

März 2017

Verbundprojekt im Rahmenkonzept

„Forschung für die Produktion von morgen“

des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Cyber System Connector – CSC

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt Cyber System Connector (CSC) wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Wir danken den beteiligten Projektpartnern KHS GmbH, cognitas Gesellschaft für Technik-Dokumentation mbH, PDTec AG, Carl Cloos Schweißtechnik GmbH, IIBG Automation GmbH, Institut für Produktionssysteme (TU Dortmund) und Lehrstuhl für Produktionssysteme (Ruhr Universität Bochum).

Förderkennzeichen:

02 PJ 2650	KHS GmbH
02 PJ 2651	cognitas Gesellschaft für Technik-Dokumentation mbH
02 PJ 2652	PDTec AG
02 PJ 2653	Carl Cloos Schweißtechnik GmbH
02 PJ 2654	IIBG Automation GmbH
02 PJ 2655	Institut für Produktionssysteme (IPS), TU Dortmund
02 PJ 2656	Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS), Ruhr-Universität Bochum

Laufzeit:

01.11.2013 bis 31.10.2016





# Technische Dokumentation

## intelligent erstellen und nutzen

Abschlussbericht zum Industrie 4.0 Projekt  
Cyber System Connector

**Stefan Magerstedt**

**Prof. Bernd Kuhlenkötter**

**Prof. Jochen Deuse**

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

BETREUT VOM



**PTKA**  
**Projektträger Karlsruhe**  
Karlsruher Institut für Technologie

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Herausgeber:

Dipl.-Inf. Stefan Magerstedt, KHS GmbH Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter, Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS),  
Ruhr Universität Bochum

Prof. Dr.-Ing. Jochen Deuse, Institut für Produktionssysteme (IPS), TU Dortmund

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5220-6

ISSN 0945-0874

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Vorwort

Deutschland ist ein Hochlohnland. Ein reiner Preiswettbewerb verspricht keinen Erfolg. Daher werben die produzierenden Unternehmen unseres Landes mit hoher Qualität und durchdachten Produkten weltweit um Kunden. Doch im globalen Wettbewerb holen andere Anbieter auf dem Weltmarkt auf. Sowohl Konsumprodukte als auch Investitionsgüter werden immer stärker differenziert und unterliegen unvorhersehbaren Bedarfsschwankungen, so dass mittlerweile auch Entwicklungs-, Produktions- und Logistikprozesse umfassend dynamisch reagieren müssen. Doch dem setzen die bisherigen Verfahren in der Produktion Grenzen.

In den letzten Jahren wurden Cyber-Physische Systeme (CPS) entwickelt, die über intelligente Sensoren mit ihrer Umwelt kommunizieren und über Aktoren verfügen. Wie können CPS in Produkte, Maschinen und Anlagen integriert werden? Können CPS durch Selbstoptimierung und Rekonfiguration Produktionssysteme an sich ändernde Aufträge und Betriebsbedingungen anpassen?

Das Verbundforschungsprojekt Cyber System Connector (CSC) fokussierte die Digitalisierung und Automatisierung für die Erstellung und Nutzung technischer Anlagendokumentation. Hierdurch wurden insbesondere die Handlungsbedarfe „Produktion intelligent vernetzen“ und „Intelligente Maschinen und Anlagen entwickeln“ des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ adressiert.

Das Projekt wertete die technische Dokumentation von einem „notwendigen Übel“ zu einer effizienten Wissensmanagementplattform für alle Nutzer und Anwender auf. Zudem ist der CPS-gestützte Dokumentationsprozess ein sehr gutes Beispiel für den Nutzen von Industrie 4.0 für produzierende Unternehmen jeder Größe. Diese Potenziale konnten anhand der entwicklungsbegleitenden Validierung und Darstellung der Ideen und Ergebnisse in Form von anschaulichen Anwendungsfällen einem breiten Publikum zugänglich gemacht werden.

Durch das große Engagement von Industrie- und Forschungspartnern mit unterschiedlichsten Fachkompetenzen konnten richtungweisende Entwicklungsergebnisse für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau erzielt und validiert werden. Ich bedanke mich ausdrücklich für die kollegiale und freundschaftliche Zusammenarbeit innerhalb des Projektes und freue mich auf zukünftige Initiativen, die daraus hervorgehen.



Claudius Noll

Projekträger Karlsruhe  
Produktion, Dienstleistung und Arbeit (PTKA-PDA)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Motivation.....	1
1.2	Zielstellung.....	2
1.2.1	Unterstützung der initialen Dokumentationserstellung.....	3
1.2.2	Stets aktuelle technische Dokumentation.....	3
1.2.3	Anwendungsorientierte Bereitstellung der Dokumentationsinhalte.....	4
1.3	Gliederung.....	5
2	Technische Dokumentation im Maschinen- und Anlagenbau.....	7
2.1	Gesetzliche Grundlagen.....	7
2.2	Übergabe der technischen Dokumentation.....	10
3	Prozessanalyse und Design.....	13
3.1	Ist-Analyse dokumentationsrelevanter Prozesse.....	13
3.1.1	Instandhaltungsprozesse.....	13
3.1.2	Dokumentationserstellung heute: Redaktionssysteme.....	16
3.1.3	Bereitstellung und Nutzung der Dokumentationsinhalte.....	17
3.2	Definition der dokumentationsrelevanten Soll-Prozesse.....	18
3.2.1	CSC-Instandhaltungsprozess.....	18
3.2.2	CSC-Dokumentationserstellung.....	19
3.2.3	Dokumentation als Assistenzsystem.....	19
3.2.4	Dokumentationsbereitstellung durch AR und VR.....	21
4	Konzept des virtuellen Abbilds.....	23
4.1	Verbindung von Engineering Dokumentationsdaten.....	24
4.2	Technologisches Konzept des virtuellen Abbilds.....	25
4.2.1	Statische Informationen.....	26
4.2.2	Strukturinformationen.....	27
4.2.3	Dynamische Informationen.....	27
4.2.4	Kontextsensitive Informationen.....	28

5	Architektur des Cyber System Connectors .....	31
5.1	Softwarearchitektur der CSC-Engine .....	31
5.1.1	Die logische Ebene .....	32
5.1.2	Die ereignisbasierte Kommunikation.....	34
5.1.3	Design-Strategie des virtuellen Abbilds .....	36
5.2	Dynamisches Master-Slave Konzept .....	39
5.2.1	Das Eventmodell .....	41
5.2.2	Sequenzdiagramm .....	45
5.2.3	Zustandsmodell .....	48
5.3	Verwaltung und Erzeugung von Dokumentation .....	51
5.3.1	Das CSC Dokumentationsszenario.....	52
5.3.2	Der CSC-Datencontainer .....	53
5.3.3	Das Erfassungsdokument zur modularen Dokumentation .....	63
5.3.4	Die CSC-Base .....	67
6	Integration der Kerntechnologie in Erweiterungsmodule.....	69
6.1	CSC-Monitoring.....	70
6.1.1	Informationssystemebene .....	70
6.1.2	Benutzerinteraktionsebene.....	72
6.2	ice.Net basiertes CSC Frontend.....	75
6.2.1	Objektorientierte Datenbereitstellung.....	77
6.2.2	Datenmodellerstellung.....	77
6.2.3	AutomationML zu UML Mapping.....	79
6.2.4	Erfassungsdokument.....	82
6.2.5	Konzept zur grafischen Benutzeroberfläche .....	85
6.3	Umsetzung in der Webapplikation.....	86
6.3.1	Import über die GUI.....	87
6.3.2	REST HTTP Handler.....	88
6.3.3	Benutzeroberfläche .....	89
6.3.4	Export in XML.....	91

7	CSC in der Anwendung .....	93
7.1	Cloos – Wechsel der Schweißtechnik .....	93
7.1.1	Problemlage .....	94
7.1.2	Integration des CSC in eine Schweißroboterzelle .....	95
7.1.3	CSC zur Lösung der Problemlage .....	99
7.1.4	Prozessablauf für den Wechsel der Schweißtechnik .....	100
7.2	IBG – Toolwechsel .....	102
7.2.1	Ausgangslage .....	103
7.2.2	Integration des CSC für den Toolwechsel .....	104
7.2.3	CSC zur Lösung der Problemlage .....	105
7.2.4	Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen .....	107
7.3	KHS – Messedemonstratoren .....	108
7.3.1	CSC für Direct Print Powered by KHS™ Rundläufer .....	108
7.3.2	CSC für Rainbow-Palletizing .....	111
7.4	Cognitas – CARL .....	115
7.4.1	Aufbau von CARL .....	117
7.4.2	Die Dokumentations-App .....	120
7.4.3	Weitere Entwicklungsziele .....	123
7.5	IPS – Demonstrator .....	124
7.5.1	Hintergrund .....	125
7.5.2	Zielsetzung und Vorgehensweise .....	125
7.5.3	Implementierung des Montagesystems .....	126
7.5.4	Integration des Cyber System Connectors .....	129
7.5.5	Qualifizierungskonzept .....	133
7.5.6	Ausblick für die Industrie 4.0 Trainingsumgebung .....	135
7.6	LPS – Smart Watch- und AR-Applikation für die Inbetriebnahme .....	136
7.6.1	Ausgangslage und Hintergrund .....	136
7.6.2	Integration des CSC in eine Roboterzelle .....	137
7.6.3	CSC für die Mitarbeiterassistentz .....	138

7.6.4	Ausblick auf das Engineering Smarter PSS.....	142
8	Zusammenfassung und Ausblick .....	145
9	Autorenverzeichnis .....	149
10	Literaturangaben .....	153