

# Cyber-Physikalische Systeme





## EINFÜHRUNG IN DIE INDUSTRIELLE REVOLUTION 4.0

Diese didaktischen Materialien, die im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten europäischen Projekts "Industrie 4.0 - INTRO 4.0" entwickelt wurden, sollen einen Überblick darüber geben, was in der europäischen Industrie im Bereich Industrie 4.0 getan wurde.

Der Inhalt dieser didaktischen Materialien liefert die relevantesten und nützlichsten Informationen über Industrie 4.0 für eine Zielgruppe, zu der Erwachsene, Erzieher\*innen (Berufsbildung & Hochschulbildung), Lehrpersonal, Ausbilder\*innen, Coaches, Arbeitgeber\*innen, Arbeitnehmer\*innen, die breite Öffentlichkeit und Anbieter\*innen innovativer Lösungen zählen.

Diese Informationen sind in dem Bericht "Current Status Of The Industry 4.0" und dem Bericht "Summary Report of the expert interviews/questionnaires and the specific research on the field of manufacturing companies" verankert, die beide von den Partnern dieses Projekts entwickelt wurden.

## Verzeichnis

<b>2</b>	Verzeichnis & Lernziele	<b>13-14</b>	Vorteile für das Unternehmen
<b>3</b>	Einführung	<b>15-16</b>	Zukünftige Anwendungen
<b>4-5</b>	Worum handelt es sich?	<b>17-19</b>	Erweiterte Inhalte
<b>6-10</b>	Wozu dient es?	<b>20</b>	Ausbildung
<b>11-12</b>	Praxisbeispiele	<b>21</b>	Bibliographie & Selbstevaluierung



DIESER INHALT KANN FÜR  
DIE UNTERNEHMEN VON  
GROßEM INTERESSE SEIN.



DIESER INHALT KANN FÜR DIE  
BREITE ÖFFENTLICHKEIT VON  
GROßEM INTERESSE SEIN.



## LERNZIELE

- ❖ Wissen über Cyber-Physische Systeme und deren Anwendungen erlangen.
- ❖ Vorteile erkennen, die sich aus dieser Technologie ergeben.
- ❖ Das Potenzial dieser Technologie und die Nutzungstrends kennen.






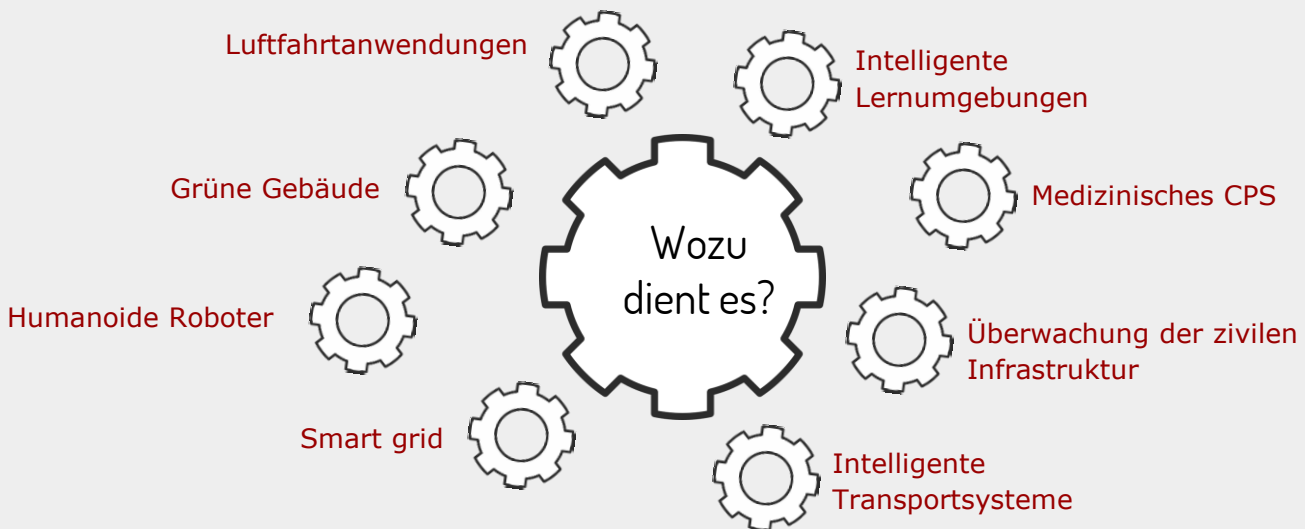
# EINFÜHRUNG

**Cyberphysikalische Systeme** sind Schlüsselinfrastrukturen für unsere moderne Gesellschaft. Sie können die Lebensqualität der Bürger\*innen und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie verbessern.

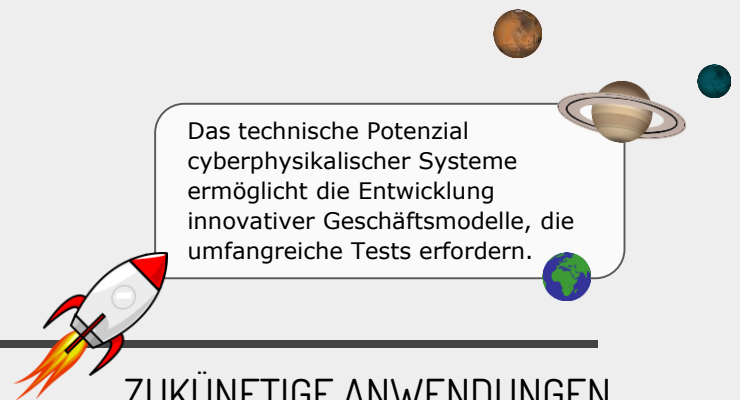


Lernziele

-  Wissen über Cyber-Physische Systeme und deren Anwendungen erlangen.
-  Vorteile erkennen, die sich aus dieser Technologie ergeben.
-  Das Potenzial dieser Technologie und die Nutzungstrends kennen.



EINIGE VORTEILE



ZUKÜNFTIGE ANWENDUNGEN



## WORUM HANDELT ES SICH?



Ein **Cyber-physikalisches System (CPS)** besteht aus einem physikalischen System und den entsprechenden Cybersystemen, die auf allen Skalen und Ebenen eng miteinander verschmolzen sind.

Viele Objekte in unserer Welt werden von Computern gesteuert: Autos, Gebäude, Fertigungsmaschinen oder sogar Musikinstrumente. In diesen Fällen interagieren Computer direkt mit der physischen Welt. Deshalb nennen wir sie "cyber-physikalische Systeme" (CPS).

**Wir interagieren mit vielen komplexen Objekten und Systemen in unserem Alltag.** Praktisch alle von ihnen werden von Computern gesteuert, die nicht nur über einen Touchscreen mit der Welt interagieren, sondern auch durch direkte Aktionen in der physischen Welt. Die häufigsten cyberphysikalischen Systeme, die wir sehen. Alltäglich sind moderne Autos, in denen Computer nicht nur den Motor, sondern auch das Bremsen, die Fahrzeugstabilität steuern und den Fahrenden oft bei seinen Aufgaben unterstützen. Daher sehen wir deutlich, wie sich computergesteuerte Aktionen in der realen Welt auswirken.

Cyberphysikalische Systeme sind auch in vielen anderen Elementen unseres täglichen Lebens präsent, wie z.B. Energienetzen, Fabriken, automatisierten Lagern sowie Flugzeugen oder Zügen. Alle diese physisch verwickelten Systeme sind von **entscheidender Bedeutung für die Lebensqualität** der Bürger\*innen und für die europäische Wirtschaft.



Cyberphysikalische Systeme sind **sehr komplex**, insbesondere wenn mehrere CPS kombiniert werden müssen. Das ist zum Beispiel in einem Flughafen oder einer großen Fabrik der Fall, wo viele Maschinen zusammenarbeiten müssen, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen. In diesem Fall sprechen wir von "cyberphysikalischen Systemen von Systemen", kurz CPSoS.



## WORUM HANDELT ES SICH?



Komplexe Systeme sind schwer aufzubauen und zu verwalten. Wenn eine Anwendung auf Ihrem Handy abstürzt, sind die Folgen in der Regel nicht sehr schlimm, aber wenn die Schnittstelle zwischen zwei Fertigungsmaschinen ausfällt, kann die Produktion einer großen Produktionsanlage gestoppt werden. Noch schlimmer ist, dass in Verkehrs- oder medizinischen Systemen die körperliche Sicherheit von Menschen gefährdet sein kann.

Natürlich gibt es dafür technische Techniken, aber es bedarf noch erheblicher Verbesserungen, um die CPS von morgen zu verwalten, die noch anspruchsvoller als heute und sehr wichtig sowohl für unsere Lebensqualität als auch für die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie sein werden.





## WOZU DIENT ES?

### Anwendungen von Cyberphysikalischen Systemen :

#### Grüne Gebäude:

Der Treibhauseffekt ist eines der größten Probleme in der heutigen Welt. Die Altbauten verbrauchen 70% des erzeugten Stroms und erzeugen die Treibhausgase, die wiederum den Treibhauseffekt verstärken. Durch den Einsatz des integrierten drahtlosen Sensornetzwerks, des Kognitionsmanagers und der Steuerungssysteme können wir das Null-Netto-Energieziel erreichen.

#### Luftfahrtanwendungen:

Cyber-Physische Systeme werden für aeronautische Anwendungen wie Flugerprobungsinstrumente, Kommunikation zwischen Pilot\*innen und Besatzung, Strukturzustandsüberwachung, Bordtests, in der Flugunterhaltung, drahtlose Kabinen und Fluglandungen eingesetzt.

#### Medizinisches CPS:

Drahtlose Sensornetzwerke sammeln die diagnostischen Informationen, überwachen die Gesundheits- und Medikamentenverabreichung der Patient\*innen. Die Integration von Rechen- und Kontrollmechanismen in die kommunizierten kritischen medizinischen Informationen stellt eine grundlegende Voraussetzung für vertrauenswürdige medizinische cyberphysikalische Systeme dar.

#### Intelligente Transportsysteme:

Cyber Physical Systems bieten eine Möglichkeit, die Leistung der Verkehrssteuerung zu verbessern. Straßenverkehrskontrolle Cyber Physical System konstruiert eine Umgebung, die in der natürlichen geografischen Umgebung und der künstlichen Umgebung existiert, wie z.B. Brücken über das Meer oder Flüsse, lange und große Tunnel, Hochrisikohänge, städtische Hochbrücken und andere. Aber auch die große Vielfalt an Fahrzeugen, Personen und Gütern im komplexen Straßenumfeld. Intelligentes Verkehrssystem, kann die Verkehrssteuerung durch Hinzufügen und Installieren einer großen Anzahl von fortschrittlichen elektronischen Geräten und Informationssystemen zu dem Straßenverkehrssystem realisieren, die Verbesserung der betrieblichen Effizienz und des Sicherheitsniveaus für das Straßenverkehrssystem Verkehrssteuerung Cyber Physical Systems integrieren diese Informationen in den Transportprozess und arbeiten durch ihre Koordination, die den Transport sicherer und effizienter macht.



## WOZU DIENT ES?

### **Menschenähnliche Roboter:**

Menschenähnliche Roboter können für folgendes verwendet werden:

I. Betreuung der älteren Menschen zu Hause.

II. Wissenschaftliche Untersuchung von Unterwasserumgebungen, Regenwaldumgebungen, Weltraumumgebungen und dem Schutz kritischer Infrastrukturen.

III. Für Personalzwecke.

IV. Auf landwirtschaftlichen Flächen.

V. Rettungseinsätze bei Notfällen und gefährlichen Arbeitsumgebungen.

### **Intelligente Lernumgebungen:**

Cyber Physische Systeme können in einer Smart Learning Umgebung eingesetzt werden. CPSs können im SLE verwendet werden, um angemessene Informationen über die physische Umgebung zu sammeln, Messdaten in Informationen und Wissen umzuwandeln und schließlich nützliche und schnelle Dienstleistungen für Student\*innen, Mitarbeiter\*innen und die Universität bereitzustellen. Smart Learning Environment (SLE) wird die Art und Weise, wie Menschen an Universitäten lernen und arbeiten, definitiv verändern.

### **Überwachung der zivilen Infrastruktur:**

Heute stehen viele Bauingenieur\*innen vor dem Problem der Alterung von Infrastrukturen wie Dämmen, Brücken, Gebäuden etc. Faseroptische Sensoren und Mikroelektrische und mechanische Sensoren sowie drahtlose Kommunikationstechnologien bieten ein enormes Potenzial für eine genaue und kontinuierliche Infrastrukturüberwachung.

### **Smart grid:**

Smart Grid ist ein Ökosystem, das auf seiner Grundlage auf der Grundlage von Informationserfassung, Bewertung und Entscheidungsfindung sowie Management aufgebaut ist. Im Smart Grid verwenden viele traditionelle Teile Cyber Physical Systems. Sie werden in der Erzeugung, Übertragung und Verteilung sowie auf der Kundenseite eingesetzt. Bei der Erzeugung wird sie den Anschluss des Netzes sowie die betrieblichen Aspekte der Stromerzeugung steuern. CPS überwacht die Bedingungen und sorgt für die Stabilität der Übertragungs- und Verteilernetze, die die Endverbraucher an das Smart Grid anschließen. Es wird eine bidirektionale Kommunikation und Kontrolle zwischen dem Stromnetz und den Verbrauchern ermöglichen.





## WOZU DIENT ES?

### 5C-Architektur für die Implementierung von Industrie 4.0.

Die Leistungen von Industry 4.0 werden mit der Spitze eines Eisbergs dargestellt. Daher erwägen einige Forscher, die Struktur zu schaffen, um eine Dissektion der Industrie 4.0 zu erhalten. Die 5C-Architektur ist ein Beispiel für die Steuerung der Entwicklung von Industry 4.0, abhängig von den Attributen des Cyber-Physical-Systems. Diese Architektur ist in fünf Ebenen unterteilt: „Verbindungsebene“, „Konversionsebene“, „Cyber Level“, „Kognitionsebene“ und „Konfigurationsebene“.

		<u>Hauptmerkmal</u>	<u>Hauptfunktion</u>
5	Konfigurationsebene	Selbstkonfigurieren	Intelligente Produktion
4	Kognitionsebene	Früherkennung	Vorausschauende Wartung
3	Cyber Level	Steuerbar	Automatisiertes System
2	Konversionsebene	Informativ	Informationserkennung
1	Verbindungsebene	Kommunizierbar	Hardware-Anbindung

Die **"Connection Level"** konzentriert sich auf die Hardwareentwicklung, die durch das Sensornetzwerk und die drahtlose Kommunikation durchgeführt wird, und die anderen vier Ebenen achten auf das Steuerungssystem und die Softwareimplementierung. Auf der **"Conversion Level"** werden die Rohdaten durch den Einsatz von Datenanalyse-Technologien in nützliche Informationen umgewandelt. Die **"Cyber-Ebene"** steuert das gesamte Netzwerk über das CPS. Die **Kognitionsebene** und die **Konfigurationsebene** beschäftigen die künstliche Intelligenz im Netzwerk, die als zukünftige Attribute der Fertigung betrachtet werden. Die Fertigungsintelligenz ist auch das Hauptziel vieler Forscher\*innen, die sich für die Industrie 4.0 interessieren, die durch diese beiden Ebenen repräsentiert wird. Vergleich der Attribute dieser beiden Ebenen und the Industry 4.0, **der "Cognition Level" wird als ein niedrigeres Niveau der Industrie 4.0 angesehen, und, die 'Konfigurationsebene' zeigt tendenziell die höherwertigen Merkmale von Industrie 4.0. die als die Errungenschaft der Industrie 4.0 angesehen werden.**



## WOZU DIENT ES?

Wenn diese verschiedenen Arten von Ideen (Zukunftsvisionen, Forschungsbeispiele und Implementierungsarchitektur) zusammengeführt und zusammengefasst werden, wurden unter Industry 4.0 mehrere Konzepte der zukünftigen Fertigung abstrahiert. Diese Konzepte sind die wichtigsten Konstruktionsprinzipien von Industry 4.0, die zwei Hauptkonstruktionsprinzipien zusammenfassen: **Interoperabilität** und **Bewusstsein**. Diese beiden wichtigsten Designprinzipien beinhalten viele Teilkonzepte, die Interoperabilität besteht aus Digitalisierung, Kommunikation, Standardisierung, Flexibilität, Echtzeitverantwortung und Anpassungsfähigkeit. Die prädiktive Instandhaltung, Entscheidungsfindung, intelligente Präsentation, Selbstbewusstsein, Selbstoptimierung und Selbstkonfiguration bilden das Bewusstsein.

Der Kerngedanke der Interoperabilität ist die Integration, die auch der Kernpunkt von IoT und CPS ist. Es gibt drei Arten der Integration von Industry 4.0, **horizontale Integration**, **End-to-End-Integration** und **vertikale Integration**. Diese drei Arten der Integration stellen drei Dimensionen dar: Peer-to-Peer, horizontale Integration über die Business Value Networks, End-to-End-Integration über die gesamte Produktkette, vertikale Integration durch das Fertigungssystem.

Darüber hinaus ist das andere Hauptkonstruktionsprinzip von Industry 4.0 das Bewusstsein. Basierend auf diesem Konzept verlangt Industry 4.0, dass die Fertigung intelligent ist, die das Wissen entdeckt, die Entscheidungen trifft und die Aktion unabhängig und intelligent durchführt. Diese Ergebnisse werden durch die Erfassung von Rohdaten aus den Fertigungsnetzwerken unter Verwendung modernster intelligenter Technologien analysiert. Darüber hinaus sind diese beiden Hauptkonstruktionsprinzipien kooperativ, um Industry 4.0 zu erreichen. Die Interoperabilität hat mehrere vernetzte Netze als zuverlässige Umgebung von Industrie 4.0 aufgebaut, das Bewusstsein bietet der Industrie 4.0 die Essenz mit den künstlich intelligenten Funktionen.



## WOZU DIENT ES?

Cyber Physische Systeme sind hybride vernetzte Cyber- und technische physische Elemente, die gemeinsam entwickelt wurden, um adaptive und prädiktive Systeme für eine verbesserte Leistung zu schaffen.

### Wesentliche CPS-Eigenschaften:

- Cyber-, Engineering- und menschliche Elemente, die als integrale Bestandteile eines Gesamtsystems behandelt werden, um Synergien zu schaffen und gewünschte, auftauchende Eigenschaften zu ermöglichen.
- Die Integration von tiefenphysikalischen und digitalen Weltmodellen bietet Lern- und Vorhersagemöglichkeiten zur Entscheidungsunterstützung (z.B. Diagnose, Prognostik) und zur autonomen Funktion.
- Offene Architekturen und Standards auf Basis des Systems Engineering sorgen für Modularität und Kompatibilität bei Anpassungen, Produktsystemen und komplexen oder dynamischen Anwendungen.
- Reziproke Rückkopplungsschleifen zwischen rechnerischer und verteilter Sensorik/Aktivierung und Überwachungs-/Steuerelementen ermöglichen eine adaptive Mehrzelleistung.
- Vernetzte Cyberkomponenten bilden die Grundlage für Skalierbarkeit, Komplexitätsmanagement und Ausfallsicherheit.



*Für cyberphysikalische Systeme sind konsequente Kund\*innenorientierung und damit Benutzer\*innenfreundlichkeit und intuitive Bedienbarkeit der Schlüssel zum Erfolg.*



## PRAXISBEISPIELE

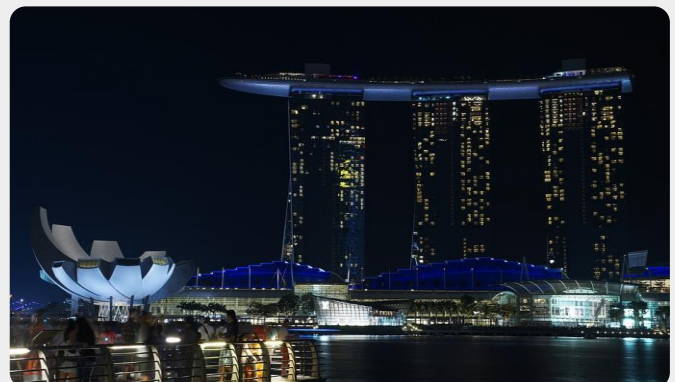


**SmartSantander** ist ein groß angelegtes Forschungsprojekt, das Tausende von Sensoren in der spanischen Stadt Santander verteilt. Ziel ist es, eine intelligente Lösung zu entwickeln und verschiedene Aspekte des Stadtlebens zu verbessern, wie z.B. die Verringerung des Verkehrs, die Senkung des Energieverbrauchs, die Verbesserung der Umweltqualität und die Förderung der Bürger\*innenbeteiligung. Außerdem hofft das Projekt, diese Umweltinformationen weiterzugeben und andere nützliche Anwendungen zu entwickeln. Die Forschung testet auch, ob es möglich ist, die Abstände zwischen theoretischen Entwürfen intelligenter Infrastrukturen und der Übernahme praktischer Anwendungen in einer realen Umgebung zu verringern. Die Ergebnisse dieses Tests werden dazu beitragen, die Verbreitung von Internet of Things (IoT) und CPSs in realen Szenarien in Zukunft zu erhöhen.



**Singapur**, die seit vielen Jahren als die intelligenteste Stadt der Welt gilt, entwickelt sich zu einer führenden Nation bei der Implementierung intelligenter Infrastrukturen und der Bereitstellung hochwertiger Dienstleistungen. Singapur ist eines der wichtigsten Wirtschaftszentren der Welt, hat einen der verkehrsreichsten Häfen und beherbergt den fünftgrößten Flughafen Asiens. Singapur erwartet, dass es die erste intelligente Nation der Welt gründet, die das Wirtschaftswachstum ankurbelt, die Bedürfnisse der Bevölkerung befriedigt und ein Beispiel für andere Nationen ist. Die Erkenntnisse dieser intelligenten Nation werden zusammengefasst als:

- Bessere Richtlinien zur Verwaltung verschiedener Kontexte
- Entwicklung neuartiger Geschäftsmodelle und Einnahmequellen, die das Wirtschaftswachstum stärken können.
- Eine stärkere Beteiligung der aktiven Bürger\*innen an der Schaffung hochwertiger Dienste, die den Alltag der Gemeinschaft verbessern können.





## PRAXISBEISPIELE



Es ist die Marke, unter der Google operiert und hat gerade seine ersten hundert Einheiten von Chrysler mit dem Pacifica-Modell auf den Markt gebracht, ein Auto, das ohne Fahrer\*in fahren kann, über die entsprechenden Lizenzen verfügt und in diesem Monat seine ersten Tests in realen Szenarien geplant hat.

Man muss sagen, dass Google bereits seit sieben Jahren im autonomen Autogeschäft tätig ist und dass es die erste Marke war, die eine Reise mit einem Auto ohne Fahrer absolvierte. Seitdem er sich in die Entwicklung des autonomen Autos eingeschaltet hat, hat er mehr als eine Million Kilometer zurückgelegt.



## Einige führende Unternehmen :














## VORTEILE FÜR DAS UNTERNEHMEN



### **Integration**

Die Integration von Cloud und Wireless Sensornetzwerken ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil von Cyber Physical Systems. CPS bietet Netzwerkintegrationsmerkmale wie Media Access Control-Techniken und deren Auswirkungen auf die Systemdynamik, Middleware und Software, die eine Koordination der Netzwerkkontrolle über das Timing von Netzwerktransaktionen und Fehlertoleranzen ermöglichen.

### **Interaktion zwischen Mensch und System**

Die Modellierung und Messung der situativen Sensibilisierung - die menschliche Wahrnehmung des Systems und seiner Umgebungsänderungen in den Parametern - ist entscheidend für die Entscheidungsfindung.



## VORTEILE FÜR DAS UNTERNEHMEN

### Umgang mit Unsicherheiten

Sicherheit ist der Prozess des Nachweises, dass ein Design gültig und vertrauenswürdig ist. Cyberphysikalische Systeme können sich entwickeln und mit einer neuen und unzuverlässigen Umgebung arbeiten.

### Bessere Systemleistung

CPS ist in der Lage, eine bessere Leistung in Bezug auf Feedback und automatisches Neudesign mit engem Zusammenspiel von Sensoren und Cyber-Infrastruktur zu bieten.

### Skalierbarkeit

Als Teil des Cloud Computing ist CPS in der Lage, den Benutzern die Ressourcen entsprechend ihren Anforderungen zur Verfügung zu stellen.

### Flexibilität

CPS kann mehr Möglichkeiten bieten als WSN und Cloud Computing allein.

### Schnellere Reaktionszeit

CPS erhöht die schnelle Reaktionszeit und erleichtert die Früherkennung von Ausfällen sowie die ordnungsgemäße Nutzung von Ressourcen wie Bandbreite.

*"Intelligente" und vernetzte Objekte (z.B. mit RFID-Technologie) werden hauptsächlich in Handel und Logistik eingesetzt..*



*Cyber Physische Systeme sind intelligente Systeme, die das Zusammenführen und Integrieren von industriellen Steuerungssystemen, kritischen Infrastrukturen, Internet der Dinge (IoT) und eingebetteten Systemen umfassen.*



## ZUKÜNFTIGE ANWENDUNGEN



Damit cyberphysikalische Systeme und Smart Cities erfolgreich sind, müssen Menschen anders denken und handeln und sich stärker am Stadtleben beteiligen. Aktive Gemeinschaften, die das verteilte Wissen jedes Einzelnen bündeln und synergistische Maßnahmen zur Verbesserung der städtischen Dienstleistungen durchführen können, sind unerlässlich.

Die heutige Technologie ermöglicht verteiltes Computing und Crowdsourcing, den Austausch von Informationen zwischen den Benutzer\*innen und den Aufbau einer kollektiven Intelligenz. Kollektive Intelligenz ist einer der Schlüssel zum Erfolg von CPSs und Smart Cities. Collective Intelligence nutzt das Crowdsensing für die kooperative Überwachung der städtischen Umwelt. Sie zielt auch auf die kooperative Durchführung von Operationen ab, um Aufgaben von allgemeinem Interesse effizient zu erfüllen.

Aus technischer Sicht müssen noch viele schwierige Herausforderungen gelöst werden, zumindest effizient und industriell anwendbar. Einige der Herausforderungen sind:

- **Datenheterogenität.** Datenheterogenität ist ein wichtiges Thema, das die Kommunikationsleistung und das Design von Kommunikationsprotokollen beeinflussen kann. Systeme müssen eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen und Geräte unterstützen können.
- **Zuverlässigkeit.** CPSs eignen sich für den Einsatz in kritischen Kontexten wie Gesundheitswesen, Infrastruktur, Verkehr und vielen anderen. Zuverlässigkeit und Sicherheit sind grundlegende Anforderungen, da Stellglieder die Umwelt beeinflussen. Tatsächlich kann die Wirkung von Stellgliedern auch irreversibel sein, weshalb das Auftreten von unerwartetem Verhalten minimiert werden muss. Darüber hinaus ist die Umgebung nicht vorhersehbar, so dass CPSs unter unerwarteten Umständen weiterarbeiten und sich im Falle von Ausfällen anpassen müssen.





## ZUKÜNFTIGE ANWENDUNGEN



- **Datenmanagement.** Es ist notwendig, große Daten von verschiedenen angeschlossenen Geräten zu speichern und zu analysieren, sie zu verarbeiten und Echtzeit-Ergebnisse anzuzeigen. Die Datenverwaltung kann durch Offline- oder Online-Streamverarbeitung in Abhängigkeit von den Zielen des Systems erfolgen. Insbesondere bei einem Online-Stream können sich Informationen unter Echtzeitbedingungen häufig ändern und basieren auf adaptiven und kontinuierlichen Abfragen.
- **Datenschutz.** Die Herausforderung besteht darin, Datenschutzbedenken und die Kontrolle personenbezogener Daten in Einklang zu bringen und die Möglichkeit des Datenzugriffs zu schaffen, um bessere Dienste bereitzustellen. Da CPSs große Datenmengen verwalten, einschließlich sensibler Informationen wie Gesundheit, Geschlecht, Religion und viele andere, werden wichtige Fragen zum Datenschutz aufgeworfen. CPSs benötigen Datenschutzrichtlinien, um Datenschutzprobleme zu lösen, daher ist ein Tool zum Management der Datenanonymisierung erforderlich, um anonymisierte Informationen zu erhalten, bevor das System sie verarbeitet.
- **Sicherheit.** CPSs müssen die Sicherheit bei der Kommunikation gewährleisten, da alle Aktionen zwischen den Geräten in Echtzeit koordiniert werden. Da CPSs die Interaktionen zwischen physischen und Cybersystemen erweitern und verstärken, betreffen Sicherheitsprobleme mehr CPSs. Traditionelle Sicherheitsinfrastrukturen reichen nicht aus, um das Problem anzugehen, und es müssen neue Lösungen gefunden werden. Sicherheitsprobleme sind entscheidend für neue Daten und gespeicherte Daten, die für die zukünftige Verwendung gesammelt wurden. Schließlich basieren CPSs auf heterogenen Anwendungen und drahtloser Kommunikation, die oft kritische Sicherheitsprobleme aufwerfen.
- **Echtzeit.** CPSs verwalten große Datenmengen, die von Sensoren stammen. Die Berechnungen müssen effizient und zeitnah durchgeführt werden, da physikalische Prozesse unabhängig von den Ergebnissen der Berechnungen weiterlaufen. Um diese Anforderung zu erfüllen, müssen die CPSs sicherstellen, dass sie über die Bandbreite oder Systemkapazität verfügen, die zur Erfüllung zeitkritischer Funktionen erforderlich ist, da Ausfälle bei der Zeit der Aktionen dauerhafte Schäden verursachen können.



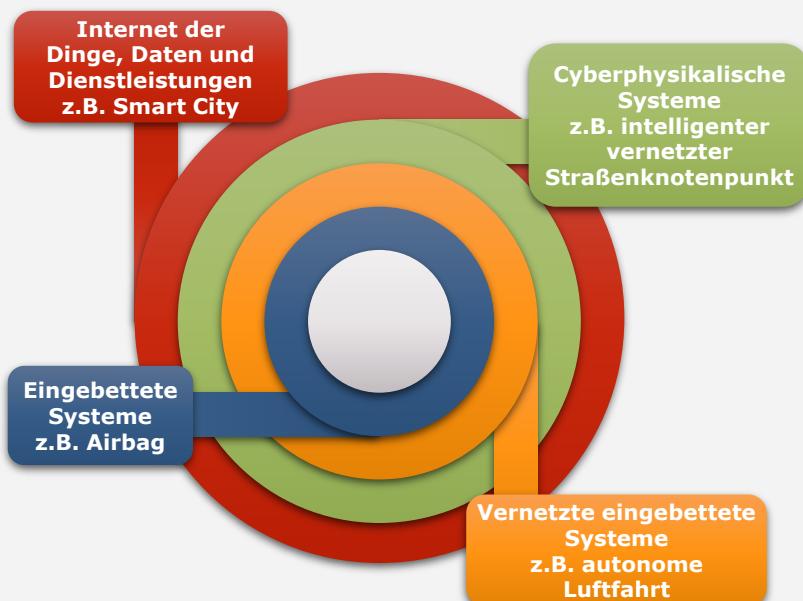
## ERWEITERTE INHALTE

### Worin besteht der Unterschied zwischen dem Cyber-Physischen System und dem Internet der Dinge (IoT) ?

**Das Internet der Dinge** verwendet spezielle Sensoren (z.B. Kameras oder RFID-Lesegeräte) zur Identifizierung von Produkten und Materialien. Diese Produkte und Materialien enthalten spezielle Informationen, z.B. darüber, was mit ihnen geschehen soll. Das bedeutet, dass sie mit Produktions- oder Materialflusssystemen kommunizieren und ihnen sagen können, was der nächste Schritt im Fertigungsprozess sein soll. Die Technologie erübrigt somit die Notwendigkeit einer menschlichen Beteiligung.

**Cyberphysikalische Systeme** sind, wenn die in Produkte und Materialien eingebetteten mechanischen und elektrischen Systeme (z.B. Sensoren und Kommunikationsmittel) mit Hilfe von Softwarekomponenten vernetzt werden. Das Ergebnis ist eine vollständige Verschmelzung von virtueller und physischer Welt. Cyberphysikalische Systeme nutzen gemeinsames Wissen und Informationen aus Prozessen, um Logistik- und Produktionssysteme unabhängig voneinander zu steuern. Sie sind daher die Brücke, die das Internet der Dinge mit übergeordneten Diensten verbindet - dem so genannten Internet der Dienste.

In dieser virtuellen Welt entwickeln Softwareanbieter, Dienstleister, Broker und Anwender gemeinsam flexible Anwendungen, die sich dynamisch miteinander integrieren lassen. Wenn wir die Ziele der vierten industriellen Revolution erreichen wollen, müssen sich die Wissenschaftler\*innen sowohl mit cyberphysikalischen Systemen als auch mit der Grundidee und den Technologien des Internet der Dinge auseinandersetzen.





## ERWEITERTE INHALTE

## Auswirkungen von Cyber-Physischen Systemen in Städten

Smart Cities können als breit angelegte cyberphysikalische Systeme betrachtet werden, mit Sensoren, die Cyber- und physikalische Indikatoren überwachen und mit Aktuatoren, die die komplexe städtische Umgebung in irgendeiner Weise dynamisch verändern. Regierungen, Organisationen und Technologieunternehmen stellen sich den Herausforderungen der zunehmenden Urbanisierung und arbeiten daran, das städtische Leben zu verbessern, indem sie verbesserte Effizienz bieten, z.B. durch Energienutzung oder Dienstleistungen.

Laut dem Revisionsbericht 2014 der Vereinten Nationen über die Bevölkerungsaussichten wächst die städtische Bevölkerung der Welt rasant und nimmt weiter zu. Im Jahr 2014 leben 54% der Weltbevölkerung in städtischen Gebieten, und die kommenden Jahrzehnte werden weitere tiefgreifende Veränderungen in der Größe und räumlichen Verteilung der Weltbevölkerung mit sich bringen. 1950 waren 30% der Weltbevölkerung städtisch; bis 2050 sollen 66% der Weltbevölkerung urban sein.





## ERWEITERTE INHALTE

### Sicherheit von Cyber-Physischen Systemen

Um die Sicherheit cyberphysikalischer Systeme zu gewährleisten, müssen wir uns zwei grundlegenden wissenschaftlichen Herausforderungen stellen. Zuerst, **müssen wir über das diskrete und kontinuierliche zur gleichen Zeit nachdenken**. Glücklicherweise wurden in den letzten 20 Jahren in dieser Hinsicht große Fortschritte bei der formalen Überprüfung erzielt. Ein Ansatz besteht darin, ein cyberphysikalisches System als hybriden Automaten zu modellieren, der eine endliche Zustandsmaschine ist, bei der das Verhalten jedes Zustands durch einen Satz von Differentialgleichungen über kontinuierliche Variablen definiert ist. Die Modellprüfungstechnologie kann auf Hybridautomaten angewendet werden, wodurch es möglich wird, Eigenschaften von Modellen cyberphysikalischer Systeme nachzuweisen und Fehler zu finden.

Ein weiterer Ansatz besteht darin, logische Formeln zu schreiben, die das Verhalten eines Hybridsystems beschreiben, und dann die Theorem-Prüftechnologie zu verwenden, um Eigenschaften aus den Formeln zu beweisen. Ein Beispiel für eine geeignete Logik, in der solche Formeln geschrieben werden können, ist die differentielle dynamische Logik, die in den letzten zehn Jahren zusammen mit einer umfangreichen Werkzeugunterstützung entwickelt wurde. Aktive Forschung befasst sich mit der Skalierbarkeit dieser Techniken, da sie derzeit nur Dutzende von Zustandsvariablen unterstützen, während ein operatives cyberphysikalisches System typischerweise Größenordnungen mehr aufweist.

Zweitens, **Cyberphysikalische Systeme arbeiten unter dem Eindruck der Unsicherheit**. Diese Unsicherheit ist auf externe Bedingungen zurückzuführen, die nicht unter Systemkontrolle stehen: Natur, z.B. Erdbeben, Hurrikane und Schneestürme; und der Mensch, der falsch, überraschend oder bösartig handelt.

*Dies ist ein Beispiel für eine selbstorganisierende Fabrik, die konfiguriert und vollständig organisiert ist und auf veränderte Anforderungen reagiert und in der Mensch und Maschine perfekt zusammenarbeiten.* <https://youtu.be/wro3uoHR-ZY>



## AUSBILDUNG



Aufgrund der Art der CPSs umfasst das Studium der CPS mehrere verschiedene Disziplinen, wie z.B. Software-Hardware-Engineering, Berechnungen, Steuerung, Kommunikation, Sensorik und Aktivierung. Die Ergebnisse zeigen, dass CPSs erfolgreich in Smart Grid und anderen "intelligenten" Anwendungen eingesetzt wurden.

### MOOCS

- [Cyber-Physical Systems: Modeling and Simulation - Coursera](#)
- [Homeland Security & Cybersecurity Connection - Coursera](#)
- [Embedded Hardware and Operating Systems - Coursera](#)
- [Web Connectivity and Security in Embedded Systems - Coursera](#)

### EXTERNE HANDBÜCHER FÜR WEITERE INFORMATIONEN

- [Guide to Cyber-Physical Systems Engineering](#)
- [Cyber-Physical System Security for the Electric Power Grid](#)



## BIBLIOGRAPHIE

- ❖ *Cyber-Physical Systems*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/cyber-physical-systems>
- ❖ *Cyber-physical-social system in intelligent transportation*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/7152667>
- ❖ Meenakshi Bhugubanda (2015). *Review on Applications of Cyber Physical Systems*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/275d/2d701b930a7f165082678b1feac284a5e7ba.pdf>
- ❖ Jian Qin, Ying Liu, Roger Grosvenor (2016). *A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- ❖ Alessandro Zanni (2015). *Cyber-physical systems and smart cities*. Retrieved from <https://developer.ibm.com/articles/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/>
- ❖ Christopher Kirsch - IDEAS 2020. Questions and Answers. Retrieved from <http://www.ideen2020.de/en/2993/whats-the-difference-between-cyber-physical-systems-and-the-internet-of-things/>
- ❖ Systems that integrate the cyber world with the physical world are often referred to as cyberphysical systems (2013). Retrieved from <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/el/Exec-Roundtable-SumReport-Final-1-30-13.pdf>
- ❖ Jeannette M. Wing (2016). *Cyber-physical systems you can bet your life on*. Retrieved from <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/cyber-physical-systems-you-can-bet-your-life-on/>



## SELBSTEVALUIERUNG



- ★ Habe ich nach dem Lesen dieses Textes eine klare Vorstellung davon, was ein Cyber-physikalischen-System ist?
- ★ Wie kann ich die Cyber-physikalische-System-Technologie in mein Unternehmen integrieren?



- ★ Kann ich vier Anwendungen von Cyber-physikalischen-Systemen nennen?
- ★ Kann ich das Internet der Dinge und Cyber-physikalische-Systeme unterscheiden?



## EINFÜHRUNG IN DIE INDUSTRIELLE REVOLUTION 4.0

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung der Inhalte dar, die nur die Ansichten der Autoren widerspiegelt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.