



VDE

VDI/VDE-Gesellschaft
Mess- und Automatisierungstechnik

Thesen und Handlungsfelder

Cyber-Physical Systems:
Chancen und Nutzen aus Sicht
der Automation

April 2013

Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation

Inhalt

Vorwort: Das Schlagwort Cyber-Physical Systems.....	1
Was sind Cyber-Physical Systems?	2
CPS in der industriellen Produktion: Cyber-Physical Production Systems	3
Technische Potenziale durch die Einführung von CPS in der Produktion	5
Aktivitäten des VDI und der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA).....	8
Literatur	9

Vorwort: Das Schlagwort Cyber-Physical Systems

„Cyber-Physical Systems“ (oder „Cyber-physische Systeme“, abgekürzt CPS) ist ein Schlagwort aus den USA, das in kürzester Zeit zu einem allgegenwärtigen Begriff in der aktuellen Diskussion über zukünftige technische und industrielle Trends und Herausforderungen geworden ist. In Deutschland wurde der Terminus CPS durch die Forschungsagenda CPS [1] bekannt. Ganz aktuell erhalten CPS besondere Aufmerksamkeit als technologische Grundlage für das Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ der Bundesregierung im Rahmen der Hightech-Strategie [2].

Trotz der Omnipräsenz des Begriffs CPS besteht aus Sicht der Automation noch erheblicher Klärungsbedarf. Angefangen mit der grundlegenden Frage, was CPS genau sind, über ihre konkreten technologischen Vorteile für die Automation bis hin zu den noch zu bewältigenden Herausforderungen und kritischen Erfolgsfaktoren sind zahlreiche Punkte zu klären, um ein besseres Verständnis für CPS und ihre Anwendungen zu erreichen.

Die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) hat im Mai 2012 den Fachausschuss 7.20 „Cyber-Physical Systems“ gegründet, um diesen Klärungsprozess zu unterstützen. Die vorliegende Stellungnahme wurde von Experten aus Industrie und Wissenschaft in dem Fachausschuss erarbeitet. Sie versucht, Antworten auf die genannten Fragen zu geben, und geht insbesondere auf die konkreten Potenziale und Herausforderungen für die Automation ein. Auf der anderen Seite existiert in der Fachwelt der Automation ein erhebliches Know-how, welches für die Einführung von CPS zwingend erforderlich ist. In dem Thesenpapier „Automation 2020“ [3] wurde formuliert, dass Automation Leitdisziplin für die Entwicklung, Optimierung und Anwendung neuer Produkte, Verfahren und Technologien ist. Dies gilt auch für CPS. Neun Thesen und Handlungsfelder fassen die kritischen Faktoren für den Erfolg von CPS in der Automation zusammen.

Düsseldorf, April 2013



Dr.-Ing. Kurt D. Bettenhausen
Vorsitzender der VDI/VDE-Gesellschaft
Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)



Prof. Dr.-Ing. Stefan Kowalewski
Vorsitzender des GMA-Fachausschusses
7.20 „Cyber-Physical Systems“

Was sind Cyber-Physical Systems?

In der Literatur finden sich zahlreiche Begriffserklärungen für CPS, aber es gibt keine allgemein anerkannte, scharfe Definition. Vermutlich wird eine solche auch nie existieren, sondern es wird wie bei dem Begriff des „eingebetteten Systems“ zu einem weitgehend übereinstimmenden Verständnis kommen, das immer noch Platz für unterschiedliche Schwerpunktsetzungen lässt. Die Frage ist daher, welche Eigenschaften oder Kombinationen von Eigenschaften für CPS charakteristisch sind und die Bezeichnung als CPS rechtfertigen.

Eine Veröffentlichung von Edward A. Lee [4] aus dem Jahr 2008 führt CPS wie folgt ein:

„Cyber-Physical Systems (CPS) are integrations of computation with physical processes. Embedded computers and networks monitor and control the physical processes, usually with feedback loops where physical processes affect computations and vice versa.“

Die Forschungsagenda CPS gibt folgende Erläuterung [1]:

„Cyber-Physical Systems (CPS) 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.“

Die Kopplung von informationsverarbeitenden Komponenten mit physischen Objekten und Prozessen ist in Automatisierungssystemen seit den 1970er-Jahren vorhanden. Auch die ständige Vernetzung der Automatisierungskomponenten ist in der Automation heute selbstverständlich. Als wesentlicher neuer Aspekt kommt nach der Definition der Forschungsagenda CPS hinzu, dass diese Vernetzung über offene und globale Informationsnetze (sprich: das Internet) geschieht.

Dieser auf den ersten Blick kleine Unterschied gegenüber der „herkömmlichen“ Automation hat erhebliche Konsequenzen: Unter anderem wird auf diese Weise möglich, dass Systeme beliebig verkoppelt, ihre Verbindungen während der Betriebszeit verändert, beendet und neu aufgebaut werden können, oder dass verfügbare Daten, Informationen und Dienste an beliebiger Stelle im CPS bereitgestellt und verwendet werden können. Hierbei handelt es sich je nach Anforderung um öffentliche oder vertrauliche Daten, Informationen und Dienste. Insgesamt wird dadurch ein neues Kommunikationsparadigma in die Automation eingeführt.

Betrachtet man die aktuelle Diskussion, so kommen weitere charakterisierende Eigenschaften für CPS hinzu. Aufgrund der zur Entwicklungszeit nicht mehr vollständig voraussehbaren Interaktion und des Kontextes der CPS-Komponenten werden diese eine wesentlich höhere lokale Intelligenz und Fähigkeit zur Adaption an geänderte Umgebungsbedingungen und Anforderungen aufweisen (Stichwort „Self-X“). Dazu müssen in viel stärkerem Maße Modelle eingesetzt werden, u. a. um die physische Prozesse und Komponenten und deren Interaktion virtuell in den CPS abzubilden. Schließlich wird die umfassende Erfassung und Bereitstellung von entwurfs-, produktions- oder betriebsrelevanten Daten zu einer neuen Qualität des Engineerings führen, das von Durchgängigkeit und besseren Optimierungsmöglichkeiten geprägt sein wird.

Typische, häufig genannte Beispiele mit diesen Charakteristika sind:

- „Smart Grids“, in denen dezentrale Einheiten zur Erzeugung und Verteilung von Energie über IT-Netze verknüpft werden, um eine optimale, bedarfsgerechte und stabile Funktion der Energienetze zu gewährleisten
- die „Car-to-X“-Vernetzung von Fahrzeugen untereinander bzw. mit der Verkehrsinfrastruktur über WLAN oder Mobilfunk, bei der die dynamischen Strukturänderungen, also die Unterbrechung und der Neuaufbau von Verbindungen, ein besonderes Gewicht hat

- „e-Health“-Systeme, in denen z. B. körpernahe Sensorik und medizinische Informationssysteme zur Fernüberwachung über das Internet verbunden werden
- Produkt- und Produktionssysteme, die über System-/Komponenten-/Anlagen-/Fabrik- und Firmengrenzen miteinander vernetzt sind

In diesen Beispielen stellen die einzelnen Teilsysteme, in denen z. B. energietechnische, fahrdynamische oder physiologische Prozesse gezielt beeinflusst werden, Automatisierungssysteme im Sinne einer Einheit aus automatisierender Einrichtung und des gezielt beeinflussten technischen Prozesses dar. Aus dieser Perspektive kann ganz pragmatisch definiert werden:

CPS-basierte Automatisierungssysteme kommunizieren (zumindest teilweise) über offene, globale Informationsplattformen. Ihre Teilsysteme und Komponenten nutzen bzw. stellen über diese Netze offen verfügbare, relevante Daten und Dienste zur Verfügung stehen. Häufig sind CPS-basierte Automatisierungssysteme zusätzlich dadurch charakterisiert, dass sie herkömmliche System-, Organisations- und Domänengrenzen überschreiten, dass sich ihre heterogene Zusammensetzung und Struktur während der Betriebszeit dynamisch ändert, dass sie die Fähigkeit zur zielorientierten Adaptivität und Selbstmodifikation auf der Basis von Modellbeschreibungen ihrer Umgebung und ihrer Aufgaben aufweisen und dass sie einen durchgängigen, hochgradig modellbasierten Engineering-Prozess unterstützen.

Aus dieser Definition lassen sich wesentliche Herausforderungen ableiten, die für eine Realisierung von CPS gemeistert werden müssen:

- Die komplexen Interaktionen von realer Anlage, steuernder und überwachender Software und den offenen, globalen Kommunikationsnetzen müssen beherrscht werden.
- Aufgrund der durch die zunehmende Vernetzung komplexer werdenden Anlagen müssen die Mensch-Maschine-Schnittstellen angepasst bzw. neu gestaltet werden.
- Die bisher verschiedenen Vorgehensweisen und unterschiedlich langen Lebenszyklen in der Informationstechnik, in der Informatik, in der Mechanik, in der Automatisierungstechnik und in ihren Anwendungsgebieten wie Produktionstechnik, Prozesstechnik, Energietechnik und Fahrzeugbau müssen zusammengebracht werden.
- Die bisher heterogenen Systemstrukturen müssen einander angepasst werden und müssen miteinander funktionieren. Hierfür sind Referenzarchitekturen erforderlich.
- Zur Entwurfszeit nicht vorhersehbare Änderungen im Betrieb mit CPS (z. B. nachgeladene Applikationen, veränderte Systemtopologien) müssen problemlos integriert werden können.
- Die Sicherheit CPS-basierter Automatisierungslösungen muss auf dem hohen Standard der heutigen Automation gewährleistet bleiben.

Viele der hier genannten Punkte werden seit Langem in der Fachwelt der Automation bearbeitet. Erfolgreiche Lösungen sind teilweise vorhanden. Hieraus ergibt sich die Forderung, dass die erfolgreich eingeführten Lösungen und das Know-how der Automation für die Weiterentwicklung und Einführung von CPS genutzt werden müssen.

CPS in der industriellen Produktion: Cyber-Physical Production Systems

Der hohe Vernetzungsgrad und die allgegenwärtige Verfügbarkeit von Daten und Diensten lässt für die Automation neue und zukunftssträchtige Perspektiven entstehen. Unter anderem ergibt sich die Vision von adaptiven, sich selbst konfigurierenden und teilweise selbstorganisierenden, flexiblen Produktionsanlagen. Diese führen zu einer kostengünstigeren und effizienteren Produktion, z. B. gekennzeichnet durch geringere Rüstzeiten und optimierten Energie- und Ressourceneinsatz. Im Rahmen des Zukunftsprojekts „Industrie 4.0“ der Bundesregierung wird diese Vision mit dem Schlagwort Cyber-Physical Production Systems (CPPS) bezeichnet.

In CPPS werden Daten, Dienste und Funktionen dort gehalten, abgerufen und ausgeführt, wo es im Sinne einer flexiblen, effizienten Entwicklung (inkl. Entwurf und Engineering) und Produktion den größten Vorteil bringt. Das wird nicht länger notwendigerweise auf den klassischen Automatisierungsebenen sein. Zum Beispiel könnten Prozessdaten statt über Sensoren auf der Feldebene auch über Dienste in einer sogenannten „Automatisierungcloud“ gewonnen werden. Dies führt zu der Hypothese, dass die heute noch überwiegend existierende Automatisierungspyramide durch die Einführung von vernetzten, dezentralen Systemen schrittweise aufgelöst wird und die verschiedenen Ebenen sowohl für die Struktur der Hardware und Vernetzung als auch für die Informationsverarbeitung und das Engineering nicht weiter existieren werden [5]. Dienste, Daten und Hardwarekomponenten können auf beliebige Knoten des entstehenden Netzes verteilt werden und bilden somit abstrakte funktionale Module, aus denen sich das Automatisierungssystem aufbaut (siehe Bild 1).

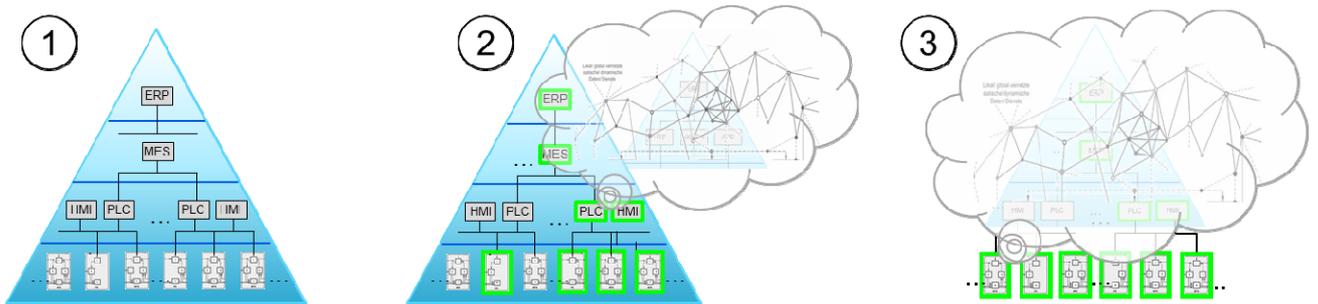


Bild 1: Sukzessive Auflösung der klassischen Automatisierungspyramide und Ersatz durch vernetzte, dezentral organisierte bzw. teilweise selbstorganisierende Dienste

Die klassische Automatisierungspyramide zeigt neben der funktionalen Struktur eines Automatisierungssystems die Verdichtung der Daten und Informationen in den einzelnen Knoten. Mit CPPS wird die Automatisierungspyramide durch die Möglichkeit der Nutzung und Bereitstellung dezentraler Dienste in den verschiedenen Knoten schrittweise auf ihre funktionale Struktur abstrahiert (Bild 2). Echtzeitkritische Steuerungen und Regelungen werden hauptsächlich zunächst prozessnah in der Feldebene verbleiben. In der Zukunft ist aber auch denkbar, dass echtzeitrelevante Anforderungen durch neue Architekturen im CPPS verteilt erfüllt werden können.

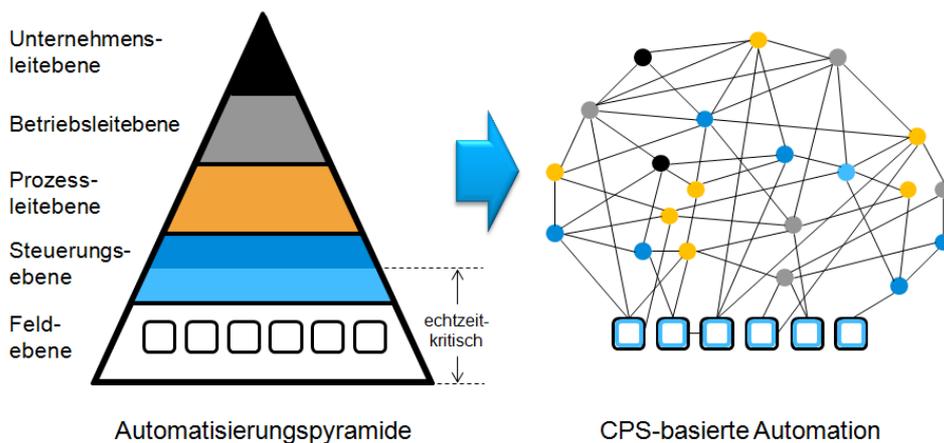


Bild 2: Auflösung der hierarchischen Automatisierungspyramide durch CPS mit verteilten Diensten.

Da durch die Nutzung dezentraler Dienste die Begrenzung an verfügbaren Informationen auf den verschiedenen Ebenen aufgehoben wird, kommt der Mensch-Maschine-Schnittstelle eine zentrale Bedeutung zu. Hier muss sichergestellt werden, dass der Bediener die relevanten Informationen in geeigneter Form präsentiert bekommt, um die neuen Möglichkeiten optimal nutzen zu können.

Technische Potenziale durch die Einführung von CPS in der Produktion

Durch die Vernetzung und die beliebige An- und Einordnung von Daten, Informationen und Diensten können folgende Potenziale zukünftig effizienter erreicht werden:

- Gewinnung und Verarbeitung von Daten aller Detaillierungsgrade (inklusive ihrer Verfügbarkeit und Qualität) auf beliebigen Stufen und Subsystemen der Automatisierungspyramide
- Bereitstellung von neuen Algorithmen und Diensten, die diese Daten in innovativer Weise miteinander in Beziehung auswerten und in Entscheidungen bzw. ihre Vorbereitung umsetzen
- disziplinübergreifender, durchgängiger Informationsaustausch z. B. über Produkt-/Prozess- und Produktionsstatus mit allen erforderlichen Teilnehmern in der Wertschöpfungskette. Darauf aufbauend ein durchgängiges Engineering mit der Möglichkeit, bei der Änderung von Teilsystemen auf alle relevanten Informationen auch aus dem Entwurf zurückzugreifen.
- dynamische Einbindung von Diensten und Dienstleistern
- Funktionsmodule, bestehend aus Hard- und Software, die als funktionale Einheit für die bessere Strukturierung und Dokumentation eines Automatisierungssystems genutzt werden können
- adaptive, wandlungsfähige Konfiguration bzw. partielle Selbstorganisation der Produktionsprozesse und der Automatisierungssysteme zur Laufzeit (Plug & Produce) zwecks schnellerer Anpassung an neue Marktbedingungen und Produktvarianten; dies beinhaltet den flexiblen Austausch von einzelnen Komponenten und Anlagenteilen
- Assistenz, Erklärungsfähigkeit und Transparenz für den menschlichen Nutzer über Produkt und Anlagenlebenszyklus sowie über Prozesse
- kontextabhängige Entscheidungen in Abhängigkeit vom gegenwärtigen oder prognostizierten Status des Produkts, der Prozesse, der Anlage und der Bedienung
- Das zu fertigende Produkt wird selbst eine Automatisierungskomponente; es kommuniziert mit der Anlage, die es produziert. Dies erlaubt eine weitere Flexibilisierung und bessere Auslastung der Produktion.
- automatische Optimierung von Systemen und Personalkapazitäten z. B. bezüglich Kosten, Ressourcenverbrauch oder Durchsatz
- Selbstdiagnose der Komponenten und Anlagen zum Ziel der Minimierung von Wartungskosten, Stillstandzeiten und Verschleiß

Insgesamt wird der zukünftig erreichbare Automationsgrad durch die offene und globale Vernetzung im Sinne eines Cyber-Physical Systems deutlich ansteigen.

Die Bereitstellung dieser Potenziale erfordert Voraussetzungen, zu denen u. a. die folgenden gehören:

- In der Automation beeinflussen sich Safety, Security und Echtzeitfähigkeit gegenseitig, deshalb müssen diese Abhängigkeiten vor dem Hintergrund der zunehmenden Vernetzung untersucht, formalisiert und für die Anwendung handhabbar gemacht werden.
- ein durchgängiger, modellbasierter Entwurfs- und Engineeringprozess inkl. passender Werkzeuge eine Formalismen und Dokumentationsunterstützung
- Ausarbeitung einer neuen Qualität des Anforderungsmanagements, um die Komplexität CPS-basierter Lösungen nutzen zu können
- semantische Beschreibung des Produktionssystems, der Dienste/Services und der Produktparameter
- Algorithmen zur Selbstkonfiguration und Selbstdiagnose, z. T. übernommen und optimiert aus Bereichen wie der künstlichen Intelligenz, der Informationstechnik, der mathematischen Optimierung und der Regelungstechnik
- Konzepte und ihre Umsetzung in Bezug auf Kontextsensitivität in der Fertigungs- und Verfahrenstechnik
- Konfiguration und Bereitstellung von Diensten, um die unterschiedlichen Echtzeitanforderungen der zu automatisierenden Prozesse und Anlagen zu erfüllen; bereits vorhandene Lösungen aus dem Bereich IT müssen entsprechend erweitert und optimiert werden

- transparente und adaptive Kommunikationssysteme inklusive Garantie von Sicherheit und Quality-of-Service
- Beherrschung von Störeinflüssen und Fehlern bei CPS-basierten Systemen
- Modellierung und Berücksichtigung der kognitiven Fähigkeiten des Menschen in den Mensch-Maschine-Schnittstellen
- Entwicklung von adaptiven Mensch-Maschine-Schnittstellen, die sich selbständig an die selbstorganisierenden Automatisierungssysteme anpassen
- Entwicklung von Komponentenlebensdauer- und Verschleißmodellen von mechatronischen Komponenten einschließlich von Aspekten des Condition-Monitorings auf Systemebene und Adaption an veränderte Randbedingungen

Voraussetzungen aus der Automation für eine erfolgreiche Einführung von CPS in der Produktion

Die Realisierung der oben genannten Potenziale und die Einführung von CPS in der Produktion werden nicht auf einen Schlag und unabhängig vom existierenden Stand der Technik erfolgen, sondern müssen als Weiterentwicklung der aktuellen automatisierungstechnischen Lösungen und mit der (sowohl industriellen als auch wissenschaftlichen) Fachwelt der Automation erfolgen. Ein essenzieller Beitrag dieser Community ist z. B. die Einbringung des Know-how über die vielfältigen Anforderungen und Randbedingungen in der Praxis, die die heutigen Automatisierungssysteme geprägt haben und auch bei der nächsten und übernächsten Generation der Automation berücksichtigt werden müssen. Gerade in der Umsetzung von vielschichtigen Kundenanforderungen in kosteneffiziente und sichere informationsverarbeitende, vernetzte Systeme zur Prozessführung und -sicherung liegt die Kernkompetenz der Automation. Nur auf dieser Basis ist eine realistische Abwägung von Nutzen und Aufwand für die industrielle Implementierung unter den komplexen Randbedingungen des produzierenden Gewerbes möglich, die sich aus wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Anforderungen ergeben.

Die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) sieht es deshalb als ihre Aufgabe an, das Projekt „Industrie 4.0“ aktiv zu unterstützen sowie die wichtigen und richtigen technischen Impulse in eine Richtung zu lenken, die zu betrieblich realisierbaren und wirtschaftlich sinnvollen Lösungsansätzen führt. Als neutrale Plattform der Menschen, die in Anwendung, Herstellung, Forschung und Lehre der Mess- und Automatisierungstechnik tätig sind, bietet sich die GMA an, unabhängige technische Lösungen in Kooperation u. a. mit dem Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ zu erarbeiten, die dem Technologie- und Wirtschaftsstandort Deutschland dienen.

Hierbei sind die vielfachen Risiken und Anforderungen einer heterogenen Produktionslandschaft zu betrachten und sowohl bei dem Entwurf einer Referenzarchitektur als auch in den Standardisierungsaktivitäten zu beachten. Die Automation bietet hier einen starken Beitrag durch ihre Erfahrung in der Erfüllung von häufig gegenläufigen Anforderungen der Kunden, z. B. in den folgenden Bereichen:

- ressourcen- und kostenoptimierte Steuerung von komplexen Produktionsanlagen
- IT-Sicherheit und funktionale Sicherheit, das heißt Anlagensicherheit und Arbeitssicherheit
- Condition-Monitoring und Diagnose verteilter Produktionsanlagen
- Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit
- Sicherstellung der Wartbarkeit aller Systeme über lange Produktionszeiträume bzw. über einen langen Lebenszyklus
- durchgängig modellbasiertes Engineering komplexer Systemlösungen
- Kosteneffizienz und Wiederverwendbarkeit von Lösungsmustern
- Produkthaftung und Gefahrenübergänge

- Zertifizierbarkeit und Behördenengineering
- Reproduzierbarkeit von Produktionsbedingungen und durchgängige Dokumentation (Qualitätssicherung)

Thesen und Handlungsfelder

Aus Sicht der Automation ergeben sich folgende Thesen und Handlungsfelder für die erfolgreiche Einführung von Cyber-Physical Systems in der Produktion:

1. **Automation ist Leitdisziplin für die Realisierung von CPS in der Produktion.**
Die Einführung von CPS in die Produktionstechnik und die Realisierung der Fertigungsanlagen von „Industrie 4.0“ werden nicht auf einen Schlag und auf der „grünen Wiese“ geschehen. Beides muss evolutionär aus den vorhandenen automatisierungstechnischen Lösungen und unter Berücksichtigung der vielfältigen Randbedingungen geschehen. Die Kompetenz der Automation u. a. beim zielgerichteten Engineering von Anlagen ist daher bei allen Entwicklungen von CPS im Produktionsbereich einzubinden [3].
2. **Der Automationsgrad wird mit CPS weiter ansteigen.**
Der zukünftig erreichbare Automationsgrad wird u. a. durch die offene und globale Vernetzung und der virtuellen Präsenz der automatisierten Komponenten im Sinne eines Cyber-Physical Systems deutlich ansteigen. Die Nutzung umfassend verfügbarer Daten, Informationen und Dienste wird mehr Funktionalitäten und eine höhere Flexibilität der Anlagenkonfiguration zulassen. Umgekehrt werden neue Produkte aber auch einen höheren Automationsgrad erfordern und ihre effiziente Produktion CPPS voraussetzen.
3. **Security und Safety sind kritische Erfolgsfaktoren für die Realisierung von CPPS.**
Die Daten-, Informations- und Kommunikationssicherheit (Security) ist der kritischste Erfolgsfaktor für die Realisierung und Einführung von Cyber-Physical Production Systems (CPPS). Die massive zusätzliche Vernetzung schafft eine neue Qualität von Security-Gefährdungen für die industrielle Produktion mit potentiellen Auswirkungen auf Aspekte der funktionalen Sicherheit (Safety). Es werden dringend geeignete Sicherheitsarchitekturen, Schutzmaßnahmen und Validierungsmethoden benötigt [6]. Gelingt dies nicht oder werden Negativbeispiele bekannt, steht der Erfolg von CPPS sehr schnell infrage.
Die funktionale Sicherheit der realen Prozesse muss die heutigen Standards der Automation weiterhin erfüllen und daher unangetastet bleiben.
4. **Begriffsklärungen und Standardisierungen müssen jetzt erfolgen.**
Die Disziplinen Produktion, Informatik und Automation müssen für die erfolgreiche Einführung von CPS in der produzierenden Industrie zusammenwirken. Dafür ist eine einheitliche Begriffswelt erforderlich.
Es bedarf einer frühzeitigen technischen Regelsetzung und Standardisierung, damit sich keine proprietären Lösungen durchsetzen. Die Standardisierung muss im Interesse unseres Produktionsstandorts von Deutschland ausgehen.
5. **Die Beherrschbarkeit von CPS erfordert neue methodische Ansätze für Planung, Entwicklung und Betrieb.**
CPS in der dargestellten Form werden eine bisher nicht gekannte Stufe von Komplexität und Heterogenität in die Automation einführen. Um diese zu beherrschen, sind neue Ansätze u. a. für das Anforder-

rungsmanagement, den modellbasierten Entwurf und die Optimierung von komplexen, verteilten, zeitvarianten Systemen notwendig. Insbesondere ist ein domänenübergreifender Modellierungsansatz erforderlich, der diskrete und kontinuierliche Teilsysteme in einheitlicher Form berücksichtigt und für das hybride Gesamtsystem eine automatisierte und formal korrekte Durchführung von Analyse- und Entwurfsaufgaben unterstützt. Um die zukünftigen CPS-Dienste in der Produktionsautomatisierung effizient anbieten und nutzen zu können, müssen geeignete Methoden u. a. für das Engineering, Architekturen, Kommunikationsmechanismen und Informationsmodelle inklusive semantischer Beschreibungen der Schnittstellen und Dienste geschaffen werden.

6. **Der Mensch muss bei der Einführung und beim Einsatz von CPS im Mittelpunkt stehen.**
Für den Menschen muss die Komplexität zukünftiger CPS beherrschbar, d.h. insbesondere nachvollziehbar bleiben. Dazu sind neue Lösungen für Benutzungsschnittstellen erforderlich. Im Gegenzug muss der Mensch befähigt werden, diese Entwicklung „mitzugehen“. Entsprechende Trainings-, Qualifikations- und Weiterbildungsangebote sind für Ingenieure und für die in der Produktion tätigen Menschen zu entwickeln.
7. **Es werden neue Geschäftsmodelle durch CPS möglich.**
Aufgrund der freien Anordnung von Daten, Informationen und Diensten im CPS ergeben sich neue Möglichkeiten für Geschäftsmodelle in der Produktion (z. B. Stichwort „Shared Economy“). Diese sind im Hinblick auf eine Steigerung der Effizienz und der Wertschöpfung in der Produktion zu suchen und zu erkunden.
8. **Der Umbruch der Produktion durch CPS erfordert Wissens- und Erfahrungstransfer sowie Beratung.**
Die Berichterstattung zu CPS in der Produktion sowie zum Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ ist derzeit sehr vielfältig. Aufgrund des evolutionären Prozesses zur Realisierung von „Industrie 4.0“ kann der konkrete Nutzen für jedes einzelne Unternehmen heute noch nicht abgeschätzt werden. Darum ist es gerade für kleine und mittlere Unternehmen wichtig, Plattformen und Anlaufstellen für den Wissens- und Erfahrungsaustausch, für Beratungen und für die Qualifikation ihrer Mitarbeiter zu haben.
9. **In allen vorangestellten Handlungsfeldern ist Forschung erforderlich.**
Bei den notwendigen technischen Forschungsaktivitäten sind alle beteiligten Fachdisziplinen, insbesondere die Automation, die Informatik und die Produktion, einzubeziehen.

Aktivitäten des VDI und der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Die technische Regelsetzung spielt seit über 60 Jahren eine wichtige Bedeutung für die GMA. Schon jetzt hat die GMA über 30 Richtlinien veröffentlicht, die Grundlage für CPS in der Produktion sind bzw. sein können. Weitere Richtlinien sind in Vorbereitung. Die GMA bietet über 70 neutrale Plattformen für den Informations- und Wissensaustausch zur Mess- und Automatisierungstechnik sowie zu optischen Technologien an.

Seit Mai 2012 existiert der Fachausschuss 7.20 „Cyber-Physical Systems“, der sich aus Sicht der Automation mit der Frage beschäftigt, was CPS genau sind, welche konkreten technologischen Vorteile für die Automation zu erwarten sind, und welche Herausforderungen und kritischen Erfolgsfaktoren für CPS und ihre Anwendungen zu lösen sind.

Im Januar 2013 veranstaltete das VDI-Wissensforum einen Zukunftskongress „Industrie 4.0“, der dazu diente, die aktuelle Sichtweise von hochrangigen Experten vorzustellen und zu veröffentlichen [7]. Eine Folgeveranstaltung ist bereits in Planung.

Im Februar 2013 wurde in der GMA der Fachausschuss 7.21 zur Erarbeitung von Standards (VDI/VDE-Richtlinien) speziell für Begriffe, Referenzmodelle und -architekturen für das Projekt „Industrie 4.0“ gegründet.

Der VDI-Kongress AUTOMATION 2013 am 25./26. Juni 2013 steht unter dem Motto „Automation (in the) cloud“ und adressiert alle Aspekte von CPS in der Automation [8].

Literatur

- [1] „Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems“, Acatech 2012; <http://www.acatech.de/?id=1405>
- [2] „Zukunftsprojekt Industrie 4.0“, Internetseite der Bundesregierung; www.bmbf.de/de/19955.php
- [3] „Automation 2020: Bedeutung und Entwicklung der Automation bis zum Jahr 2020“, VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik 2012; www.vdi.de/gma/automation2020
- [4] “Cyber Physical Systems: Design Challenges”, E. A. Lee, Technical Report No. UCB/EECS-2008-8; <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.html>
- [5] „Kontext, Dienste und Cloud Computing – Eigenschaften und Anwendungen Cyber-physischer Systeme“, J. Schlick, P. Stephan, T. Greiner, atp edition 4/2013
- [6] „Informationssicherheit in der industriellen Automatisierung“, Richtlinie VDI/VDE 2182, VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik; www.vdi.de/2182
- [7] VDI nachrichten, 01.02.2013; <http://www.ingenieur.de/Themen/Produktion/VDI-Zukunftskongress-entwirft-Perspektive-fuer-Industrie-4.0>
- [8] Kongress AUTOMATION 2013; www.automatisierungskongress.de

Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
Tel. +49 211 6214-226
gma@vdi.de
www.vdi.de/gma

