



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung

Alexander M. Sowitzki

Cyber Physical Systems

Alexander M. Sowitzki
Cyber Physical Systems

Ausarbeitung eingereicht im Rahmen der Teilnahme am Grundseminar

im Studiengang Master of Science Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck

Eingereicht am: 31. August 2017

Thema der Arbeit

Cyber Physical Systems

Stichworte

CPS IoT Smart

Zusammenfassung

Die Integration von Geräten und Komponenten in virtuelle Umgebungen und das Internet ist ein aktuelles Thema, das viele Menschen beschäftigt. Dies findet unter dem Begriff *Cyber Physical Systems* oder auch *Internet of Things* statt. Dieses Dokument hat das Ziel, die Begrifflichkeiten abzugrenzen, einen Anwendungsbezug herzustellen sowie auf relevante Detailbereiche einzugehen und zu ermitteln, mit welchen gesellschaftlichen Auswirkungen gerechnet werden muss.

Title of the paper

Cyber Physical Systems

Keywords

CPS IoT Smart

Abstract

The integration of devices and components in virtual environments and the internet is a new topic that influences many people. This process is generally a part of *Cyber Physical Systems* and the *Internet of Things*. This document shall skirt the terminology, point out applications and go over relevant details. Lastly, the impact on the general society will be explored.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Gliederung	1
1.3	Begriffsklärung	1
2	Analyse	3
2.1	Anwendungen	3
2.2	Kernkonzepte	5
2.2.1	Integrationsumsetzung	5
2.2.2	Netzwerk	6
2.3	Zielgruppen	8
2.4	Gesellschaftliche Auswirkungen	9
2.5	Konferenzen und Literatur	10
3	Schluss	11
3.1	Fazit	11
3.2	Ausblick	11
	Glossar	12

1 Einleitung

1.1 Motivation

Ein spannender Bereich der Informatik ist das Integrieren von passiven, nicht an Computersysteme angebundene Geräte in ein verteiltes System. Cyber Physical System (CPS) gehört ähnlich wie Internet of Things (IoT) in diesen Bereich. Verteilte Systeme sind ein Themenschwerpunkt des Bachelorstudiengangs *Technische Informatik*, an welchem ich teilgenommen habe, woher auch mein persönliches Interesse stammt. In meiner Masterarbeit behandle ich die Erstellung eines Frameworks zur Entwicklung von CPS in einem verteilten Systemen.

1.2 Gliederung

In der Einleitung befasst sich dieses Dokument mit der Begriffsklärung und der Sammlung von zusätzlich benötigtem Wissen. Im Analyseteil erfolgt die Ausarbeitung des Konzeptes CPS mit der Erfassung von Anwendungsbeispielen, Umsetzungsmöglichkeiten und gesellschaftlichen Auswirkungen. Im Schluss wird ein Fazit gezogen und der Ausblick des Themas dargestellt.

1.3 Begriffsklärung

Der Begriff CPS kommt wie IoT aus dem Bereich der Automatisierung durch Elektronische Datenverarbeitung (EDV). Wie häufig in der Informatik wird der Begriff von mehreren Ansätzen geprägt.

In industrienahen Wirtschaftsbereichen wird CPS als Synonym für IoT verwendet. Während IoT im Kern aussagt, dass physische Geräte miteinander vernetzt werden, um Daten miteinander auszutauschen und Zwecks verschiedener Funktionen, wie bsw. der Fernkontrolle, an dass Internet angebunden zu werden, teilt CPS diese Grundlage, legt jedoch einen Schwerpunkt auf die Koordination zwischen Gerät und dem virtuellem Gegenstück. [1, S. 244][2, S. 6]

Der andere Teil der Bewegung geht davon aus, dass CPS aussagt, dass ein Gegenstand in der realen Welt mit einem virtuellen Gegenstück ausgestattet wird, mit welchem es wechselseitig interagiert. Als Beispiel kann eine Computermaus genannt werden: Sie hat mehrere Sensoren z.B. in Form von Buttons. Wird sie an einen Rechner angeschlossen, vermittelt der Onboardchip dem verbundenen Rechner nicht die einzelnen Sensoren, sondern eine Repräsentation einer Maus mit ihren Zuständen. Das IoT verbindet in dieser Begriffsdefinition mehrere CPS zu einem Netz und bietet deren Dienste für Benutzer im Netz an. [3, S. 2]

Diese Definitionen widersprechen sich nicht per se, sondern beschreiben unterschiedliche Blickrichtungen auf den Bereich. [3, S. 2]

2 Analyse

2.1 Anwendungen

CPS kommt in verschiedensten Bereichen zum Einsatz. Dieser Abschnitt soll eine grobe Übersicht bieten, wie weit sich die Anwendungsdomäne erstreckt.

Heimautomatisierung Ein auch außerhalb der wissenschaftlichen Umgebung bekannter Bereich ist das Smart Home. Hier spielt CPS eine grundlegende Rolle, da unterschiedlichste Geräte virtuell kontrolliert werden sollen. Dabei entstehenden sehr heterogene Datensätze (z.B. Temperatureinstellung für das Thermostat, Weckzeit des Benutzers, Farbe von RGB-LEDs) die aus der realen Welt gewonnen, geteilt, verarbeitet, und zurück übertragen werden. Unternehmen steuern hier CPS-fähige Geräte bei, die vom Hausbesitzer in die Umgebung integriert werden. Hersteller liefern dabei oft selbst entwickelte CPS Software mit, die über eine Cloudanbindung verfügt und nicht auf die Verknüpfung mit Geräten anderer Hersteller ausgelegt ist. Die Vernetzung beschränkt sich dabei größtenteils auf den Haushalt mit einigen Mobilgeräten wie Smart Phones, eine Vernetzung zwischen verschiedenen Haushalten ist unüblich. [4]

Dabei herrscht die Annahme, dass Hausbesitzer über wenig bis keine Fertigkeiten mit Computersystemen verfügen, weswegen die einzelnen Geräte auf Plug&Play mit grafischen Oberflächen ausgelegt sind [5]. Während diese Konstellation für den Endkunden üblich ist, existiert in dieser Domäne auch eine Makerszene, die den kompletten CPS Stack selbst oder mit Hilfe von Open Source entwickelt [6]. Hier ist die Bezeichnung des Bereichs als IoT üblich.

Smart Factory Der Begriff Smart Factory wird hauptsächlich im deutschsprachigem Raum eingesetzt und beschreibt die aktuelle Entwicklung, dass Fabriksysteme, die noch in unabhängigen Blöcken mit menschlicher Intervention arbeiten, zu einer gesamtheitlichen Einheit verschmelzen. Alle Maschinen werden mittels CPS mit dem Ziel zusammen geschlossen, sich zwecks Effizienzsteigerung selbstständig zu koordinieren und zu organisieren. Datenauswertungen können dabei im Schwarm verteilt durchgeführt werden oder an eine Complex Event

Processing Engine (CEP Engine) ausgelagert werden, welche eine zentralisierte Konfiguration zulässt. [4]

Teil der Modernisierung ist, dass ein Werkstück Informationen über seinen Zustand und einen Bauplan mit sich führt. Dadurch kann in jedem Produktionsschritt ausgelesen werden (z.B. mittels Radio Frequency Identification (RFID)), welche Aktionen zu erledigen sind und an welcher Stelle im Fertigungssystem diese erfolgen sollen. Dadurch können unterschiedliche Produkte ohne Umstellung der Produktionsstrecken von potentiell unterschiedlichen Auftraggebern simultan gefertigt werden. Durch diese Flexibilität können selbst kleinste Stückzahlen effizient gefertigt werden. [1, 56 ff.]

Gesundheitswesen Das Gesundheitswesen profitiert bereits an einigen Stellen von CPS. So werden in Krankenhäusern medizinische Geräte eingesetzt, die im lokalen Netzwerk Messdaten bekannt machen. Somit kann Pflegepersonal auch vom Stationsstützpunkt aus die Vitalfunktionen der Patienten überwachen, wenn entsprechende Technik eingesetzt wird. In einigen Krankenhäusern wird im Testbetrieb überprüft, inwieweit die Umsetzung von CPS dabei helfen kann, Medikamente in Krankenhäusern in die einzelnen Stationen zu verteilen sowie Inventar und Personal zu orten. [4]

In der Pflege kann eingeschränkten Menschen in Pflegeheimen mehr Autonomie gegeben werden, indem automatische Überwachung von bsw. Apartments erfolgt und Systeme automatisch Notfälle erkennen [4]. Implantate wie Herzschrittmacher oder Vitalsensorik können sich lokal vernetzen und Notfälle direkt an Leitstellen übermitteln, welche dadurch auch direkt auf mit der Person verbundene Informationen Einsicht nehmen können. [1]

Smart Mobility Automatisiertes Fahren kann nur sicher und effizient erfolgen, wenn Fahrzeuge nicht vollautonom eigene Entscheidungen treffen, sondern sich mit anderen Verkehrsteilnehmern oder einer Leitstelle koordinieren. So können Verkehrsstockungen vermieden werden, indem Fahrzeuge bei überfüllten Straßen auf weniger befahrene umgeleitet werden und Einsatzfahrzeuge auf der Autobahn priorisiert vorwärts kommen, ohne dass eine Fahrbahn permanent für diesen Fall oder liegen gebliebene Fahrzeuge freigehalten werden muss. [1, 32 ff.]

Indem andere Verkehrsmittel mit einbezogen werden, können einzelne Personen individuell durch ein überfülltes Verkehrsnetzwerk geleitet werden. Sollten Fahrzeugabteilungen einer verkehrsteilnehmenden U-Bahn feststellen, dass ihre Personenkapazität erreicht ist und Complex Event Processing (CEP) Systeme prognostizieren, dass diese Situation anhält, so könnte

Pendlern empfohlen werden, andere Verkehrsmittel wie PKW zu nutzen. Eine Koordination zum Zusammenschluss von Fahrtgemeinschaften könnte ebenfalls erfolgen. [1, 32 ff.]

2.2 Kernkonzepte

CPS als Konzept lässt offen, inwieweit neue Technologien dieses umsetzen können. Hier soll ein grober Überblick gegeben werden, welche Details u.A. beachtet werden müssen.

2.2.1 Integrationsumsetzung

Der Kernaspekt von CPS, die Integration von Hardware mit EDV, lässt sich auf verschiedene Weisen bewerkstelligen. Jedes einzelne Gerät in einer Baugruppe an ein Computersystem anzubinden wäre aufwendig, wartungsanfällig und unübersichtlich.

Gateway Eine EDV Komponente wird verwendet, um mehrere Geräte im realen Raum im Netzwerk verfügbar zu machen. Dies ist vorteilhaft, wenn es sich um Kleinstgeräte, wie einzelne Sensoren und Schaltkreise handelt, die für ihre Funktion keinen Prozessor benötigen. Eine Bündelung spart Ressourcen und erhöht die Wartbarkeit. Zudem kann die EDV Komponente die Geräte virtuell treffen, sodass sie dem CPS Netzwerk als eigenständige Geräte erscheinen. In vielen Umfeldern ist eine andere Lösung nicht möglich, da z.B. in Embeddedsystemen viele Einzelmodule auf kleinstem Raum zusammen kommen und eine einzelne Anbindung nicht praktikabel ist.

Nachteil dieser Lösung ist, dass das entsprechende Gateway über ausreichende Hardwarekapazitäten verfügt, welche vorher zu ermitteln sind und ein Ausfall der EDV Komponente Zugriff auf versorgte Geräte verhindert.

Bridge Trotzdem lohnt es sich unter Umständen, ein einzelnes Gerät anzubinden, wenn es sich oder alleinstehend oder mobil ist oder besonders hohe Kapazitätsanforderungen stellt (Hoher Netzwerkdurchsatz, Datennachbearbeitung durch das EDV System o.Ä.).

Union Ein Gerät im realen Raum kann an ein EDV System angebunden werden, um z.B. einfachere Programmiermöglichkeiten oder eine erweiterte Benutzerschnittstelle zu bieten, ohne direkt anderen Mitgliedern des CPS Netzwerks bekannt gemacht zu werden. Dies kann für isolierte und bewegliche, oder fürs Netzwerk nicht relevante Systeme von nutzen sein um

CPS Aspekte lokal zu verwenden. So kann ein Rechner per Universal Serial Bus (USB) an einen Drucker angebunden werden. Der Drucker stellt in diesem Fall ein CPS dar - die eigentliche Mechanik, Toner, Motorik etc. werden von einem lokalen Chip kontrolliert und virtuell als Drucker dargestellt. Der Computer nutzt diese virtuelle Identität, um Dokumente zu drucken.

2.2.2 Netzwerk

Bei der Zusammenführung von CPS in ein Netzwerk sind viele Punkte relevant. Dies sind unter anderem die Anordnung der Netzwerkteilnehmer untereinander und die Art, wie diese miteinander kommunizieren.

Anordnung

Geschaffene CPS können auf verschiedene Weise ein Netzwerk formen, wobei es zwei Grundkonzepte gibt: Als Multiagentensystem oder als Föderation.

Multiagentensystem Jedes CPS nimmt die Rolle eines Agenten ein, übernimmt also eine spezielle Aufgabe, sei sie aktiv oder passiv, und kooperiert mit anderen Agenten, um ein übergeordnetes Ziel zu erreichen. Agenten innerhalb des Netzwerks vertrauen sich dabei meist stark und haben Abhängigkeiten, die zur Zielerfüllung einzuhalten sind. Dieser Ansatz eignet sich, wenn alle CPS sich innerhalb einer Trust boundary befinden, also alle dasselbe Vertrauen besitzen. Sind mehrere Dienstleister involviert, muss allen gleichermaßen vollständig vertraut werden. [7, S. 10][8]

Autonome Systeme / Föderation Während sich ein Multiagentensystem für geschlossene Systeme eignen, arbeiten in der Praxis mehrere Partner auf der Aufstellung eines Systems zur Erfüllung des Ziels. Der Ansatz des vollständigen Vertrauens ist hier kurzsichtig, das Versagen eines einzelnen Mitarbeiters kann so ein vollständiges System außer Betrieb setzen und zu katastrophalen Datenschutzverstößen führen. Um ein qualitativ hochwertiges System zu erschaffen sollten Trust boundaries zwischen den einzelnen Parteien errichtet werden. Jede Partei betreibt dabei ein autonomes System von Agenten, in welchem sich Systeme gegenseitig vertrauen und im gewissen Umfang auch ohne andere Partner funktionsfähig sind. Diese autonomen Systeme schließen sich in ein Föderationsnetzwerk zusammen um das eigentliche Ziel zu verfolgen. Müssen Agenten über eine Trust boundary hinweg kommunizieren, so muss

die Kommunikation besonders gehandhabt werden, um die Sicherheit des autonomen Systems zu gewährleisten. [8]

Dieser Ansatz führt zwar zusätzliche Komplexität ein, ist jedoch unerlässlich um ein modernes und zuverlässiges System zu erschaffen. [9]

Kommunikationsweise

Auch bei der Weise, wie Agenten miteinander kommunizieren, ergeben sich zwei Ansätze. So können diese direkt (one-to-one oder one-to-many) miteinander kommunizieren oder über eine zentrale Instanz Nachrichten miteinander austauschen.

Dezentral Wenn eine Architektur zum Auflösen von Dienst- und Hostlokalitäten vorhanden ist, ein Agent also den für eine Funktion verantwortlichen Agenten und dessen Netzwerkadresse ermitteln kann, so kann die Kommunikation direkt zwischen den Knoten erfolgen.

Dies kann mit mehreren Technologien umgesetzt werden. So kann REST verwendet werden, ein auf Hypertext Transfer Protocol (HTTP) aufsetzendes Protokoll zur zustandslosen Kommunikation zwischen Knoten, um einzelne Agenten miteinander kommunizieren zu lassen. Ist zustandgebundene Kommunikation erforderlich, kann diese über direkte gllsdp Verbindungen erfolgen. Ist eine one-to-many Kommunikation oder Publish Subscribe gewünscht so kann die Kommunikation über User Datagram Protocol (UDP) Multicastgruppen abgewickelt werden. Dadurch kann das Verteilen von Nachrichten effizient von der Netzwerkinfrastruktur erfolgen.

Bei allen Varianten besteht das Problem, dass die Endpunkte der Kommunikation überprüfen müssen, ob die Gegenstelle für Aktionen autorisiert ist und die Nutzlast der Nachrichten gültig ist. Dies stellt einen erheblichen Wartungsaufwand dar und ist aufgrund von Hardwarerestriktionen teilweise überhaupt nicht möglich.

Zentralisiert Eine andere Lösung besteht darin, Agenten in einem System über einen Message Broker miteinander kommunizieren zu lassen. Der Broker ist hier ein Programm oder ein Cluster von Programmen, welches sich um die Verteilung von Nachrichten zwischen den Agenten kümmert. Verschiedene Varianten ermöglichen es, eingehende Informationen unabhängig von der Quelle, also standortunabhängig anzuordnen und mittels Publish Subscribe an Interessierte zu verteilen. Es kann zudem feingranular vom Message Broker entschieden werden, welche Agenten Zugriff auf welche Informationen haben. Die Kommunikation über Trust boundaries hinweg erfolgt dabei über Brücken, die zwischen mehreren Message Broker geschlagen werden. Diese

überprüfen hierbei, welche autonomen Systeme Zugriff auf welche Daten haben. Zusätzliche Programme können zudem überprüfen, ob der Inhalt der Nachrichten gültig ist.

2.3 Zielgruppen

Das Konzept CPS hat verschiedene Zielgruppen, die sich in ihren Fähigkeiten und Schwächen unterscheiden.

Maker Die Gruppe der Maker hat ein stark heterogenes Budget und ist zahlenmäßig unterrepräsentiert, weswegen sie keine direkte Zielgruppe für Hersteller von CPS ist. Dennoch leistet sie einen wichtigen Beitrag zur Erschließung von CPS, da diese Gruppe auf Basis von grundlegenden Komponenten neue Konzepte entwickelt, die von der Wirtschaft wieder aufgenommen werden können. Maker können sowohl fachfremd als auch auf CPS spezialisiert sein, wobei generell davon ausgegangen wird, dass diese Gruppe dazu geneigt ist, sich Wissen anzueignen um Zeit zu investieren und das System individualisiert in Betrieb nehmen zu können.

Es zeigt sich dabei ein ähnliches Verhalten wie beim Amateurfunk. Auch wenn sich durch diese Gruppe vergleichsweise weniger Umsatz erzielen lässt, können relativ einfache Produkte für sie attraktiv gemacht werden, indem Modifizierbarkeit ermöglicht wird, wie z.B. durch erreichbare Programmierheader oder durch das Verzichten auf permanentes Kleben.

Industrie Wirtschaftsbereiche, die bsw. Smart Factories einsetzen, haben selbstredend Bedarf an CPS. Die Industrie verfügt über einen großen Finanzierungsspielraum und Innovationsdrang durch Konkurrenz. Von hier besteht also ein großer Einfluss auf die Weiterentwicklung des Bereichs. Jegliche Neuerungen sind jedoch auf Vermarktungsfähigkeit beschränkt. Schlecht verkäufliche Änderungen setzen sich nicht durch, auch wenn sie nichtmonetäre Vorteile bieten.

Für Startups ist dieser Bereich jedoch schwer erschließbar, da Produkte Zertifizierungen aufweisen müssen, die aufwendig und kostspielig zu erreichen sind.

Wissenschaft Die globale Wissenschaftsgemeinschaft forscht in verschiedenen Projekten an der Weiterentwicklung des Bereichs. Spezialisierte Entwickler können sich hier auf das Forschen an neuen Ansätzen konzentrieren. Nachteil ist, dass Resultate nicht immer praxistauglich sind.

Endanwender Kunden, die über keine Fachkenntnis verfügen und ein CPS, z.B. in Form eines Smart Homes, einrichten möchten, erwarten von gekaufter Technologie, dass sie mit minimalen Aufwand einzurichten und zu betreiben ist, was eine besondere Herausforderung darstellt. Diese Gruppe wirkt sich auf Weiterentwicklung hauptsächlich durch das Kaufverhalten aus.

2.4 Gesellschaftliche Auswirkungen

Indirekt Beteiligte CPS erfordert oft die Beteiligung von Menschen, die einer solchen nicht direkt widersprechen können, wodurch in absehbarer Zeit das Datenschutzniveau fallen könnte. Dies ist z.B. beim autonomen Fahren der Fall, da für die volle Funktionsfähigkeit alle Verkehrsteilnehmer in einem Abschnitt erfasst werden müssen. [10]

Arbeitsplätze Während CPS, wie viele neue Technologien, das Potential hat, neue Arbeitsplätze zu schaffen, werden vermutlich einige Berufsgruppen unter der Einführung zu leiden haben. So wird es einen geringeren Bedarf an Fabrikarbeiten geben und möglicherweise der zurzeit hohe Bedarf an Pflegekräften leicht zurückgehen. Im Gegenzug entstehen jedoch mehr Möglichkeiten für Berufsgruppen, die mit der Entwicklung, Bereitstellung und Wartung von CPS zu tun haben. [11]

Lebensqualität CPS bietet die Möglichkeit, die Lebensqualität in verschiedenen Bereichen, z.B. der Pflege, nachhaltig zu steigern. Während diese Systeme zum Teil direkte menschliche Interaktion ersetzen, übernehmen sie auch Aufgaben, zu denen Menschen nicht in der Lage sind. Dies schließt die Überwachung von einer Unzahl verschiedener Messpunkte ein und die gleichzeitige Steuerung von weit verteilten Komponenten. [10]

Komplexität Entwicklung, Bereitstellung und Wartung von CPS schließt ein, eine Vielzahl von Geräten in einem verteilten System zu pflegen. Dies bringt eine Komplexität mit sich, die geschultes Personal und eine effektive Strategie gegen Angriffe erfordert. [11]

2.5 Konferenzen und Literatur

Für CPS gibt es zahlreiche Literatur und Konferenzen, auf die sich bezogen werden kann. Im deutschsprachigen Raum gibt es die Ausarbeitung *acatech STUDIE*, welche einen umfassenden Überblick über die Situation in Deutschland sowie eine Stellungnahme des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) bietet[1][3].

Die *ICCPs: ACM/IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Cyber-Physical Systems Week* und die *International Workshop on Cyber-Physical Systems* stellen einige der vielen Konferenzen und Workshops dar, die sich mit dem Thema und dem Umfeld beschäftigen [12][13][14].

3 Schluss

3.1 Fazit

Während der Recherche wurde deutlich, dass CPS ein Bereich ist, der stark von Werbetreibenden geprägt ist. Viele Konzepte, wie Smart Factory, haben nur geringen Begriffskonsens und werden von verschiedenen Akteuren für völlig unterschiedliche Bereiche verwendet. Es bleibt zu hoffen, dass mit der fortschreitenden Umsetzung der Konzepte eine klare Definition entsteht und sich keine unscharfen Sammelbegriffe bilden.

3.2 Ausblick

Das Thema bietet Potential, die Arbeitsweise von Informatikern nachhaltig zu beeinflussen. Die großflächige Umsetzung von CPS könnte dafür sorgen, dass Menschenleben verbessert, Unfälle verhindert werden, und die moderne Industrie ressourcensparender und umweltfreundlicher agieren kann. Eine Herausforderung ist dabei, CPS mit höherer Skalierung umzusetzen. Dies erfordert kompetente Planung und Umsetzung von allen Beteiligten, vor allem Industrie und Staat.

Leider zeigen aktuelle Projekte, dass nationale EDV-Projekte, wie Bandbreitenausbau und die Elektronische Gesundheitskarte (Beginn in 2003, noch immer geringer Nutzen), sehr langsam voran gehen und Potential zum scheitern aufweisen.

Glossar

Agent “Ein Agent ist ein Computersystem, das sich in einer bestimmten Umgebung befindet und welches fähig ist, eigenständige Aktionen in dieser Umgebung durchzuführen, um seine (vorgegebenen) Ziele zu erreichen.”[15]. 6, 7, 13

CEP *Complex Event Processing*, Behandelt die Analyse, Erkennung, Gruppierung und Verarbeitung von zusammenhängenden Ereignissen. 4, 12

CEP Engine Ein Programm welches sich um die Durchführung von CEP kümmert. 3

Cluster Siehe Clustering. 7

Clustering Eine Technik, die mehrere separate Instanzen einer Ressource nutzt, um Leistungssteigerung und Ausfallsicherheit zu erreichen. 12

CPS *Cyber Physical System*, die Kombination von Geräten mit EDV Komponenten und der Zusammenführung dieser in ein Netzwerk. 1–6, 8–11, 13

EDV *Elektronische Datenverarbeitung*, das Bearbeiten und Erfassen von Daten durch computergestützte Systeme. 1, 5, 12

HTTP *Hypertext Transfer Protocol*, Zustandsloses Protokoll zur Übertragung von annotierten Daten. Kernbestandteil des heutigen Internets. 7

IoT *Internet of Things*, die Vernetzung von Geräten zum Datenaustausch. 1–3

Maker Eine Personen, die Heimwerken betreibt, speziell technischer Art. 8

Message Broker Ein Programm dessen Aufgabe es ist, Nachrichten zwischen verschiedenen Programmen über unterschiedliche Protokolle auszutauschen. Eine Unterart der Middleware. 7

Middleware Ein universelles Verbindungsprogramm zwischen verschiedenen Anwendungen.
12

Multiagentensystem Eine Umgebung, welche aus mehreren Agenten besteht, die kooperativ ein gemeinsames Problem zu lösen versuchen. 6

Publish Subscribe Ein Softwarepattern für den Nachrichtenaustausch zwischen mehreren Teilnehmern. Nachrichten werden von Quellen nicht direkt an Senken gesendet, sondern in bestimmten Kanälen eines Dienstes veröffentlicht. Teilnehmer, die entsprechende Nachrichten erhalten sollen, abonnieren entsprechende Kanäle. 7

RFID *Radio Frequency Identification*, Technologie zum Austausch von Daten über Funk. 4

Smart Environment Eine Umgebung mit vernetzten automatisierbaren Geräten und Computern. 13

Smart Factory Ein Fabrikssystem, welches mit CPS automatisiert wurde. 3, 8, 11

Smart Home Ein Haushalt mit Smart Environment Fähigkeiten. 3, 9

Trust boundary Ein Abschnitt in welchem Computersysteme ein bestimmtes Vertrauen zueinander aufweisen. 6, 7

UDP *User Datagram Protocol*, ein unzuverlässiges Transportprotokoll zum Übermitteln von Daten in einem Netzwerk. 7

USB *Universal Serial Bus*, ein Bussystem zur Verbindung eines Computers mit Peripherie. 6

VDI *Verein Deutscher Ingenieure*, ein deutscher Verein, der sich Wissenschaft und Technik widmet. 10

Literatur

- [1] Eva Geisberger und Manfred Broy. *acatech STUDIE*. 2012.
- [2] Edward A. Lee. “Cyber-Physical Systems - Are Computing Foundations Adequate?” Englisch. In: *NSF Workshop On Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap* (2006).
- [3] *Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation*. URL: https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf (besucht am 17.08.2017).
- [4] Alexander Sowitzki. “Integration von Complex Event Processing in ein Multiagentensystem für Smart Environments”. 30. Jan. 2017. URL: <https://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/bachelor/sowitzki.pdf> (besucht am 17.08.2017).
- [5] URL: <https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article165302596/So-wird-Ihr-Heim-einfach-und-guenstig-zum-Smart-Home.html> (besucht am 17.08.2017).
- [6] URL: <http://www.businessinsider.de/ifttt-smart-home-platform-individual-developers-2017-5?r=US&IR=T> (besucht am 17.08.2017).
- [7] Tobias Eichler. “Agentenbasierte Middleware zur Entwicklerunterstützung in einem Smart-Home-Labor”. 2. Okt. 2014. URL: <https://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/eichler.pdf> (besucht am 22.05.2016).
- [8] Adam Shostack. *Threat Modeling: Designing for Security*. Englisch. 2014.
- [9] Englisch. URL: <https://www.rabbitmq.com/federated-exchanges.html> (besucht am 17.08.2017).
- [10] URL: <https://www.bpb.de/apuz/225692/die-digitalisierung-der-dienstleistungsarbeit?p=all> (besucht am 23.08.2017).

- [11] URL:<http://www.eurozine.com/die-avantgarde-des-digitalen-kapitalismus> (besucht am 23. 08. 2017).
- [12] *ICCPS: ACM/IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems*. Englisch. URL:<http://iccps.acm.org> (besucht am 17. 08. 2017).
- [13] *Cyber-Physical Systems Week*. Englisch. URL: www.cpsweek.org (besucht am 17. 08. 2017).
- [14] *International Workshop on Cyber-Physical Systems*. Englisch. URL:<https://fedcsis.org/iwcps> (besucht am 17. 08. 2017).
- [15] *VDE/VDI 2653. Agentensysteme in der Automatisierungstechnik*. Juni 2010.