird sicher noch einige Zeit für Klärung von relevanten Forschungs- und Entwicklungsfragen benötigt.

(Quelle: DIGITAL ENGINEERING Magazin DEM)

Cyber Physical Systems und ihr Einsatz im Bereich Industrie 4.0 stellen deshalb in Zukunft enorme Anforderungen an die Forschung, Entwicklung, an Wirtschaft und Politik. Es bedarf ganzheitlicher Ansätze zu innovativen Lösungen und es müssen noch viele Fragen geklärt werden. Einige Grundsatzfragen sind:

- Lassen sich die heute schon weit automatisierten Prozesse mit Hilfe der Produktion 4.0 genannten Verfahren in Zukunft in Ihrer Qualität, Effizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit wirklich weiter verbessern?
- Welche neuen Herausforderungen und Veränderungen stellen Cyber Physical Systems an Unternehmen, Menschen und Prozesse in der Produktion 4.0?
- Entstehen neue Geschäftsmodelle und werden Wettbewerbssituationen insbesondere für die kleinen und mittleren Unternehmen in der Zukunft dadurch erheblich verbessert?
- Wie sind Cyber Physical Systems für die Anwendung in Industrie 4.0 auszubilden, wie sehen Systemstrukturen von sich selbstorganisierenden Produktionsprozessen aus, welche Normen und Standards sind dazu notwendig und können diese technologieintensiven Systeme technisch und wirtschaftlich effizient beherrscht werden?
- Wie können die notwendigen, umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben finanziert werden?
- Welche politische Unterstützung ist notwendig um diese Technologie in den Anwendungsfeldern der Produktion insbesondere im Bereich der kleinen und mittelständischen Firmen nachhaltig auszubauen?

CPS-ANWENDUNGEN UND LÖSUNGEN FÜR DIE INDUSTRIE 4.0

Trotz der vielen noch zu klärenden Kernfragen und der zum großen Teil noch nicht bekannten und in Zukunft zu entwickelnden Systemarchitekturen, Technologiemodelle sowie der offenen Sicherheitsstrategien, ergeben sich aber bereits jetzt für die durch Cyber Physical Systems gesteuerte Technik der Industrie-4.0-Konzepte eine Vielzahl von absehbaren Anwendungen und Lösungen in den Bereichen:

- Qualitäts- und Energiemanagement,
- Optimierung von Produktionsprozessen,
- Selbstkonfiguration und Selbstdiagnose der Produktionsprozesse,
- Produkt-Lebenszyklus Management,
- Informationsaustausch in der Wertschöpfungskette,
- Service und Wartungsprozesse.

HERAUSFORDERUNGEN

Diese vielschichtigen angedachten und oben kurz angedeuteten Einsatzszenarien von Cyber Physical Systems im Umfeld von Produktion-4.0-Prozessen und die sich stetig ändernden Betriebsparameter in zunehmend dynamischen Produktionsumgebungen stellen allerdings immer neue Herausforderungen

- an technologische und methodische Vorgehensweisen,
- an geeignete Modelle zur Analyse, Modellierung und zum Design der Prozesse,
- an Anpassungen in der Architektur, Komposition und Topologie,
- an Spezifikationen zur Autonomie und Interoperabilität von Prozessschritten über Schnittstellen,
- an automatische Adaption, Integration und dynamische Skalierbarkeit der Systeme,
- an einfache On- und Offline Konfigurationen sowie insbesondere eine schnelle und effiziente Rekonfiguration der Systeme mit fortschreitender Technologieentwicklung,
- an kurze Umrüstzeiten für bestehenden Anlagen und den schnellen Aufbau neuer Systeme,
- an Wartung und Servicefreundlichkeit,
- an Robustheit und den „Stand-Alone“ Betrieb in Problemsituationen,
- an Ausfallsicherheit, Hochverfügbarkeit sowie Zuverlässigkeit,
- an sichere und schnelle Datenkommunikation und -speicherung sowie Verarbeitung von Big DATA Volumina,
- an optimale Wahrung der Datensicherheit und der funktionalen Sicherheit für die Anwender,

- an Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz und Umweltaforderungen, und
- an eine einfache Finanzierung und schnelle Amortisationszeiten von Investitionen. Qualitäts- und Energiemanagement,

Die Anforderungen sind also vielfältig und hoch. Hieraus folgen konsequente Anforderungen an die technische Entwicklung solcher Systeme, aber auch an die wirtschaftlichen Grundvoraussetzungen zum Aufbau und Einsatz solcher Systeme. Einige zu lösende Problemfelder sollen in den folgenden Abschnitten kurz zusammengestellt werden (die Liste ist aber sicher nicht vollständig).

SYSTEME AUS HETEROGENEN KOMPONENTEN UND MODULEN

In einem nach dem Prinzip Industrie 4.0 aufgebauten Produktionssystem werden viele unterschiedliche Sensoren, Aktuatoren, Komponenten, Geräte, Maschinen und Teilsysteme zu einem komplexen, über Maschine-zu-Maschine Kommunikation und dem Internet vernetzten Gesamtsystem zusammengefasst. Die Zusammenschaltung dieser im allgemeinen sehr heterogenen Systemelemente kann nur erfolgreich geschehen, wenn durch einheitliche Normung und Standardisierung Schnittstellen und Verfahren geschaffen werden, die, ähnlich wie in einem heterogenen Mobilfunksystem, das Zusammenwirken der Teilsysteme im Gesamtsystem problemlos gestalten.

WELCHE IKT-ENTWICKLUNGEN WERDEN GEBRAUCHT?

- Schnittstellen für „Plug and Play“ zwischen den heterogenen Mess-, Steuer- und Kommunikationseinheiten müssen entwickelt, genormt und standardisiert werden,
- Methoden für die Rekonfiguration des Systems nach einem Totalausfall (Schwarzstart) müssen erarbeitet werden,
- Sichere und robuste Kommunikationsverfahren (z.B. auch Funkverfahren) mit Echtzeitfähigkeit und damit mit sehr kleinen Latenzzeiten zwischen den verwendeten Sensoren und Aktuatoren sowie Routingverfahren, die übertragungssicher, robust, datengeschützt und energiesparend sind, müssen entwickelt werden,
- Die immer verbleibenden Unsicherheiten der Funknetzwerke (die wegen ihrer Flexibilität ein wichtiges Element in der Produktion 4.0 werden) sowohl im Bereich der Robustheit der Verbindungen, als auch im Bereich der Datensicherheit müssen gelöst bzw. in das Systemverhalten einberechnet werden.

VERTEILTES MESSEN, RECHNEN, KONTROLLIEREN UND STEUERN

Paradigmen für verteiltes Messen, Rechnen, Kontrollieren und Steuern in dynamischen, sicherheits- und zeitkritischen, verteilten Netzen, wie sie im Industrie 4.0-Prozess nötig sind, sind bis heute nicht genau genug bekannt.

HERAUSFORDERUNGEN

- Wann und wo müssen Daten gesammelt werden?
- Welche Informationen müssen erfasst werden?
- Wo sollen die Daten rechnerisch vorbearbeitet werden?
- Auf welchem Weg sollen die Daten von der Datenquelle zur Datensenke geleitet werden?
- Können diese Fragen vom System selbst entschieden werden?

MODELLIERUNG UND ANALYSE DER SYSTEME IN DER INDUSTRIE 4.0

Cyber Physical Systems, die in komplexen und vernetzten Systemen der Industrie 4.0-Technik verwendet werden sollen, müssen vor ihrem Einsatz durch Modellierung und Simulation auf ihre nachhaltige Einsatzmöglichkeit hin überprüft werden. Dabei müssen nach der Definition der Cyber Physical Systems physikalische, technische, datentechnische, computertechnische und netztechnische Verfahrensschritte in einem Simulationsverfahren vereint werden.

HERAUSFORDERUNGEN

Kritische Probleme bei der Modellierung und Analyse der Systeme in Produktion 4.0 sind Unsicherheiten und Ungenauigkeiten durch:

- Analyse- und Syntheseverfahren, die neben den Anforderungen an die genaue Simulation des physikalischen und technischen Verhaltens der z.T. intelligenten, autonomen Teilkomponenten auch Informationen bzgl. Zeit, Lokalisation, Speicherplatzbedarf, Kosten, Energiebedarf, Sicherheitsfragen, sowie Anforderungen des Gesamtsystems an Logistik, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit berücksichtigen müssen,
- Messen, (Vor-)Verarbeiten und Kommunizieren der Daten, die durch autonome Sensoren aufgenommen werden,
- Funkübertragungsverfahren oder leitungsgebundene Übertragungsverfahren, die die Daten auf nicht deterministisch festgelegten ad hoc aufgebauten Wegen in einem zeit- und eventuell ortsvariablen Produktionsnetzwerk zu einer oder mehreren Sammelstellen weiterleiten,
- Störungen durch Rauschen oder andere Störarten aus dem industriellen Umfeld bei dieser Datenübertragung,
- Mobilität der Komponenten, Geräte und Maschinen im Produktionsprozess,

- nicht optimale Echtzeitdatenübertragung (Latenzzeiten der Netze).

Alle diese Faktoren (und mehr) beeinflussen die Simulation, ihre Implementierung und Performance. Das Gesamtsystem muss robust sein und mit einer nicht-deterministischen, wahrscheinlichkeitsbestimmten und nicht verzögerungsfreien Umwelt zuverlässig arbeiten. Die Konsequenz hieraus ist: Es müssen neue Grundlagen für die Modellierung solcher Systeme unter Berücksichtigung der physikalischen, rechnerischen und kommunikationstechnischen Fehlerquellen geschaffen werden, die ein zuverlässiges Abbild des Produktionsprozesses liefern können.

ZUVERLÄSSIGKEIT, SICHERHEIT DATENSCHUTZ

In einem Industrie-4.0-Prozess auf der Basis eines Cyber Physical Systems werden große Mengen von Daten von RFID's, Sensoren, Embedded Systems, den zu fertigenden Komponenten selbst, den Maschinen, aber auch von den steuernden und kontrollierenden Rechereinheiten generiert. Sie enthalten Informationen über den Produktionsprozess, Ort, Zeit und Zustand des herzustellenden Produkts, letztendlich auch über die Konstruktionsunterlagen und die wirtschaftlichen Ergebnisse des Produktionsprozesses, in vielen Fällen auch Personendaten. Durch ein unberechtigtes Abfangen dieser Daten können der gesamte Produktionsprozess sowie die Eigenschaften des produzierten Guts offen gelegt werden. Durch unberechtigte Veränderung der Daten von außen können die Produktionsprozesse und ihre Ergebnisse (Produkte) nachhaltig geschädigt werden.

HERAUSFORDERUNGEN

Um diese Gefahren abzuwehren müssen völlig neue Datenschutzverfahren erarbeitet werden, weil:

- die geringe Rechnerkapazität der Sensorknoten, die auch eine Frage des Energieverbrauchs in den Sensoren ist, eine Sicherheitstechnik auf den Sensoren sehr schwer macht.
- die vielfältigen, nicht deterministisch festgelegten Kommunikationswege in der Sensor-Rechner-Aktuator-Kommunikation physikalische Verfälschungen der Signale und Daten sowie ein ungewolltes Mithören, Umleiten und Verfälschen der Datenübertragung ermöglichen.
- heutige Datenschutzverfahren kaum auf Echtzeit-Datenübertragungsverfahren anwendbar sind. Korrekte Zeitbestimmung und Zeitsynchronisierung der Prozesse sind wichtige Voraussetzung für den Einsatz von Cyber Physical Systems in der Industriesteuerung, die aber von außen leicht angegriffen werden können,

- die heute z.B. für die Internettechnologie entwickelten Datenschutzverfahren für den Schutz industrieller Prozesse nicht hinreichend sind,
- beim Einsatz von Cyber Physical Systems in dem Produktion-4.0-Prozess neue Datenübertragungs- und Verarbeitungsmethoden wie z.B. Cloud Computing eine große Rolle spielen. Für diese Technik müssen die Datenübertragung und die Datenspeicherung kryptographisch geschützt werden und im Extremfall auch die Datenverarbeitung verschlüsselt durchgeführt werden.

03

DIE BEDEUTUNG VON INDUSTRIE 4.0 FÜR NORDRHEIN-WESTFALEN

"Die Erfolge des Produktionsstandorts Deutschland beruhen auf den Fähigkeiten in der Industrie, komplexe, arbeitsteilige und geografisch verteilte industrielle Prozesse zu steuern. Die fortwährende Verbesserung und Erneuerung von Prozessen und Produkten im Bereich der Hochtechnologie bestimmen also ganz unmittelbar das zukünftige ökonomische Wohlergehen des Landes."

(Quelle: BMBF 2012).

STARKE INDUSTRIEREGION NRW

BRANCHENFACTS

- **19 der 50 umsatzstärksten deutschen Unternehmen haben ihren Sitz in Nordrhein-Westfalen:**

darunter Bayer, Bertelsmann, Deutsche Post, DHL, Deutsche Telekom, Vodafone, E.ON, Metro, RWE, Rewe, und ThyssenKrupp.

- **Mit der Metropole Ruhr als Kernraum ist Nordrhein-Westfalen die stärkste Industrieregion Europas.**

Hier sitzen große Industrieunternehmen von Weltrang ebenso wie eine große Zahl kleinerer Unternehmen, die in ihren Geschäftsfeldern oftmals auch international führend sind.

- **Die nordrhein-westfälischen Industrieunternehmen setzten 2012 342,5 Milliarden Euro um.** Das entspricht 19,5 % des deutschen Industrieumsatzes,

- **18,4 % der Erwerbstätigen in Nordrhein-Westfalen sind im Industriesektor beschäftigt.**

Werden die Industriebranchen in NRW nach Umsatz geordnet betrachtet, so steht die Stahl- und Metallindustrie mit einem Umsatz von 73,1 Mrd. Euro an erster Stelle, gefolgt von der Chemiebranche und dem Maschinenbau. Auch die Automobilproduktion und die Automobil-Zuliefererindustrie sowie die Elektrotechnik haben noch einen erheblichen Anteil an der Industrieproduktion im Land Nordrhein-Westfalen.

Neben dem verarbeitenden Industriegewerbe hat Nordrhein-Westfalen große wirtschaftliche Aktivitäten im Dienstleistungsbereich: Das Land ist mit den Firmen RWE und EON der wichtigste Energiestandort Deutschlands und die bedeutendste Energieregion in Europa. Im Telekommunikationsbereich arbeiten die zwei großen Diensteanbieter Telekom und Vodafone mit ihrem Stammsitz in NRW. Auch die Deutsche Post hat ihren Stammsitz in NRW.

Es ist erkennbar und bekannt, dass die Industrieproduktion des Landes NRW im „klassischen“ Industriebereich angesiedelt ist und seit langer Zeit in dieser Konfiguration besteht. Viele der großen,

klassischen Industriebetriebe machen aber heute schon in großem Umfang von digitalen Steuerungs- und Automatisierungstechniken Gebrauch. Industrie 4.0 bietet ein immenses Potenzial, die Prozesse in den führenden nordrhein-westfälischen Industriebereichen zur industriellen Herstellung von Produkten durch dezentrale Intelligenz und Cyber Physical Systems nochmals effizienter zu betreiben und die Elemente der Wertschöpfungsketten zu optimieren. Wie aktuell kein anderes Thema beschäftigt es deshalb zurzeit die Fachbereiche der Industrie, Wirtschaft, Wissenschaft und Ökonomie auch in NRW.

Im Bereich der mittelständischen Betriebe spielen in Nordrhein-Westfalen vor allem der Maschinenbau und die Produktionstechnik eine herausragende Rolle. Sie sind dynamische Industriezweige mit einem hohen Innovationsgrad. Als Querschnittsbranche und Technologieführer auf vielen Gebieten integrieren sie neueste Erkenntnisse in Anlagen und Produkte. Sie leisten einen großen Beitrag zum Erhalt und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit ihrer Kunden. Sie sind Impulsgeber und gleichzeitig „Enabler“ für viele andere Branchen.

Die typische Mittelstandsstruktur der Branche steht für eine Kultur der Selbstständigkeit und ist Sinnbild des eigenverantwortlichen, freien und kreativen Unternehmertums am Standort Deutschland. Zirka 70 Prozent der nordrhein-westfälischen Unternehmen beschäftigen weniger als 100 Mitarbeiter, 90 Prozent weniger als 250 Mitarbeiter. Viele der kleinen und mittleren Unternehmen sind auf ihren Spezialgebieten weltweit führend.

Der nordrhein-westfälische Maschinenbau ist in vielen Bereichen technologisch führend und mit seinen Innovationen der Impulsgeber für die Weiterentwicklung zahlreicher Abnehmerbranchen. Er liefert die Technologien zur Lösung zentraler Aufgaben rund um die Themen Ressourcenschonung und -effizienz, Energie und Klima, Ernährung und Mobilität etc. Fast jede vierte deutsche Maschine wird in Nordrhein-Westfalen produziert, wobei die Antriebstechnik und Armaturen zu den Fachzweigen mit den größten Produktionswerten gehören. Besonders stark ist der Anteil Nordrhein-Westfalens an der deutschen Produktion von Hütten- und Walzwerkseinrichtungen, Armaturen, Bergbau- und Gießereimaschinen. Der Maschinenbau ist aufgrund seiner mittelständischen Struktur, seiner Innovationskraft und seiner Zielorientierung der ideale Einsatzort für ein erstes Austesten von Verfahren und Strukturen der Philosophie „Industrie 4.0“.

WO LIEGT DAS POTENTIAL FÜR NRW?

Unter Berücksichtigung der diskutierten Industriestruktur in NRW liegen wichtige Einsatzgebiete für Verfahren der Industrie 4.0 in NRW deshalb in den Bereichen:

- Verbesserung der Produktionsbedingungen in der Stahlproduktion, der Stahlbearbeitung und –verarbeitung, der Verbesserung der Vertriebslogistik und der Wartung sowie des Services in globalem Maßstab,
- Optimierung der bereits jetzt hochautomatisierten chemischen Industrie und Produktion,
- Aufbau einer effizienten, umweltschonenden und energiesparenden Produktionstechnik für intelligente, komplexe Maschinen und Anlagen mit kleinen Durchlaufzeiten, kleinem Ausschuss und einer langen Lebensdauer der verwendeten Werkzeuge in der Maschinenbauindustrie,
- Weiterer Ausbau der Automatisierung in der Automobilindustrie, aber auch in der Luft- und Raumfahrtproduktion
- Verbesserung der Industrieprozesse insbesondere der in NRW ansässigen mittelständische Betriebe mit Arbeitsbereichen wie:
 - Umweltsysteme,
 - Analytische Messtechnik,
 - Industrie- und Gebäudeautomatisierungstechnik,
 - Gerätetechnik der Energie-Effizienz:
Smart Metering, Smart Grid,
 - Kommunikationstechnik und Netztechnik,
 - Medizintechnik und Telemedizin,
 - Agrartechnologie

und in vielen anderen Bereichen. Während die Gedanken von Industrie 4.0 in den Großbetrieben der Chemieindustrie und der Automobilherstellung zum Teil auch schon im Bereich des Maschinenbaus mit einem hohen Automatisierungsgrad der Produktionsprozesse umgesetzt werden, verhalten sich die

kleineren Betriebe zurzeit eher noch zögerlich, warten die Entwicklung ab, versuchen sich mit kleinen Schritten der neuen Technik anzunähern und diskutieren vor allem die Bezahlbarkeit der neuen Technik (siehe hierzu auch *Die Realität: Erste Schritte in Richtung Cyber Physical Systems und Industrie 4.0 in kleinen und mittelständischen Unternehmen - Seite 26*).

Für das Land NRW, einem der größten Wirtschaftsstandorte in Deutschland, ist es unabdingbar, sich mit diesem Thema auseinander zu setzen und es in die Betriebe zu bringen, birgt dieser Bereich doch das Potenzial für neue Entwicklungen, Arbeitsplätze, und Wirtschaftswachstum in einer durch „klassische“ Industrie geprägten Region. Frühzeitig müssen auch die damit verbundenen Anforderungen an neue technologische und gesellschaftliche Herausforderungen sowie Bildungs- und Berufssysteme erkannt, gefördert und durch intelligente Umstrukturierung ergänzt und berücksichtigt werden.

INFORMATIONEN- UND KOMMUNIKATIONS- TECHNOLOGIE (IKT) WACHSTUMSTREIBER UND INNOVATIONSMOTOR FÜR DIE GESAMTE WIRTSCHAFT UND INDUSTRIE 4.0

Die Informations- und Kommunikationstechnik ist die Basis für die vierte industrielle Revolution Industrie 4.0. Sie stellt mit Technologien wie intelligenten Sensoren und Aktuatoren, eingebetteten Systemen, der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, dem Internet der Dinge und dem Cloud Computing die Basistechnologien, mit denen Industrie 4.0 arbeitet.

Als „Key-Enabling-Technology“ ist die Informations- und Kommunikations-technologie (IKT) damit für die die Entwicklung der Wirtschaft in NRW von ausschlaggebender Bedeutung. Nicht nur die IKT-Branche selbst erzielt stetig steigende Umsätze und bietet qualifizierte Arbeitsplätze, deren Zahl in Zukunft noch stark zunehmen wird, sondern insbesondere auch der Mehrwert für alle anderen Branchen ist groß und wird mit der Umsetzung der Entwicklungen zu Industrie 4.0 noch deutlich steigen.

Mit 76,9 Milliarden Euro und einem Anteil von 4,5 Prozent trägt die IKT-Branche in Deutschland mehr zur gewerblichen Wertschöpfung bei als der Automobil- und der Maschinenbau und liegt damit auf Rang 2 hinter dem Einzelhandel. Mit 843.000 Arbeitsplätzen stellt die IKT-Branche darüber hinaus etwa 3,1 Prozent der Gesamtbeschäftigung.

Durch die Nachfrage in diesem Sektor entstehen weitere 350.000 Arbeitsplätze in den anderen Branchen in Deutschland. Bei den Investitionen belegte der IKT-Bereich mit 11,7 Milliarden Euro im Jahr 2010 einen vorderen Platz – 3,7 Prozent der gesamten Bruttoanlageinvestitionen der gewerblichen Wirtschaft werden von der IKT-Branche abgedeckt.

(Quelle: BMWi 2012).

Branchenübersicht: Bruttowertschöpfung absolut und in Prozent der Gesamtwirtschaft 2010

	Mio. €	%
Einzelhandel	87.008	5,09
IKT-Branche	76.904	4,49
Automobilbau	67.881	3,97
Maschinenbau	66.755	3,90
Elektrotechnik	35.873	2,10
Technische Dienstleistungen	30.559	1,79
Beratung/Kreativwirtschaft	26.812	1,57
Medien	22.822	1,33
Instrumententechnik	11.677	0,68

Quelle: BMWi 2012a, auf Basis von Eurostat, des Statistischen Bundesamtes und Berechnungen des ZEW

1 Die in diesem Abschnitt aufgeführten Zahlen wurden von TNS Infratest und ZEW berechnet. Sie basieren auf einer IKT-Branchenabgrenzung, die von der Abgrenzung des BITKOM-Verbandes sowie des Clustermanagements IKT.NRW abweicht. Die Zahlen beziehen sich auf folgende Wirtschaftszweige (nach der WZ-Klassifikation 2008): 26.1-26.4, 26.8 (IKT-Hardware) und 58.2, 61, 62, 63.1 (IKT-Dienstleistungen inkl. Software und TK-Dienstleister).

Die Impulse, die von der Informations- und Kommunikationstechnologie ausgehen, lassen sich ferner an deren Beitrag zur Entstehung von Innovationen messen: Bereits heute sind 50 Prozent aller Produktentwicklungen nur durch den Einsatz von IKT möglich; so basieren beispielsweise 80 Prozent der Innovationen im Automobilssektor auf IKT.

(Quelle: BMBF 2007)

Deutschland übertrifft das durchschnittliche IKT-Wachstum in Westeuropa und stabilisierte die europäische IKT-Branche. Nicht zuletzt ist Prognosen zufolge die Investitionsbereitschaft in IKT-Produkte und -Dienstleistungen bei fast 80 Prozent der deutschen Unternehmen gleich geblieben oder gestiegen.

(Quelle BITKOM 2012, BITKOM 2009)

Es ist deshalb im Zusammenhang mit den Entwicklungen im Bereich Industrie 4.0 wichtig, dass das Land NRW die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zur Aufrechterhaltung und zur Förderung seiner klassischen Industriebereiche deutlicher zur Kenntnis nimmt, die kleinen und mittleren Firmen in diesen Bereichen mehr fördert und nach außen sichtbar macht, dass es im Bereich IKT viele herausragend gute Kompetenzen hat.

DIE VISION MIT INDUSTRIE 4.0 ENTSTEHT DIE SMARTE FABRIK

Der Verband BITKOM und das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) haben Anfang des vergangenen Jahres das Wort von der vierten industriellen Revolution in die Welt gesetzt:

Durch die zunehmende Nutzung der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und verbesserter Sensortechnik soll dem Internet der Dinge echtes Leben eingehaucht werden.

Die These lautet: Mit Cyber-Physical Systems (CPS) wird sich die Produktion grundlegend verändern, indem im Produktionsprozess intelligente herzustellende Bauteile und die Produktionsmaschinen laufend miteinander kommunizieren und somit selbst wissen und koordinieren, welche Fertigungsprozesse wann und wo durchlaufen werden müssen.

In der Fabrik der Zukunft wird es nach Ansicht von Thomas Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer-Instituts IPA, um nicht weniger als z.B. die Entkopplung der Automobilherstellung von Takt und Band gehen. Ein revolutionärer Gedanke, mit dem in dem Projekt ARENA gemeinsam mit Bosch, Daimler, BASF und der Universität Stuttgart soeben der Forschungscampus-Wettbewerb 2036 gewonnen wurde.

Die Förderung des Bundesbildungsministeriums von zwei Millionen Euro pro Jahr für das Projekt kann bis zu 15 Jahre laufen. In dem Projekt soll eine Forschungsfabrik für die Autoindustrie der Zukunft in Stuttgart gebaut werden – Computer Physikalische Systeme werden dort eine wichtige Rolle spielen.

Die Fabrik wird neu erfunden, Paradigmen auf den Kopf gestellt. Und doch klingt die Idee auf Anhieb einleuchtend: Warum nicht das Transportmittel Auto von seiner Geburtsstunde an auch als Transportmittel für seinen eigenen Herstellungsprozess nutzen? „Wir wollen das Auto schnell auf die eigenen vier Räder stellen“, sagt der Fraunhofer-Mann. „Zunächst wird das Fahrmodul rasch aufgebaut, das dann in der Lage ist, als CPS viele „Garagen“ mit den einzelnen Prozessmodulen anzufahren – in der richtigen Reihenfolge.“

Dazu gehören nicht nur Montage-, sondern auch Fertigungsschritte, die zur Individualisierung des Produkts beitragen. Kurz: „Das Auto kommt zum Material, nicht das Material ans Band“ ...

(Quelle: Magazin Automotive IT)

DIE REALITÄT ERSTE SCHRITTE IN RICHTUNG CYBER PHYSICAL SYSTEMS UND INDUSTRIE 4.0 IN KLEINEN UND MITTELSTÄNDISCHEN NRW- UNTERNEHMEN

Für kleine und mittlere Unternehmen ist die oben beschriebene große Vision sicher nicht die Strategie, mit der sie das Thema „Cyber Physical Systems und Industrie 4.0“ angehen werden. Vielmehr sind erste kleine Schritte sinnvoll und erkennbar, die zur Optimierung von bestimmten Prozessschritten und der Produktion in den Firmen führen sollen und werden.

Im Leitmarkt IKT.NRW sind eine Reihe von Projektideen zur Einführung der Strategien, die unter Industrie 4.0 diskutiert werden, aus kleinen und mittleren NRW-Unternehmen bekannt:

BEST PRACTICE VERSCHLEIß VON PRODUKTIONSANLAGEN MINIMIEREN

In einer Firma wird eine wissenschaftliche Automatisierungsplattform für die Entwicklung und den Betrieb von Maschinen und Anlagen aufgebaut. Wieder verwendbare Lösungselemente werden in Form von Hard- und Softwaremodulen bereitgestellt, z.B. Softwarebausteine oder intelligente Hardwaremodule. Dadurch sollen Produktionsanlagen eigenständig Verschleiß minimieren, Emissionen und Immissionen reduzieren, den Energieverbrauch optimieren und Produktionsfehler vermeiden. So können Ausschuss, Durchlaufzeiten oder Schadstoffaustritt reduziert und die Lebensdauer der Werkzeuge sowie die Nachhaltigkeit der Anlagen erhöht werden.

(Quelle: Beckhoff Automation GmbH)

BEST PRACTICE WANDLUNGSFÄHIGE PRODUKTIONSTECHNIK

In einer weiteren Firma werden zum Aufbau einer wandlungsfähigen Produktionstechnik flexible Maschinen entwickelt, die in der Lage sind, unterschiedliche Produkte

(Quelle: Phoenix Contact GmbH)

herzustellen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung von intelligenten Komponenten der Automatisierungstechnik für Maschinen und Anlagen, Steuerungen sowie Bedien- und Feldgeräte. Darüber hinaus wird eine Software für den intelligenten Entwurf und die Bedienung der Anlagen erarbeitet.

BEST PRACTICE VIRTUELLE WERKZEUGMASCHINEN

In einem dritten Projekt wird in einer Maschinenfabrik eine intelligente Planung zur Arbeitsvorbereitung und für eine optimale Maschinenauslastung durch virtuelle Werkzeugmaschinen entwickelt. Aus der Erkenntnis, dass durch einen hohen Softwareanteil und die Verbindung unterschiedlicher Technologien die Maschinen immer komplexer werden, muss die Konsequenz gezogen werden, dass ihr Einsatz durch umfangreiche Bedienpläne und Programmierungen vorbereitet werden muss. Durch eine digitale Simulation können unterschiedliche Produktionsprozesse vorab getestet und die Arbeitsvorbereitung erheblich vereinfacht werden. Ziel des Projekts in dieser Firma ist die Entwicklung einer Dienstleistungsplattform, mit der auf Basis von virtuellen Werkzeugmaschinen die Arbeitsvorbereitung digitalisiert wird. Schwerpunkte sind das virtuelle Einrichten der Maschine, eine intelligente Auftragsverteilung und die Integration von Expertenwissen in die Maschine. Dadurch werden Produktionsprozesse beschleunigt, die Auslastung der Maschine erhöht und die Bedienung erleichtert. Zudem können Kosten und Ressourcen in Höhe von über 30 % eingespart werden.

(Quelle: Gildemeister Drehmaschinen GmbH)

BEST PRACTICE METHODEN DER INDUSTRIE 4.0 IN DER LANDWIRTSCHAFT

Ein letztes Beispiel zeigt den Einsatz von Methoden der Produktion-4.0-Strategie in der Landwirtschaft, einem wichtigen Wirtschaftsgebiet in NRW. Ziel des Projekts ist, optimale Ernteergebnisse durch eine intelligente Anpassung und Vernetzung von Landmaschinen zu erreichen. Hierzu wird eine Software entwickelt, mit der sich unterschiedliche Landmaschinen eigenständig an die jeweiligen Erntebedingungen anpassen und die einzelnen Prozesse und Akteure intelligent vernetzt werden. Dadurch wird die Auslastung der Landmaschinen gesteigert, Ressourcen werden effizienter genutzt, die Qualität der Ernte wird verbessert und die Maschinenführer werden entlastet.

(Quelle: Claas Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH)

Diese Projekte sind sicher nur erste Schritte im Bereich der Anwendung von Industrie-4.0-Methoden hin zu der oben beschriebenen Vision einer weitgehend automatisierten, vernetzten und intelligenten Produktionswelt. Die Beispiele zeigen aber, dass die mittelständischen Firmen im Bereich NRW die Zeichen der Zeit erkannt haben, neue digitale Technologien und Strategien im Produktionsprozess aufnehmen und sie in den Bereichen einsetzen, in denen sie damit Erfolge für die Verbesserung ihrer Produktions- und Herstellungsverfahren erzielen.

04

10 THESEN

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Für die Einführung und einen erfolgreichen Einsatz von Cyber Physical Systems in der Produktion ergeben sich folgende Thesen und Handlungsempfehlungen:

01

Die Aufrechterhaltung von Qualität, Effizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit in Produktionsprozessen lässt sich in Zukunft nur durch sensor- und aktuatorgesteuerte, global über Maschine-zu-Maschine Kommunikation vernetzte und intelligente Prozesstechnologien erzielen. Hierbei werden Cyber Physical Systems (CPS) im Rahmen der als Produktion 4.0 bezeichneten

Strategie eine entscheidende Rolle spielen.

02

Durch einen erhöhten und mit zusätzlicher Intelligenz sowie einer übergreifenden Vernetzung ausgestatteten Automatisierungsgrad können mit CPS Systemen Produktionsprozesse in ihrer Effizienz und Transparenz sowie in ihrer Kundenorientierung enorm verbessert werden. Eine Vernetzung der Wertschöpfungsprozesse von der Planung und Entwicklung bis zum Vertrieb, Service und Wartung erscheint machbar. Die Produktion eines auf die Wünsche des Kunden zugeschnittenen Produkts (Losgröße 1) wird auch bei komplexen Produkten möglich.

03

Autonome bzw. teilautonome Produktionseinheiten und eine intelligente Interoperabilität zwischen diesen zumeist heterogenen Einheiten im gesamten Produktionsprozess werden in Zukunft die prägenden Anteile in wirtschaftlichen Produktionsprozessen sein. Für ein sicheres und robustes Arbeiten solcher Systeme im Einsatz von Cyber Physical Systems und mit Verfahren von Industrie 4.0 werden Normungen und Standardisierungen noch zwingend geschaffen werden müssen.

04

Erhöhte Herausforderungen in Bezug auf BIG DATA Verarbeitung beim Einsatz von CPS Systemen in der Produktion sind absehbar. Es muss diskutiert und festgestellt werden, welche Bedingungen hinsichtlich einer vielfachen Vernetzung von industriellen Produktionsmethoden und –einrichtungen sowie hinsichtlich der Entstehung oder Änderung der beteiligten Märkte in Bezug auf die zu transportierenden Datenvolumina in den Datennetzen zu erwarten sind. Das heißt, es müssen bestehende Datenmodelle und Informationsdienste (z.B. Cloudcomputing im industriellen Einsatz) sowie deren Nutzung neu überdacht werden. Fragestellungen in diesem Zusammenhang sind: Werden durch die entstehenden Massendaten neue Architekturen der Datennetze, Nutzungsprofile und Datenfilter notwendig und welche Anforderungsprofile werden für eine Visualisierung und Archivierung der Daten gefordert?

05

In den in Produktion 4.0 verwendeten Informations- und Kommunikationstechnologien sowie in offenen und global vernetzt betriebenen Systemen besteht ein extremer Bedarf an erhöhter Sicherheit und ausreichendem Datenschutz. Eine Einführung und

Umsetzung von Cyber Physical Systems in der Produktion 4.0 erfordert im Vorfeld die zwingende Notwendigkeit, entsprechende Sicherheitskonzepte zu entwickeln. Wenn dies nicht gelingt, wird eine erfolgreiche Anwendung der neuen Strategien schnell in Frage gestellt werden.

06

Forschung und Entwicklung zu Cyber Physical Systems sind durch die entstehenden evolutionären Prozesse bei der Vorbereitung und Realisierung zum Einsatz in Produktion 4.0 sowie in den damit verbundenen Prozessen höchst aufwändig. Es gilt die komplexen Strukturen insbesondere in ihrem Systemverhalten entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu untersuchen und es bestehen zudem extreme wissenschaftlich technische und auch wirtschaftliche Risiken, die eine Entwicklung und die Umsetzung in die Praxis behindern können. Um diese Fragestellungen lösen zu können, müssen für die Industrie und die Wissenschaft attraktive staatliche Förder- und Rahmenprogramme geschaffen werden.

07

Um den Anforderungen von Cyber Physical Systems in der Produktion 4.0 gerecht zu werden, bedarf es in Forschung und Entwicklung neuer Fragestellungen, Ansätze und Methoden, die die gesellschaftlichen-, technologischen-, wirtschaftlichen und auch politischen Auswirkungen untersuchen. Insbesondere sind die zukünftigen Schnittstellen von Mensch zu Maschine und die Beherrschbarkeit solcher komplexer Strukturen zu erforschen, um einer möglichen Inakzeptanz bei den in den Produktionsprozessen involvierten und arbeitenden Menschen entgegen zu wirken.

08

Cyber Physical Systems und ihre Anwendung auf die Entwicklungen in der Produktion 4.0 stellen eine in der Zukunft große Herausforderung an das vorhandene Bildungssystem der IKT- und Produktions-Wissenschaft und -Technik dar. Ein solider Ausbildungsstand der Mitarbeiter ist ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Einführung der neuen Technologien. In der Zukunft wird sich die Nachfrage nach qualifiziertem Personal mit fundiertem Fachwissen sowie einer soliden wissenschaftlichen und praxisbezogenen Ausbildung im Bereich der Cyber Physical Systems erheblich erhöhen.

09

Trotz zahlreicher Branchen übergreifender Anwendungsgebiete

werden Cyber Physical Systems zurzeit in der Politik des Landes NRW immer noch nicht ausreichend als die wichtige Zukunftsbasis für neue Industrieprozesse in neuen aber auch in den klassischen Industriebereichen wahrgenommen. Ein flächendeckender Einsatz als Querschnittstechnologie in der Produktion ist noch nicht deutlich erkennbar, es besteht ein immenser Bedarf an Aufklärung, Forschung, Entwicklung und Information.

10

Aus wirtschaftspolitischer Sicht werden für die Realisierung von Cyber Physical Systems in der Produktion 4.0 in den kommenden Jahren erhebliche private und öffentliche Investitionen erforderlich. Der durch solche Entwicklungen ausgelöste Wachstumsschub wird in der IKT-Branche im Land Nordrhein Westfalen und auch bundesweit in den kommenden 10-15 Jahren eine Spitzenbedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung und Arbeitsplatzsicherung einnehmen. Durch ein starkes Engagement in diesem Bereich kann sich das Land NRW in den kommenden Jahren einen Führungsanspruch als Technologieführer auf diesem Fachgebiet erarbeiten.

ÜBER IKT.NRW

IKT.NRW vernetzt die Akteure der nordrhein-westfälischen IKT-Branche:

Wirtschaft, Wissenschaft und Politik treiben gemeinsam die Weiterentwicklung des IKT-Marktes in Nordrhein-Westfalen voran. Ziel von IKT.NRW ist es, die Stärken der Branche, Synergiepotenziale und zukunftssträchtige Entwicklungen frühzeitig zu identifizieren und Innovationsprozesse aktiv zu fördern.

Darüber hinaus wird die öffentliche Wahrnehmung für den IKT-Standort NRW geschärft.

Das Clustermanagement IKT.NRW führt beispielsweise Kooperations- und Netzwerk-Veranstaltungen durch, unterstützt Unternehmen bei Messe-Teilnahmen und Unternehmerreisen und veröffentlicht regelmäßig Branchen- und Trendreports. Offene Innovationsprozesse sind ein wichtiger Bestandteil im Selbstverständnis von IKT.NRW. Ideen und Kooperationsanfragen sind deshalb immer willkommen.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ziel2.NRW
Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung