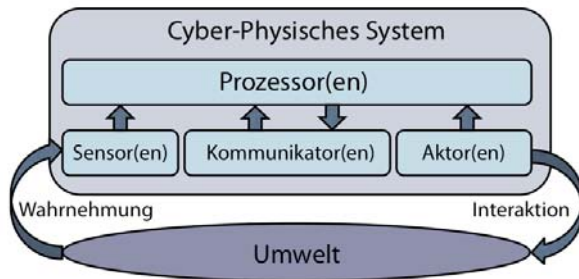


Cyber-physische Systeme (CPS)



Strukturelemente cyber-physischer Systeme

- Sensoren zur unmittelbaren Erfassung physikalischer Daten
- Sensoren bilden Grundlage für die Erfassung der Umgebungssituation und somit für Adaptivität von CPS-Komponenten
- CPS können Sensordaten lokal (vor-)verarbeiten und darauf basierend Entscheidungen treffen
- Aktoren dienen der Umsetzung der Aktionen durch Einwirkung auf die Umwelt
- Kommunikatoren ermöglichen die Übertragung von Informationen, Steuersignalen sowie Abstimmung

Cyber-physische Systeme verfügen über Komponenten, welche das Interagieren mit der Umwelt ermöglichen.

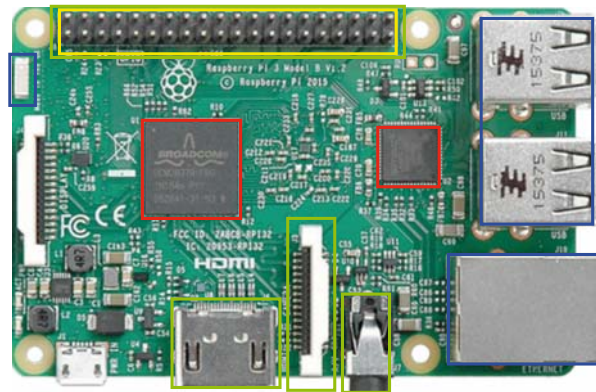
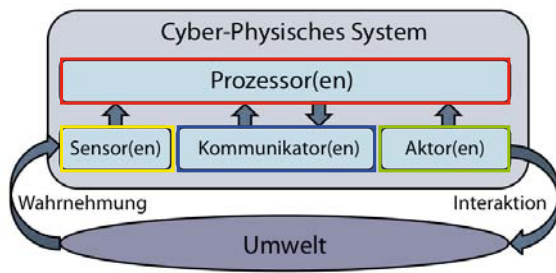
Quelle: Veigt et al. 2013, Vogel-Heuser et al. 2012, Naumann et al. 2012, Gronau et al. 2016b

Die Grafik stellt nach Gronau et al. 2016b die Komponenten eines cyber-physischen Systems (CPS) dar. Jedes cyber-physische System ist in seine Umwelt integriert. Sensoren ermöglichen die Wahrnehmung dieser Umgebung. Hierzu verfügen CPS zumeist über für den Anwendungsfall spezifische Sensoren. Aktoren, die sich ebenfalls stark an dem dafür vorgesehenen Anwendungsfall orientieren, hingegen ermöglichen die gezielte Einflussnahme auf die Umwelt. Die Prozessoren gestatten die lokale Verarbeitung von Information sowie das Treffen von Entscheidungen auf Basis der erhobenen Sensordaten. Hierzu können auch externe Informationen hinzugezogen werden. Mittels Kommunikatoren können CPS das Übertragen und Empfangen von Informationen sowie die Abstimmung mit anderen CPS realisieren.

Einplatinencomputer als Beispiel für CPS

Der Raspberry Pi als cyber-physisches System

- Der Raspberry Pi verfügt über die wesentlichen Elemente eines cyber-physischen Systems
- Universell einsetzbar



Quelle: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>; Veigt et al. 2013, Vogel-Heuser et al. 2012, Naumann et al. 2012, Gronau et al. 2016b

Moderne Einplatinencomputer stellen eine kostengünstige Grundlage für cyber-physische Systeme dar. Die obige Abbildung zeigt einen Raspberry Pi in der dritten Version. Dieser bietet die Möglichkeit, einfach und unkompliziert Experimente durchzuführen. Dies entspricht auch dem Motiv der Entwicklung des Raspberry Pi, genau diese Kompetenzen in Kombination mit grundlegenden Programmierkenntnissen gezielt zu fördern.

Der Raspberry Pi unterstützt dabei alle wesentlichen Komponenten eines CPS. Er verfügt über einen ARM-basierten Prozessor als auch eine GPU. Sensoren als auch Aktoren können an den Raspberry Pi mittels der „General Purpose Input Output“- (GPIO)- Schnittstellen angeschlossen werden. Weiterhin bieten die Audio- und Videoausgänge Formen von Aktoren. Die Kommunikatoren des Rasperrys sind beispielsweise die Bluetooth- und WLAN-Schnittstelle ebenso wie der LAN- und USB-Anschluss.

CPS-Komponenten als Grundlage für Industriesteuerung



Industrie 4.0-Box des Anwendungszentrums Industrie 4.0 Potsdam

- Grundlage ist Raspberry Pi als flexibles Rechensystem
- Selbstentwickelte IO-Platine zum bedarfsgerechten Anschluss diverser Aktorik und Sensorik (z. B. 24V-basierte Industriekomponenten)
- Laufzeitsystem mit zwei Ebenen: High Level Runtime (Implementierung von "Intelligenz" durch höhere Programmiersprachen) und Low Level Runtime (echtzeitkritische Steuerungsfunktionen)

Durch die Kombination mehrerer standardisierter und zugleich anwendungsbezogener Steuerungskomponenten kann kooperatives Verhalten auf der Ebene des Gesamtsystems erreicht werden.

Quelle: Anwendungszentrum Industrie 4.0

Die obige Abbildung stellt die vom an der Universität Potsdam ansässigen Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0 entwickelte Industrie 4.0-Box dar. Diese bietet die Möglichkeit, existierende Produktionsumgebungen durch die Ausstattung mit dieser Box in eine flexible Kommunikations- und Steuerungsumgebung zu integrieren. Die Box zeichnet sich dabei im Unterschied zu proprietären Kommunikations- und Steuerungsprotokollen durch ihre Universalität aus. Insbesondere bietet diese auch die Möglichkeit der Anbindung von Maschinen, deren Kommunikationsmechanismen eine Integration nicht unterstützen.

Smarte Produkte

„A Smart Product is an entity (tangible object, software, or service) designed and made for **self-organized embedding into different (smart) environments** in the course of its lifecycle, providing **improved simplicity and openness** through improved **p2u and p2p interaction** by means of context-awareness, semantic self-description, proactive behavior, multimodal natural interfaces, AI planning, and machine learning“
(Mühlhäuser 2007)

Einfachheit und Offenheit

- Einfachheit als wesentlicher Erfolgsfaktor und notwendige Voraussetzung für Akzeptanz
- Offenheit als Grundlage für Integration und Zusammenwirken der Produkte

Interaktion

- Zwischen Produkt und Nutzer
- Unter Produkten (bzw. anderen automatisierten Komponenten)

Wissen (drei Stufen)

- Wissen über sich selbst
- Wissen über die Umwelt
- Wissen über die Nutzer

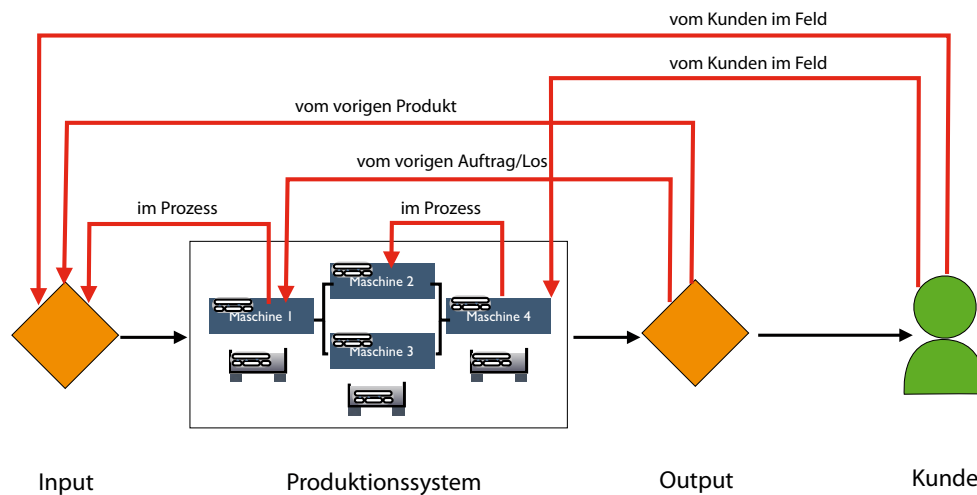
Smarte Produkte beinhalten in jedem Fall eine flexible Softwarekomponente, welche eine unerlässliche Grundlage für deren Funktionalität darstellt.

Quelle: Mühlhäuser 2007

Smarte Produkte enthalten neben physischen Produkten auch Softwareprogramme sowie Dienste.

Wesentliche Merkmale für den Erfolg sind nach Einschätzung die Einfachheit und Offenheit der Produkte. Einfachheit zeigt sich hier als wesentliches Merkmal für die Benutzung durch die Nutzer (P2U = Produkte zu Nutzer). Die Offenheit als zweites Merkmal bezeichnet die Fähigkeit des Zusammenwirkens von Produkten (P2P = Produkt zu Produkt). Die Integration ist für die Nutzung der nicht nur lokal verfügbaren Informationen wichtig und dient der kooperativen Zielerreichung.

Mögliche Rückkopplungen durch Smarte Produkte / CPS



Die Integration über die gesamte Wertschöpfungskette ermöglicht direkte, nicht hierarchische Rückkopplungen an verschiedenen Stellen im Prozess.

Quelle: Gronau 2015

Smarte Produkte bzw. cyber-physische Systeme ermöglichen Rückmeldungen, insofern diese durchgängig integriert sind. Eine wesentliche Besonderheit dabei ist die direkte Rückkopplung. Die Direktheit zeichnet sich durch die Meldung einer Stelle an die betreffende Stelle aus, welche nicht wie früher üblich über mehrere hierarchische Systemebenen läuft. Neben den ungefilterten Rückmeldungen bietet dies auch Zeitvorteile. Es muss dementsprechend nicht auf zyklische Reports als Informationsquelle zurückgegriffen werden. Rückmeldungen aus dem Feld in Produktentwicklung und Fertigung sind neu und erst durch IoT möglich.