

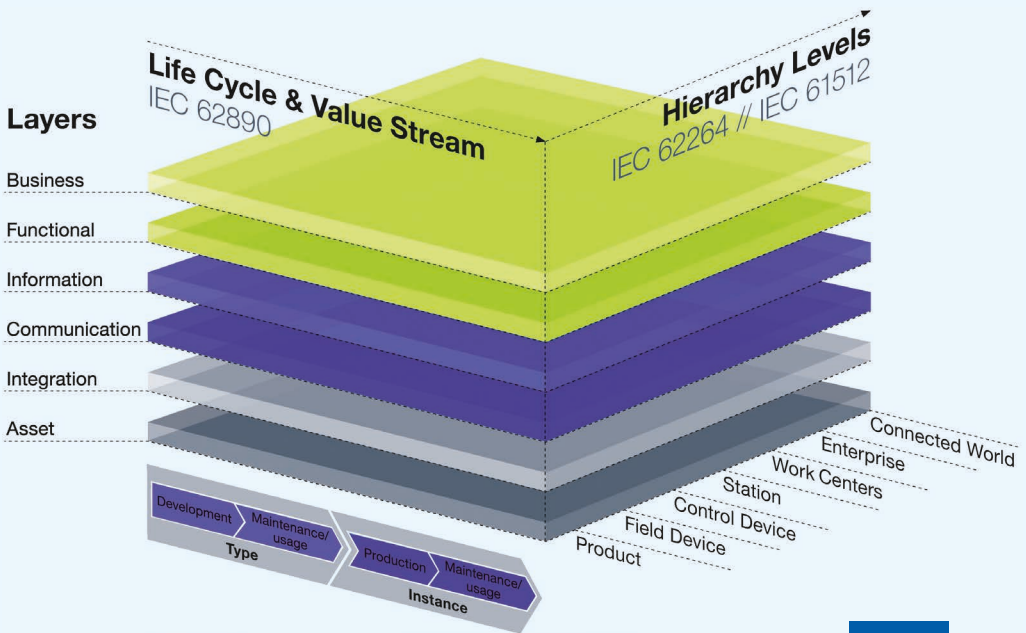
Roland Heidel | Michael Hoffmeister |  
Martin Hankel | Udo Döbrich

DIN

# Industrie4.0

## Basiswissen RAMI4.0

Referenzarchitekturmodell  
mit Industrie4.0-Komponente



Beuth

VDE

VERLAG

**Industrie4.0**  
**Basiswissen RAMI4.0**

**(Leerseite)**



R. Heidel, M. Hoffmeister,  
M. Hankel, U. Döbrich

# **Industrie4.0**

## **Basiswissen RAMI4.0**

Referenzarchitekturmodell mit  
Industrie4.0-Komponente

1. Auflage 2017

Herausgeber:  
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

VDE Verlag GmbH

Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

© 2017 Beuth Verlag GmbH

**Berlin · Wien · Zürich**

Am DIN-Platz

Burggrafenstraße 6

10787 Berlin

© VDE Verlag GmbH

**Berlin · Offenbach**

Bismarkstraße 33

10625 Berlin

oder Postfach 12 01 43, 10591 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

E-Mail: [kundenservice@beuth.de](mailto:kundenservice@beuth.de)

Telefon: +49 30 348001-1000 (Zentrale)

Telefax: +49 30 348001-9088

Internet: [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

E-Mail: [kundenservice@vde-verlag.de](mailto:kundenservice@vde-verlag.de)

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

© für DIN-Normen    DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.

Titelbild: © ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.

Plattform Industrie4.0 / Hrsg. Bitkom, VDMA, ZVEI: Umsetzungsstrategie Industrie4.0 – Ergebnisbericht, Berlin, April 2015

Referenzarchitekturmodell / Reference Architecture Model Industrie4.0 (RAMI4.0)

Satz:    B & B Fachübersetzergesellschaft mbH, Berlin

Druck:    COLONEL, Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN            978-3-410-26482-8 (Beuth Verlag)

ISBN (E-Book) 978-3-410-26483-5 (Beuth Verlag)

ISBN            978-3-8007-4247-9 (VDE Verlag)

ISBN (E-Book) 978-3-8007-4248-6 (VDE Verlag)

## Über die Autoren

### Roland Heidel

Roland Heidel begann nach dem Studium der Elektrotechnik im Jahr 1977 bei Siemens in der Abteilung zur Entwicklung industrieller Kommunikationssysteme. Er war u.a. technischer Projektleiter des Verbundprojekts Feldbus zur Realisierung des industriellen Feld-Kommunikationssystems Profibus und Leiter mehrerer EU-Projekte zu Themen der industriellen Automatisierungstechnik, insbesondere auch im Umfeld des produktdatenbasierten Engineering. Er war Leiter einer Vorfeldabteilung und bis zu seinem Ausscheiden aus der Siemens AG Leiter der Abteilung „Standards & Regulations“ für die Divisionen „Digital Factory (DF)“ und „Process Industries and Drives (PD)“.



Bis 2016 war er Chairman des Normungsgremiums IEC/TC 65 „Industrial-Process Measurement and Control“, war bis Herbst 2014 Sprecher der Industrie4.0-Arbeitsgruppe 2 (Referenzarchitektur, Standardisierung und Normung) und bis 2015 Sprecher des zugehörigen Spiegelgremiums im ZVEI. Seit 2015 ist er mit seiner Firma Kommunikationslösungen e.K. selbstständig und in mehreren Industrie4.0-Arbeitsgruppen der Plattform und des ZVEI tätig.

### Dr. Michael Hoffmeister

Michael Hoffmeister studierte Informatik an der Technischen Universität Karlsruhe (KIT) und arbeitete parallel als freiberuflicher Entwickler von Echtzeitsystemen. Anschließend war er als Forscher und Projektleiter am Fraunhofer Institut IPA in Stuttgart tätig, wo er 2012 promovierte. Für die Industrie war er als Consultant für große IT-Projekte im Bereich Fabrikbetrieb, Maschinenintegration und Big-Data (SPC, APC) gefragt. In der Forschung beschäftigte er sich mit intelligenten Maschinen, semantischen Technologien, Big-Data und der Integration von heterogenen Automatisierungssystemen. Seit 2012 verantwortet er das Portfoliomanagement für Software-Tools für den Komponentenhersteller Festo. Sein heutiges berufliches Interesse liegt auf Engineering-Plattformen für mechatronische Systeme.



Seit 2014 treibt Dr. Hoffmeister die Standardisierung der Industrie4.0 im Allgemeinen und der Spezifikation der Industrie4.0-Komponente im Besonderen voran. Er ist Mitverfasser der DIN SPEC 91345 (Konzepte der Industrie4.0), Leiter der Arbeitsgruppe SG Modelle und Standards des ZVEI und Mitglied weiterer Arbeitsgruppen der nationalen und internationalen Standardisierung. Weiterhin ist er Obmann des VDMA Einheitsblatts 66415 (Vereinheitlichung Projektierungsinformationen Mechanik, Elektrik, Software).

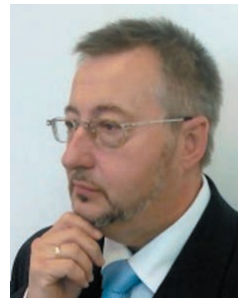
### **Martin Hankel**

Martin Hankel hat Elektrotechnik mit Schwerpunkt Regelungstechnik sowie ein Zusatzstudium zum Master of Business Marketing absolviert. Er war in verschiedenen Positionen bei der Hoechst AG, der AEG und Schneider electric tätig. Heute ist er bei der Bosch Rexroth AG Projektleiter für Industrie4.0-Technik. Seine Hauptaufgaben sind dabei die Entwicklungscoordination sowie die Konzeption von Demonstratoren und Umsetzungen in den eigenen Werken. Zusätzlich ist er seit 2012 aktiv und an vielen Veröffentlichungen der verschiedenen Gremien zur Referenzarchitektur Industrie4.0 beteiligt u. a. bei der Plattform Industrie4.0, beim ZVEI, VDI, VDMA, DIN und der DKE.



### **Udo Döbrich**

Udo Döbrich begann nach dem Studium der Informatik im Jahre 1980 bei Siemens in der Vorfeldentwicklung im Bereich Industrie. Er war dort für die Prüfung und Umsetzung neuer Technologien in der Automatisierungstechnik und deren Normung zuständig. Mit dieser Aufgabe war er maßgeblich an der Spezifikation des Profibus beteiligt. Während dieses Projekts wurde klar, dass offene Kommunikation noch keine Kooperation verschiedener Komponenten einer Anlage ermöglicht. Nach Arbeiten zur Profilbildung kommunikationsfähiger Komponenten zur Kooperation im operationalen Betrieb widmete er sich der Spezifikation des Modells zur Konfiguration und Parametrierung von Feldgeräten in Form der formalen Beschreibungssprache Electronic Device Description EDDL, die er auch zur internationalen Norm IEC 61804 führte.



Es stellte sich heraus, dass es in allen Phasen einer Anlage einer eindeutigen formalen Beschreibung der Komponenteneigenschaften bedarf. Daher arbeitete er in den entsprechenden Arbeitskreisen der NAMUR und eCl@ss mit, in denen die Regeln zur Spezifikation von Merkmalen und wesentliche Merkmalfamilien für Produkte erstellt wurden. Die Ergebnisse wurden von ihm in die Normen IEC 61158, IEC 61360 und IEC 61784 eingebracht. Als Leiter der IEC-Arbeitsgruppe „Digital Factory“ schuf er in seiner Arbeitsgruppe mit den Dokumenten IEC TR 62794 und IEC 62832 wesentliche Grundlagen zur Modellbildung für datentechnische Komponentenbeschreibungen, wie sie auch in Industrie4.0 zum Einsatz kommen.



**(Leerseite)**

## Vorwort

Folgt man den Gedanken des Philosophen und Publizisten Richard David Precht, so wird eine von Industrie4.0 geprägte Gesellschaft mit „Robotern“ die Dienste ausführen lassen, die in früheren Zeiten von Sklaven verrichtet wurden.

Ob dies so oder so ähnlich eintritt, wird die Zukunft zeigen. Sicher ist, dass im Internet der Dinge und Dienste eine Infrastruktur, die aus Gegenständen der physischen Welt besteht, in der Informationswelt hinreichend genau nach klaren Regeln abgebildet werden muss. Daher stand in der Plattform Industrie4.0 der Gegenstand mit dem Referenzarchitekturmodell RAMI4.0 und der I4.0-Komponente von Beginn an im Zentrum der Überlegungen.

Mit zunehmender Zahl an Dokumenten aus den verschiedenen Arbeitskreisen der Plattform wurde klar, dass es eines „roten Fadens“ bedarf, der die Inhalte dieser Dokumente zueinander in Beziehung setzt und dem Leser damit ein übergreifendes Verständnis für die Technik von Industrie4.0 ermöglicht.

Das vorliegende Buch fasst viele bislang in Einzeldokumenten enthaltenen Ergebnisse zusammen. Es behandelt im Wesentlichen die Charakterisierung eines Gegenstands („Assets“) in der Informationswelt mittels standardisierter Merkmale und die Regeln zur informatischen Abbildung eines solchen Gegenstands der physischen Welt, in der Informationswelt.

Die Autoren möchten sich bei allen, die mitgeholfen haben, die Inhalte zusammenzutragen und Texte gegenzulesen, herzlich bedanken. Insbesondere die Vorschläge zu infrage kommenden nationalen und internationalen Normen im Kontext von Industrie4.0 waren sehr hilfreich. Da das Thema Industrie4.0 von branchenübergreifender Bedeutung ist, wird sicher die eine oder andere Thematik nicht oder noch nicht ausführlich genug beschrieben sein, sei es weil branchenspezifisch dafür ein eigenes Buch erforderlich wäre, oder sei es, dass hierzu bislang noch keine publizierfähigen Ergebnisse vorliegen. Die Autoren hoffen, dass dieses Buch das Verständnis für die Inhalte der vorliegenden, aber auch für die in weiterer loser Folge erscheinenden Dokumente aus der Plattform Industrie4.0, ZVEI, VDI/GMA, VDMA und Bitkom erleichtert.

Berlin, April 2017

*Gewidmet*

*Herrn Dr. Peter Adolphs †,  
Sprecher der Arbeitsgruppe 1 der Plattform Industrie4.0*

*Herrn Dr. Marcus Adams †,  
Sekretär des Systemkomitees Cenelec TC 65X*

## Geleitwort

Die rasant zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft verändert die Art und Weise, wie produziert und gearbeitet wird. Sie steht für die umfassende Vernetzung all dieser Bereiche sowie die Fähigkeit, relevante Informationen zu sammeln, zu analysieren und in Handlungen umzusetzen. „Die Digitalisierung beeinflusst unsere Wirtschaft so stark wie kaum etwas anderes“, sagte Bundeskanzlerin Angela Merkel zur Eröffnung der CEBIT 2017.

Der Begriff Industrie4.0 steht, wie ich ihn als Mitglied des Lenkungskreises der Plattform Industrie4.0 bereits im Jahr 2013 mit konkretisieren durfte, für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen.

Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbstorganisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.

Dies wird bestehende Geschäftsmodelle verändern, etablierte Marktstrukturen verschieben und Anteile am Weltmarkt neu verteilen. Die Analyse riesiger Datenmengen wird neue Geschäftsmodelle und Produkte ermöglichen, die auf Kundenwünsche genau zugeschnitten sind.

Zentraler Rohstoff dieses digitalen Wandels sind Daten. Der Umgang mit ihnen ist ein entscheidender Erfolgsfaktor modernen Wirtschaftens. Der Datenverkehr entwickelt sich extrem schnell. Ein wichtiger Grund hierfür ist die stark steigende Vernetzung von Geräten, Maschinen und Menschen über das Internet. Laut einer Gartner-Studie sind bereits heute mehr Geräte und Maschinen über das Internet vernetzt als Menschen. Bereits 2020 wird sich diese Zahl auf über 20 Milliarden erhöhen. Der flächendeckende Einzug der Informations- und Kommunikationstechnologie ermöglicht die neuartige Vernetzung zu einem Internet der Dinge, Dienste und Daten und zieht weitreichende Veränderungen in den Bereichen Technologie, Wissenschaft und Arbeitsorganisation nach sich.

Diese neuartige Form der Vernetzung erfordert eine nie dagewesene Integration der Systeme über Domänen- und Hierarchiegrenzen hinweg. Dabei kommt es vor allem darauf an, in welcher Weise die verschiedenen Teildisziplinen intelligent und störungsfrei zusammenarbeiten.

Eine derartige Vernetzung lässt sich nur auf der Grundlage konsensbasierter Normen und Standards realisieren. Diese schaffen eine sichere Grundlage für die technische Beschaffung, unterstützen die Kommunikation durch einheitliche Begriffe und Konzepte und stellen die Interoperabilität, Praxistauglichkeit und Marktrelevanz sicher.

Industrie4.0 ist kein rein nationales Thema. Im Gegenteil – es ist von großer internationaler Bedeutung und braucht ein abgestimmtes und strategisches Vorgehen aller interessierten und betroffenen Kreise. Um für den Wettlauf um die Produkte und Märkte von morgen gerüstet zu sein, müssen bereits heute die Grundlagen für die digitale Transformation unserer Industrie gelegt werden. Die Plattform Industrie4.0 hat hier einen entscheidenden Beitrag geleistet, Wirtschaft, Wissenschaft, Gewerkschaften, Verbraucher und Politik an einen Tisch zu bringen und an einer gemeinsamen Zukunft des Industriestandorts Deutschland zu arbeiten.

Verlässliche, international anerkannte Normen und Standards sind dabei von zentraler Bedeutung und stellen eine der wesentlichen Herausforderungen bei der Umsetzung von Industrie4.0 dar. Deshalb wurde mit dem Standardization Council Industrie4.0 auch eine dedizierte Einheit unter Leitung der Normungsorganisationen DIN und DKE geschaffen, welche die Aufgabe hat, Ergebnisse der Plattform Industrie4.0 einer internationalen Standardisierung zuzuführen – entweder über die konsensbasierte Normung oder in Zusammenarbeit mit geeigneten Foren und Konsortien.

Für Normungs- und Standardisierungsorganisationen bedeutet dies, nicht nur den Stand der Technik festzulegen, sondern auch zu beschreiben, wie Dinge in Zukunft funktionieren. Hierzu haben die Autoren des Buches im Rahmen ihres Engagements in der Arbeitsgruppe „Referenzarchitektur, Standardisierung und Normung“ der Plattform Industrie4.0, in den zugehörigen Spiegelgremien des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI), in Fachausschüssen der VDI/VDE Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik sowie in der Normungsarbeit bei DIN und DKE einen wesentlichen Beitrag geleistet.

Ein wichtiges Ergebnis dieser Arbeit ist das Referenzarchitekturmodell Industrie4.0 (RAMI4.0), welches unter Beteiligung zahlreicher Experten aus Wirtschaft, Forschung und Fachverbänden als DIN SPEC 91345 veröffentlicht und anschließend in die internationale Normung bei IEC und ISO eingebracht wurde.

Aber auch eine Vielzahl weiterer Modelle, Methoden und Konzepte in diesem Buch wurden von den Autoren im Rahmen ihres Engagements im Umfeld der Plattform Industrie4.0 entwickelt und bildet das technische Fundament von Industrie4.0. Unter aktiver Mitwirkung der Autoren ist es gelungen, unterschiedliche Expertisen und Perspektiven zusammenzuführen, Herausforderungen zu identifizieren, Handlungsempfehlungen zu formulieren und Normen und Standards für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik anzubieten.

Auch in der Hightech-Strategie der Bundesregierung werden Normen und Standards als Katalysator bezeichnet, der die Durchsetzung von Innovationen auf Märkten beschleunigt. Mit ihrer marktöffnenden und deregulierenden Wirkung stärken Normen und Standards die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Wirtschaftsnation und Exportland.

Dazu haben auch die Autoren dieses Buches wesentlich beigetragen, weshalb ich ihnen auch in meiner Rolle als Vorstandsvorsitzender von DIN herzlich danken möchte.

Christoph Winterhalter

**(Leerseite)**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Einordnung von Industrie4.0</b> .....	3
<b>3</b>	<b>Die Anforderungen an ein Referenzarchitekturmodell von Industrie4.0</b> .....	6
3.1	Charakteristika eines Referenzarchitekturmodells .....	6
3.2	Allgemeine Anforderungen in Industrie4.0 .....	7
3.3	Stand der Technik .....	8
3.4	Das Szenario „Wandlungsfähige Fabrik“ .....	11
<b>4</b>	<b>Merkmalsprinzip</b> .....	17
4.1	Beschreibung der physischen und der Informationswelt .....	17
4.1.1	Begriffe .....	17
4.1.2	Merkmale .....	18
4.2	Merkmale in Industrie4.0 .....	19
4.2.1	Spezifikation von Merkmalen für Industrie4.0 .....	20
4.2.2	Merkmalwerte .....	22
4.2.3	Strukturierte Verwendung von Merkmalen .....	24
4.2.4	Merkmalslisten (List of Properties) für verschiedene Prozesse und Prozessphasen .....	27
<b>5</b>	<b>Aspekte eines Assets in Industrie4.0</b> .....	31
5.1	Grundlegende Überlegungen .....	31
5.2	Bekanntheitsgrad und Kommunikationsfähigkeit .....	34
<b>6</b>	<b>Referenzarchitekturmodell Industrie4.0 (RAMI4.0)</b> .....	38
6.1	Hintergrund .....	38
6.2	Achse Lebenszyklus und Wertstrom .....	42
6.3	Hierarchie-Achse (Zuordnung) .....	44
6.4	Architektur-Achse (Layer) .....	45
6.4.1	Asset- und Integration-Layer .....	46
6.4.2	Communication Layer .....	47
6.4.3	Information Layer .....	50
6.4.4	Functional Layer .....	51
6.4.5	Business Layer .....	53



6.5	Beispiel für eine servo-hydraulische Achse in den Architekturschichten von RAMI4.0 .....	54
<b>7</b>	<b>Anwendung von RAMI4.0 in Wertschöpfungsnetzwerken .....</b>	<b>56</b>
7.1	Perspektiven auf Wertströme .....	56
7.2	Perspektiven auf Daten und Informationen .....	58
<b>8</b>	<b>Spiegelung der physischen Welt in die Informationswelt .....</b>	<b>61</b>
8.1	Objektwelten .....	62
8.2	Prinzipielles zur Methodik der Spiegelung .....	62
8.3	Identifikatoren .....	64
8.3.1	International Registration Data Identifier (IRDI) .....	64
8.3.2	Uniform Resource Identifier (URI) .....	66
<b>9</b>	<b>Die I4.0-Komponente .....</b>	<b>67</b>
9.1	Motivation für ein Referenzmodell .....	67
9.2	Grundlegende Idee der I4.0-Komponente .....	68
9.3	Geltungsbereich der I4.0-Komponente .....	69
9.4	Datentechnische Abbildung der Verwaltungsschale .....	71
9.4.1	Verwaltungsschale durch das Asset selber bereitgestellt .....	71
9.4.2	Verwaltungsschale durch ein zentrales Repository bereitgestellt ....	72
9.5	Dynamische Vernetzung von I4.0-Komponenten .....	74
9.5.1	Aktivierung des Betriebs .....	75
9.5.2	Assetorientierter Zugriff .....	75
9.5.3	Dynamische Kooperationen .....	77
9.6	Welche Informationselemente sollte die Verwaltungsschale aufnehmen? .....	77
9.7	Ausführung der standardisierten Informationselemente (Merkmale) .	80
9.8	Merkmale und semantische Technologien .....	81
9.9	Standardisierte Funktionen .....	84
9.10	Teilmodelle gruppieren die Informationen und Funktionen einer I4.0-Komponente .....	86
9.11	Identifikation für die verschiedenen Elemente der I4.0-Komponente .	89
9.12	Grobstruktur der Verwaltungsschale .....	91
9.13	Beispielhafte Darstellung eines Teilmodells .....	92
9.14	Entwurfsprozess für eine I4.0-Komponente .....	94
9.15	Entwurfsprozess für ein System aus I4.0-Komponenten .....	95