

# ERGEBNISPAPIER „FORSCHUNG, ENTWICKLUNG & INNOVATION IN DER INDUSTRIE 4.0“

PRIORITÄRE FORSCHUNGSFELDER & MASSNAHMEN ZUR  
FÖRDERUNG DER ÖSTERREICHISCHEN FORSCHUNGSLANDSCHAFT

Verein Industrie 4.0 Österreich

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>VORWORT</b> .....	<b>5</b>
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>6</b>
1.1 Executive Summary (deutsch)	8
1.2 Executive Summary (englisch)	9
<b>2. POSITIONIERUNG</b> .....	<b>10</b>
<b>3. FORSCHUNGSFELDER INDUSTRIE 4.0</b> .....	<b>12</b>
3.1 Virtualisierung	16
3.2 Sensorsysteme	19
3.3 Software Engineering	21
3.4 Physische Systeme	23
3.5 Cyber-physical Systems	26
3.6 Arbeits- und Assistenzsysteme	29
3.7 Wertschöpfungsnetzwerke und Geschäftsmodelle	32
3.8 Domänenwissen und Schlüsseltechnologien	34
<b>4. FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND INNOVATION IN ÖSTERREICH</b> .....	<b>36</b>
4.1 F&E-Finanzierung im Bereich Industrie 4.0 und Digitalisierung auf nationaler Ebene	37
4.2 EU-Forschungsrahmenprogramm	40
4.3 Zukunftsorientierte Gestaltung von Horizon Europe	41
4.4 Vorschläge zu einer verbesserten Nutzung von Förderprogrammen	41
4.5 Erhöhung der Dotierung des Programms Produktion der Zukunft	42
4.6 Absicherung eines Mix aus direkter F&E-Förderung und steuerlicher Begünstigung	43
<b>5. ÖSTERREICHISCHE USE CASES</b> .....	<b>44</b>
5.1 Salvagnini: Digitaler Zwilling für vollautomatisierte Produktion mit Losgröße 1 bei Blechbiegeautomaten	45
5.2 RHI Magnesita: Prozessoptimierung durch visuelle Analyse von Massendaten	47
5.3 Haas Fertigungsbau: Monitoring von Produkten im Umfeld Industrie 4.0	49
5.4 ABB: Software Engineering für Robotereinsatz in Holzindustrie	50
5.5 Metadynea Austria/Sandoz: Prozessoptimierung durch Prozessintegrierte Messtechnik	51
5.6 JELD-WEN: Umfassende Qualitätssicherung in der Losgröße 1 Türproduktion	54
5.7 Lithoz: Additive Fertigung von Hochleistungskeramik	56
<b>6. DANK</b> .....	<b>58</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS/IMPRESSUM</b> .....	<b>60</b>



### 3.5 CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

**Autor:**

Dr.-Ing. Fazel Ansari – Technische Universität Wien

Die mit dem übergreifenden Thema Industrie 4.0 verbundene, technologische Modernisierung steht in engem Zusammenhang mit der schnellen Entwicklung und Anwendung von Cyber-physical Systems (CPS). Ein CPS „ist eine Integration von computergestützten Berechnungen mit physikalischen Prozessen, deren Verhalten sowohl von Cyber- als auch von physischen Teilen des Systems definiert wird“<sup>34</sup>. CPS ist eine Art von Systemen, die „eine enge Integration zwischen Berechnung, Kommunikation und Kontrolle in ihrem Betrieb und Interaktionen mit dem Aufgabenbereich, in dem sie eingesetzt werden“<sup>35</sup>, aufweisen (vgl. Abbildung 2). Der Aufgabenbereich umfasst hierbei nicht nur die physische Umgebung, die automatisch vom Cyberspace erfasst werden kann, sondern berücksichtigt auch die semantische Verknüpfung des Cyber-physical-social-Raums<sup>36</sup>. Der Cyber-physical-social-Raum ist die Koalition und Vereinigung des physischen Raums, des Cyberspace und des sozialen Raums<sup>36</sup>. Durch die Integration menschlicher Faktoren als Teil eines Systems ist das Cyber-physical-social System (CPSS) „eng mit menschlichen und sozialen Merkmalen verbunden, koordiniert und integriert“<sup>35</sup>. Aus Sicht der Systemgestaltung zielt das Human-Centered CPS, als eine Klasse von Open Sociotechnical Systems<sup>37</sup>, darauf ab, eng mit dem Menschen zu interagieren und zusammenzuarbeiten. Damit soll ein gemeinsames Ziel erreicht werden (z.B. Ver-

ringerung der Fehlerrate), anstatt nur Dienstleistungen oder Unterstützung zur Ausführung von menschlichen Tätigkeiten bereitzustellen, die von benutzerzentrierten Systemen unterstützt werden.

Darüber hinaus entsteht durch die industrielle Anwendung von CPS ein neuer Typ von Produktionssystemen, die sogenannten Cyber-physical Production Systems (CPPS), die in intelligenten Fabriken eingesetzt werden<sup>38,39</sup>. CPPS bereichern die Kommunikation innerhalb des Cyber-physical-social-Raums in der Produktionsumgebung. Ein Beispiel hierfür ist etwa eine selbstgesteuerte Hochgeschwindigkeitsdruckmaschine für einen Print-on-Demand-Service mit mehreren Plattformen, Sensoren und Aktuatoren, die „eine schnelle Abschaltung herbeiführen kann, um bei Papierstau die Beschädigung des Geräts zu vermeiden“<sup>34</sup>. Eine solche autonome Betriebsentscheidung kann Ausfälle mit weitreichenden Folgen in der Produktionsanlage verhindern. In diesem Fall muss sich der zuständige Operator, der mit dem CPPS interagiert, nicht mehr notwendigerweise mit dem Initiieren und Überwachen der Maschine befassen. Stattdessen kann sich dieser „neue Fähigkeiten“ zum Verbessern sowie Anpassen der Maschinenleistung unter verschiedenen technischen, ökologischen und ökonomischen Anforderungen und Bedingungen aneignen – z.B. die Optimierung der Wartungskosteneffizienz oder des Energieverbrauchs. Als Resultat wird ein Wandel der Arbeitsaufgaben angenommen: die Entwicklung von einfacher Inbetriebnahme hin zur umfassenden Entscheidungsgewalt. Die Entstehung von CPS birgt mehrere technologische und nicht-technologische Herausforderungen mit erheblichen, qualitativen Auswirkungen, welche die Realisierung von Industrie-4.0-Lösungen direkt oder indirekt beeinflussen können. Daher sollten die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten diese Aspekte sorgfältig aus technologischen, wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen (nichttechnologischen) Aspekten betrachten.

<sup>34</sup> Lee, E.A. et al. (2016)

<sup>35</sup> Wang, F. Y. (2010)

<sup>36</sup> Zhuge, H. (2011)

<sup>37</sup> Geisberger, E. et al. (2012)

<sup>38</sup> Kagermann, H. et al. (2013)

<sup>39</sup> Monostori, L. et al. (2016)

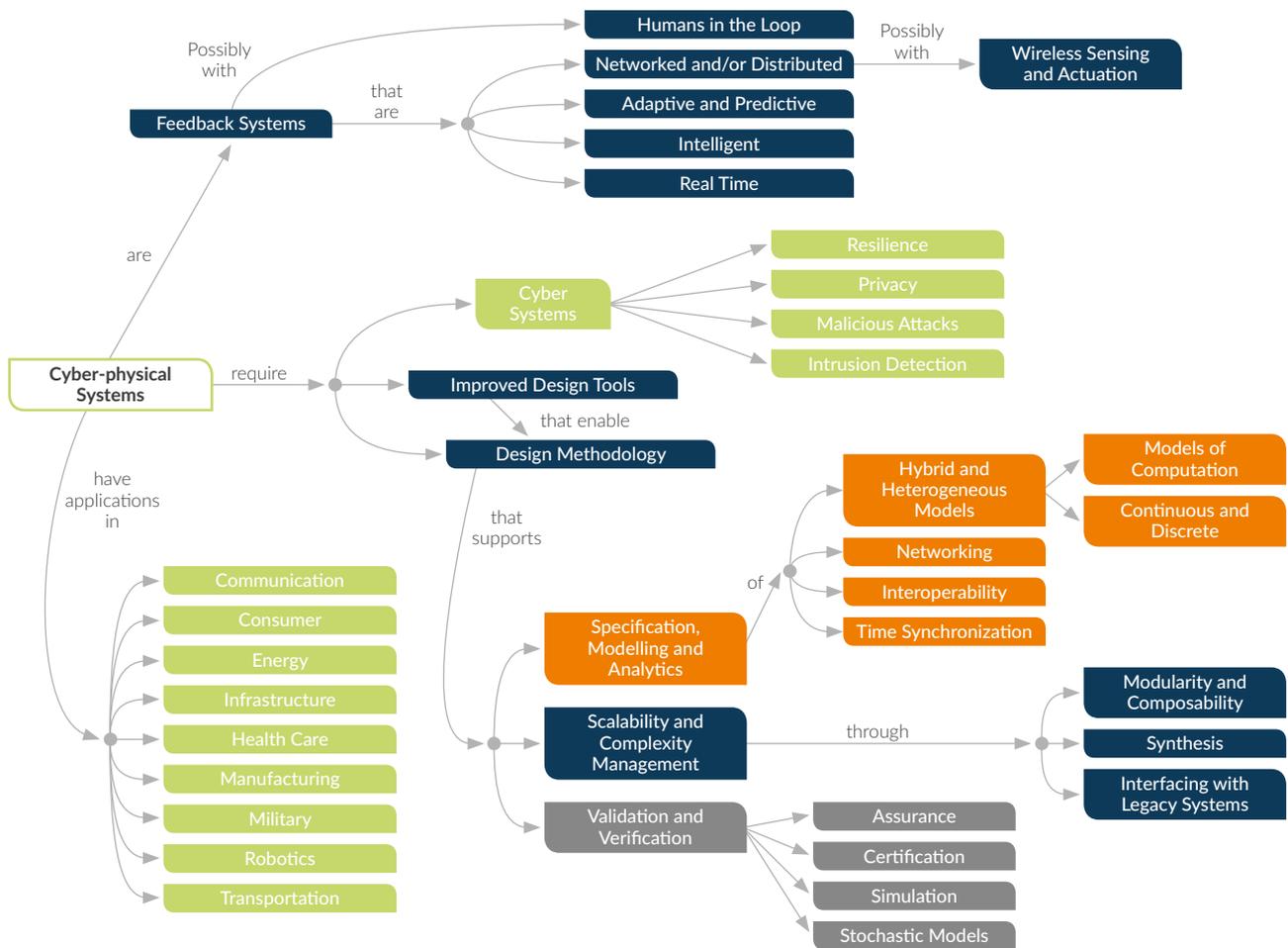


Abbildung 2: Eine Konzeptkarte von CPS (adaptiert nach<sup>34</sup>)

**Forschungs- und Handlungsbedarf im Bereich der Cyber-physical Systems gibt es zu folgenden Themenfeldern:**

(adaptiert nach 34 40 41 42)

**Kompositionalität:** Kompatibilitätsprobleme können aufgrund der Integration von heterogenen Cyber- und physikalischen Aspekten von CPS, d.h. bei der Systemintegration von beiden Systemwelten und cyberphysikalischen Systemen (CPSoS), auftreten.

**Verteilte Sensorik, Berechnung und Kontrolle:** Zu den Hauptproblemen gehört die (Halb-)Echtzeit-Erfassung adäquater Informationen, deren Verarbeitung und Verankerung der Kontrolle in einer verteilten Umgebung.

**Physikalische und menschliche Schnittstellen und deren Integration:** Ein wesentliches Merkmal von CPS ist, mit verschiedenen Umgebungen und damit auch Sensortechnologien in Kontakt treten zu können. Ein weiteres wesentliches Merkmal ist die (kognitive) Fähigkeit, effektiv mit verschiedenen Arten von Endbenutzern auf verschiedenen Qualifikations- und Kompetenzleveln durch den Einsatz von Mensch-Maschine-Schnittstellen zu kommunizieren.

<sup>40</sup> Ansari, F. et al. (2016)

<sup>41</sup> CPS Summit (2008)

<sup>42</sup> Seidenberg, U. et al. (2017)

**Extrahieren von Wissen aus heterogenen Datenquellen:**

Die Verarbeitung von Rohdaten, die in strukturiertem, halbstrukturiertem und nichtstrukturiertem Format sowie verschiedenen Qualitäts- und Wahrnehmungsleveln gesammelt werden. Des Weiteren erfordert das Extrahieren von Wissen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung und des Lernens aus jeder Entscheidungsinstanz die Verwendung von Smart Data Analytics und Künstliche-Intelligenz-(KI-)Techniken, insbesondere Predictive/Prescriptive Data Analytics und Deep Learning (siehe Kapitel 3.8).

**Modellierung und Analyse von physischen und Cyber-Komponenten:**

Eine große Herausforderung stellt die Modellierung und Analyse von heterogenen physischen und Cyber-Komponenten mit unterschiedlichen Zeitvorstellungen über verschiedene Skalen und die Integration der daraus gesammelten Rückmeldungen dar.

**Privatsphäre, Vertrauen, Sicherheit:** Die Anwendung von CPS in verschiedenen Sektoren wirft neue Fragen in Bezug auf Privatsphäre, Vertrauen und Sicherheit auf. Unter anderem kann die Offenlegung von Informationen aus dem Cyber-physical-social-Raum neue Regeln für die Zugänglichkeit und Transparenz von Informationen erfordern. Darüber hinaus sind neue Arten von physischen und cyber-physischen Angriffen möglich, z.B. im Kontext von intelligenten und vernetzten Fabriken. Hieraus ergibt sich ein Bedarf an neuen Konzepten und Werkzeugen zur Sicherstellung und Erhöhung der Cyber-Sicherheit.

**Robustheit, Anpassung, Rekonfiguration:** CPS arbeiten in dynamischen (Produktions-)Umgebungen und müssen daher mit unsicheren Situationen und Störungen umgehen können, ohne die Ergebnisqualität zu beeinträchtigen. Darüber hinaus sollten CPS rekonfigurierbar und adaptiv sein, um (unerwartete) Fehler sowohl auf physikalischer als auch auf Cyber-Ebene zu beheben.

**Software-Technologie:** Entwicklung und Einsatz von CPS erfordern neue Programmiersprachen, während traditionelle CPS die Komplexität von Cyber-physischen Räumen bewältigen können. Darüber hinaus benötigen CPS integrierte Softwarelösungen zur Unterstützung der Leistungsplanung, Überwachung und Steuerung von CPS und zur Bewältigung hoher Datenmengen (Echtzeit) zwischen Subsystemen, Systemsystemen und Umgebungen.

**Verifizierung, Tests (Sicherheit), Zertifizierung und Richtlinien:**

CPS erfordern neue Ansätze zur Verifizierung und für Tests, um potentielle Ereignisse wie physische oder cyberbezogene Fehler durch Vergleich mit definierten Standards zu überprüfen und anzupassen. Zu diesem Zweck sollte ein Erkennungs-, Lern- und Argumentationsmodul entwickelt werden, um die Richtigkeit von Entscheidungen sicherzustellen und das Lernen auf Basis von Vergangenheitsdaten zu fördern. Die Anwendung von CPS in verschiedenen industriellen Sektoren erfordert auch die Handhabung von Sicherheitszertifizierungen – etwa die Identifikation von Gefahrenquellen und den Umgang mit diesen in Übereinstimmung mit gesetzlichen Anforderungen für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.

**Gesellschaftliche Auswirkungen:** Soziale Aspekte von CPS können sich auch auf das Design, die Überprüfbarkeit, die Validierung, den Betrieb, den Datenschutz, das Vertrauen und die Fehlertoleranz auswirken. Insbesondere kann die Entwicklung von menschenzentrierten CPS gesellschaftliche, kulturelle und ethische Widerstände gegen technologische Veränderungen hervorrufen, z.B. aufgrund von Risiken des Arbeitsplatzverlustes etwa durch den Einsatz von Robotern oder intelligenten Systemen.

## IMPRESSUM

### **Medieninhaber, Herausgeber und Hersteller:**

Verein Industrie 4.0 Österreich – die Plattform für intelligente Produktion  
Mariahilfer Straße 37–39, 1060 Wien  
[www.plattformindustrie40.at](http://www.plattformindustrie40.at) / [office@plattformindustrie40.at](mailto:office@plattformindustrie40.at)

### **Projektleitung:**

Rafael Boog, BSc; Verein Industrie 4.0 Österreich

**Design:** veni vidi confici® | Atelier für visuelle Kommunikation

**Druck:** Druckwerkstatt

**Fotoquellen:** Industriellenvereinigung (5); salvagnini (45, 46); RHI Magnesita & VRVIs (48); JOANNEUM RESEARCH (50, 54); RECENDT (52); TU Wien (53); Lithoz (57); Shutterstock

Stand Juli 2018

**Haftungsausschluss:** Alle Angaben wurden sorgfältig recherchiert. Für die Vollständigkeit und Richtigkeit des Inhaltes sowie für zwischenzeitliche Änderungen übernimmt der Herausgeber keine Gewähr.

