

DIN/DKE – ROADMAP

DEUTSCHE
NORMUNGSROADMAP

Industrie 4.0

Version 3

4.0



DIN

DKE

VDE

Herausgeber

DIN e.V.

Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
Telefon: +49 30 2601-0
E-Mail: presse@din.de
Internet: www.din.de

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Stresemannallee 15
60596 Frankfurt
Telefon: +49 69 6308-0
Telefax: +49 69 08-9863
E-Mail: standardisierung@vde.com
Internet: www.dke.de

Stand: März 2018

RAMI 4.0-Visualisierungen:
Dr.-Ing. Mathias Uslar, OFFIS, Oldenburg

Fotonachweis Titelbild: Fraunhofer IPA

VORWORT

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Bedeutung von Normen ist größer als je zuvor – sie erlauben uns, Fortschritt zu genießen und Sicherheit zu erleben, fördern den weltweiten Handel und beeinflussen das Wirtschaftswachstum vieler Länder. Die Digitalisierung, so viel ist klar, bedarf einiger Anstrengungen – die derzeit gute Ausgangsposition darf kein Ruhekissen sein. Auf dem Weg hin zu Industrie 4.0 warten zahlreiche Herausforderungen auf uns, zum Beispiel bei der Versorgung mit schnellem Internet, dem Datenschutz oder der IT-Sicherheit. Daher müssen sich die Politik in Deutschland und die etablierten Normungsorganisationen noch intensiver bezüglich Industrie 4.0 abstimmen, um die derzeitigen Aktivitäten von Industrie, Politik und Forschung möglichst effizient zu unterstützen. Dabei braucht es einmal mehr die Unterstützung von Praktikern aus Forschung und Wirtschaft, um alle aktuellen Entwicklungen frühzeitig in die Normungsprozesse einzubringen und diese angemessen zu berücksichtigen.



Es ist genau diese Zielsetzung, welche die Industrieverbände BITKOM, VDMA und ZVEI, gemeinsam mit den Normungsorganisationen DIN und DKE, dazu motiviert hatte, vor etwas mehr als zwei Jahren das Standardization Council Industrie 4.0 (SCI 4.0) zu gründen. Das SCI 4.0 ist für die Orchestrierung der Normungs- und Standardisierungsaktivitäten zuständig und damit Ansprechpartner in allen Fragen der Normung und Standardisierung im Kontext der Industrie 4.0. Das SCI 4.0 bündelt in diesem Sinne die interessierten Fachkreise in Deutschland und vertritt die Interessen gegenüber internationalen Gremien und Konsortien.

Mit Hilfe dieses „Orchesters“ wollen wir nun mit der Normungsroadmap ein strategisches und technisch orientiertes Dokument vorlegen, das die aktuellen Arbeits- und Diskussionsergebnisse im Bereich Industrie 4.0 beschreibt und entsprechende Impulse für eine erfolgreiche Umsetzung gibt. Erarbeitet wird dies unter der Leitung des im SCI 4.0 eingegliederten Arbeitskreises „Normungsroadmap Industrie 4.0“, in dem Experten aus Wirtschaft, Forschung, Wissenschaft und Politik an der Erstellung mitarbeiten. Neben der Darstellung des aktuellen Standes in der Normung und Standardisierung enthält sie vor allem Handlungsempfehlungen, skizziert die Anforderungen und Bedarfe an die Normung und gibt eine Übersicht relevanter Normen und Standards in den Themenbereichen der Industrie 4.0.

Als zentrales Kommunikationsmittel, das nicht nur national, sondern für die Internationalisierung ebenso eine zentrale Rolle spielt, dient die Normungsroadmap dem Austausch mit nationalen und internationalen Normungsgremien, den Forschungseinrichtungen sowie relevanten politischen Ministerien und stellt die Grundlage für die weiterführende Normungsarbeit dar.

Die Normungsroadmap soll auch in Zukunft auf Basis neuer Erkenntnisse – beispielsweise aus den Forschungsprojekten und der Arbeit in den Normungsgremien – regelmäßig weiterentwickelt werden. Wir möchten daher dazu aufrufen und motivieren, sich auch im Anschluss an die Veröffentlichung der dritten Ausgabe mit Kommentaren und vor allem Mitarbeit an diesem Prozess zu beteiligen. Denn wir haben ein Ziel vor Augen: die Normungsroadmap Industrie 4.0, Version 4.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen der dritten Ausgabe

*Ihr
Dieter Wegener*

Prof. Dr. Dieter Wegener, Siemens AG, Head of External Cooperation Abt. CT TIM EC
Beiratssprecher des Standardization Council Industrie 4.0
DKE-Vizepräsident
Sprecher im Führungskreis Industrie 4.0 des ZVEI

1	Zusammenfassung	9
2	Einleitung	11
2.1	Ziele der Normungsroadmap Industrie 4.0	11
2.2	Akteurs- und Normungsumfeld	11
2.3	Internationale Normung und Standardisierung	14
2.3.1	Übersicht Normungslandschaft	14
2.3.2	Ziele und geplante Ergebnisse der internationalen Zusammenarbeit	17
2.3.3	Internationale Kooperationen	18
2.3.4	Entwicklungsbegleitende Normung	19
3	Themenbereiche und Normungsbedarf	24
3.1	Semantik	24
3.1.1	Semantik, Merkmale, Ontologien	24
3.1.2	Graph-theoretischer Ansatz zur formalen Beschreibung der Semantik von Industriellen Systemen (IACS)	26
3.2	Normung von Begriffen	30
3.3	Referenzmodelle	30
3.4	Architekturen und Datenmodelle	33
3.4.1	Digitale Modelle	33
3.4.2	Referenzarchitekturmodell	33
3.4.3	Merkmale	35
3.4.4	Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0	36
3.4.5	Verwaltungsschale und Industrie 4.0-Komponente	37
3.4.6	Produktkriterien	40
3.4.7	Internationale Geometrische Produktspezifikation (Konzept der GPS)	42
3.5	Lebenslaufakte für Industrie 4.0-Komponenten	44
3.5.1	Bausteine und Erfordernisse für eine elektronische Lebenslaufakte	44
3.5.2	Lebenslaufakte nach DIN 77005-1	46
3.5.3	Übertragbarkeit der Lebenslaufakte auf Industrie 4.0-Komponenten	48

3.5.4	Die Lebenslaufakte im Kontext der Umweltthematik	50
3.5.5	Erfassung umweltrelevanter Daten in der Produktion	52
3.5.6	Anwendung der Lebenslaufakte in Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit/Mensch und Arbeit	53
3.6	Lebenszyklus produktionstechnischer Anlagen	57
3.6.1	Ausgangssituation	57
3.6.2	Anwendungsbereiche	57
3.6.3	Entwicklung	57
3.6.4	Instandhaltung	59
3.7	Nichtfunktionale Eigenschaften	63
3.7.1	Ausgangssituation	63
3.7.2	Terminologie der nichtfunktionalen Eigenschaften definieren	64
3.7.3	Funktionale Sicherheit (Safety)	64
3.7.4	Sicherheit (Security)	65
3.7.5	Zuverlässigkeit, Robustheit	66
3.7.6	Instandhaltbarkeit (Maintainability)	66
3.7.7	Adressierung der nichtfunktionalen Eigenschaften in Normen	67
3.8	Kommunikationstechnologien	68
3.8.1	Ausgangssituation	68
3.8.2	Arbeiten zur Erlangung eines exklusiven Frequenzspektrums für die Industrieautomation	71
3.8.3	Netzwerkmanagement	72
3.8.4	Lokale Industrienetze	73
3.8.5	Integration der Kommunikation	74
3.8.6	Industrielles Lokationsmanagement	74
3.8.7	Industrielle Weitverkehrsnetze	76
3.8.8	Zuverlässigkeitbewertung der Kommunikation	77
3.8.9	Validierung und Test	78
3.8.10	Echtzeitfähigkeit	78
3.8.11	Interoperabilität zwischen Systemen	78

3.9	Security und IT-Security (IT-Sicherheit)	79
3.9.1	Cybersicherheit für Industrie 4.0	79
3.9.2	Funktionale Sicherheit – IT-Sicherheit	80
3.10	Open Source	82
3.11	Use Cases	87
3.11.1	Use Cases: Nutzen und Motivation	87
3.11.2	Einschätzung des Status quo und Bezug zu anderen Aktivitäten	88
3.11.3	Vorschlag für eine übergeordnete Strukturierung	91
3.12	Servicerobotik	93
4	Mensch und Arbeit	97
4.1	Menschengerechte Arbeitsgestaltung	97
4.1.1	Ausgangssituation	97
4.1.2	Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen	98
4.1.3	Wachsende Anforderung: Arbeiten mit Informationen.	99
4.1.4	Schnittstellen zu nicht normungsrelevanten Bereichen	100
4.1.5	IT-Security: Die Rolle des Menschen	102
4.1.6	Use Cases	103
4.2	Gestaltung des Arbeitssystems.	105
4.3	Gestaltung der Arbeitsorganisation	107
4.4	Gestaltung der Aufgaben und Tätigkeiten	109
4.5	Gestaltung der Produkte, Arbeitsmittel und Schnittstellen.	112
4.6	Gestaltung von Arbeitsumgebung, Arbeitsraum, Arbeitsplatz.	114
4.7	Lernförderliche Arbeitsgestaltung und Kompetenzentwicklung.	116
4.8	Fazit	118
5	Rechtliche Herausforderungen	119
6	Weiterführende Informationen	122

7	Relevante Normen und Standards	124
8	Abkürzungsverzeichnis	125
9	Autorenteam	129
	Anhang	132
A1	Industrie 4.0-relevante Gremien und Konsortien weltweit	132
A2	Normungsaktivitäten Cybersicherheit	134
A2.1	Aktive Standardisierungsgremien	134
A2.2	Aktuelle Dokumente	136
A3	Normungsaktivitäten Servicerobotik	142

1 ZUSAMMENFASSUNG

„Die Normungsroadmap Industrie 4.0 ist ein ‚lebendes‘ Kommunikationsdokument von DIN und DKE und bietet in regelmäßig aktualisierten Ausgaben eine Übersicht über aktuelle Aktivitäten in Normung und Standardisierung, identifiziert Normungsbedarfe und gibt aus Sicht der deutschen Akteure Empfehlungen an die internationalen Normungsorganisationen.“

(Dr. Günter Hörcher, Obmann des Arbeitskreises „Normungsroadmap Industrie 4.0“ des SCI 4.0 DKE AK_STD 1941.0.1 und Leiter Forschungsstrategie im Fraunhofer-Institut für Produktions-technik und Automatisierung IPA)



Seit der im Jahr 2015 erschienenen zweiten Ausgabe der Normungsroadmap Industrie 4.0 ist der Arbeitskreis „Normungsroadmap“ im Standardization Council Industrie 4.0 mit der Überarbeitung und Weiterentwicklung des Dokumentes betraut. Die Normungsroadmap ist eines der zentralen Kommunikationsmedien der Industrie 4.0 zum Austausch mit den Normungsgremien, der Industrie, den Verbänden, den Forschungseinrichtungen und der Politik. Das Dokument ist Wegweiser für Akteure aus verschiedenen technologischen Sektoren und unterstützt damit forschungs- und entwicklungsbegleitend die Marktaufnahme der neuen Technologien und Verfahren.

Seit der vorangegangenen Ausgabe hat sich in der Normungs- und Standardisierungsarbeit im Kontext der Industrie 4.0 einiges getan. Nachdem das als DIN SPEC 91345 standardisierte Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) auch international als IEC PAS 63088 im Frühjahr 2017 veröffentlicht wurde, lag der Fokus der Diskussionen auf den miteinander kooperierenden Verwaltungsschalen physischer Assets (Industrie 4.0-Komponenten).

In der Normungslandschaft ist im Juli 2017 mit der ISO/IEC Joint Working Group 21 (ISO/IEC JWG 21) zwischen dem ISO/TC 184 und IEC/TC 65 ein Gremium geschaffen worden, das sich zum Ziel setzt, die Harmonisierung existierender Referenzmodelle und die Entwicklung einer grundlegenden Architektur zu Smart Manufacturing-Komponenten als wesentlichen Teil der virtuellen Darstellung von Objekten umzusetzen und somit auch einer der zentralen Handlungsempfehlungen aus der zweiten Normungsroadmap nachzukommen.

Im Bereich der Semantik wurde mit der semantischen Allianz (SemAnz40¹) ein vom BMWi gefördertes Projekt durchgeführt, das der Empfehlung aus der zweiten Ausgabe nachkommt, Standards zur Beschreibung mit Merkmalen (insbesondere eCl@ss, IEC 61987) und Strukturierung von Informationen (insbesondere AutomationML, IEC 62714) zu erstellen und in Kombination mit weiteren Normen und Standards eine geeignete semantische Basis für den Informationsaustausch in den Anwendungsfällen von Industrie 4.0 zu bilden.

1 www.semanz40.de

Wie sich zukünftig die Herausforderungen einer semantischen und ontologischen Verknüpfung mit der Verwaltungsschale und der Industrie 4.0-Komponente gestaltet, wird in Kapitel 3 eingehend beschrieben.

In der Industrie 4.0 wird ebenso an entsprechenden Bausteinen für ein Lebenszyklus-Datenmanagement gearbeitet. Mit Kontextbezug zum Kapitel Semantik soll aufgezeigt werden, wie sich diese Verknüpfung darstellt und welche Ansätze für einen ganzheitlichen Lösungsansatz noch erforderlich sind. Zugleich ist offensichtlich, dass eine herstellerübergreifende digitale Beschreibung eines Gegenstandes mit der Verwaltungsschale nur gelingt, wenn diese Software als Open Source-Projekt gestaltet wird und vorwettbewerbsfähig bleibt. In der Verwaltungsschale sind neben zwingend einheitlichen Strukturen auch herstellerabhängige Bereiche vorgesehen. Daher sind entsprechende Rahmenbedingungen für Open Source zu adressieren, um z. B. das Use Case-Szenario von „Plug&Produce“ (automatisiertes Verbinden und Zusammenwirken von Feldgeräten) sicherzustellen.

Betrachtet man den weiteren fachlichen Diskurs, wird deutlich, dass die Intelligente Produktionsstätte im Rahmen von Industrie 4.0 keineswegs menschenleer sein wird. Die Rolle des Menschen im soziotechnischen Arbeitssystem verdient also besondere Betrachtung. Sei es als Akteur im Produktionsablauf, als Bediener von Maschinen, als Instandhalter, Produktionsplaner oder Programmierer – Menschen spielen auch weiterhin eine zentrale Rolle in der Produktion. Um ein effizientes, flexibles, aber auch nachhaltig erfolgreiches Arbeitssystem zu gestalten, ist es wichtig, den Menschen mit seinen Fähigkeiten, Fertigkeiten, seinem Leistungsvermögen und seinen Leistungsgrenzen in die Gestaltung mit einzubeziehen. Vor diesem Hintergrund werden wir die Rolle des Menschen in Kapitel 4 eingehend der Betrachtung unterziehen und Handlungsempfehlungen aussprechen.

Die vierte industrielle Revolution und ihre Einflussfaktoren, wie beispielsweise neue Arten von Vertragsschlüssen, die Vernetzung und der Austausch von Daten und ein verändertes Arbeitsumfeld, erfordern ebenso eine Betrachtung aus rechtlicher Perspektive. Das Recht gibt nicht nur den Rahmen vor, in dem sich Normen und Standards bewegen, Normen und Standards wirken auch rekursiv in das Recht zurück. Diese Wechselwirkung gilt es bei ihrer Gestaltung besonders zu berücksichtigen. Einen Ausblick auf diese rechtliche Perspektive beschreibt die Normungsroadmap im abschließenden Kapitel 5.

2 EINLEITUNG

2.1 Ziele der Normungsroadmap Industrie 4.0

Die Normungsroadmap ist ein strategisches, technisch orientiertes Dokument, das die aktuellen Arbeits- und Diskussionsergebnisse im Bereich Industrie 4.0 vorstellt und Impulse für eine erfolgreiche Umsetzung gibt. Erarbeitet wird die Normungsroadmap von Experten aus Wirtschaft, Forschung, Wissenschaft und Politik. Neben der Darstellung des aktuellen Standes in der Normung und Standardisierung enthält sie vor allem Handlungsempfehlungen, skizziert die Anforderungen und Bedarfe an die Normung und gibt eine Übersicht relevanter Normen und Standards in den Themenbereichen der Industrie 4.0.

Als zentrales Kommunikationsmittel, das nicht nur national, sondern für die Internationalisierung ebenso eine zentrale Rolle spielt, dient die Normungsroadmap dem Austausch mit nationalen und internationalen Normungsgremien, Unternehmen, Forschungseinrichtungen sowie relevanten politischen Ministerien und stellt die Grundlage für die weiterführende Normungsarbeit dar.

In der Normungsroadmap wird bewusst auf eine Priorisierung verzichtet. Die umsetzenden Gremien werden gebeten, die Empfehlungen in ihre Arbeitsprogramme aufzunehmen.

Die Normungsroadmap soll auf Basis neuer Erkenntnisse – beispielsweise aus den Forschungsprojekten und der Arbeit in den Normungsgremien – regelmäßig weiterentwickelt werden. Daher besteht auch nach der Veröffentlichung weiterhin die Möglichkeit, sich mit Kommentaren und der Mitarbeit an diesem Prozess zu beteiligen².

2.2 Akteurs- und Normungsumfeld

Deutschland gehört zu den weltweit führenden Industriestandorten und steht im Wettbewerb um die besten Lösungen für Industrie 4.0. Die industrielle Produktion und produktionsnahen Dienstleistungen in Deutschland erzielen mehr als die Hälfte der gesamten Wirtschaftsleistung. Bei vielen digitalen Innovationen in der Produktionstechnik steht Deutschland an führender Stelle, ist aber zunehmend einem starken Wettbewerb ausgesetzt. Um für den Wettkampf um die Produkte und Märkte von morgen gerüstet zu sein, sind ein ganzheitliches Vorgehen und eine interdisziplinäre Zusammenarbeit in Deutschland unausweichlich. Für eine erfolgreiche globale Vermarktung und Umsetzung der Industrie 4.0-Lösungen in die Praxis sind Normen und Standards unerlässlich. In Deutschland hat sich eine Konstellation aus Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik etabliert, welche im Folgenden beschrieben wird.

² Ansprechpartner für die Normungsroadmap und für alle Fragen rund um Normung und Standardisierung finden Sie auf www.din.de/go/industrie4-0 und <https://sci40.com/de/>

Plattform Industrie 4.0

Die Plattform Industrie 4.0³ wurde im Jahr 2013 durch die drei Industrieverbände BITKOM, VDMA und ZVEI ins Leben gerufen und steht aktuell unter der Leitung der Bundesministerien für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie für Bildung und Forschung (BMBF). In der Plattform Industrie 4.0 kommen Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft, Gewerkschaften, Verbraucher und Politik zusammen, um an einer gemeinsamen Zukunft des Industriestandortes Deutschland zu arbeiten. Inhaltliche Schwerpunkte sind neben der Normung und Standardisierung insbesondere die Handlungsfelder Forschung und Innovation, Sicherheit vernetzter Systeme, rechtliche Rahmenbedingungen sowie Arbeit und Aus-/Weiterbildung. Die deutschen Normungsorganisationen DIN und DKE engagieren sich in diesen Arbeitsgruppen und unterstützen die Plattform Industrie 4.0 dabei, ihre Ergebnisse der Normung und Standardisierung, insbesondere auf internationaler Ebene, zuzuführen.

Standardization Council Industrie 4.0

Gemeinsam mit den Industrieverbänden BITKOM, VDMA und ZVEI haben DIN und DKE das Standardization Council Industrie 4.0 (SCI 4.0)⁴ gegründet. Das SCI 4.0 ist für die Orchestrierung der Normungs- und Standardisierungsaktivitäten zuständig und damit Ansprechpartner in allen Fragen der Normung und Standardisierung im Kontext der Industrie 4.0. In Zusammenarbeit mit der Plattform Industrie 4.0 bündelt das SCI 4.0 die interessierten Fachkreise in Deutschland und vertritt die Interessen gegenüber internationalen Gremien und Konsortien. Mit der Initiierung bedarfsgerechter neuer Standardisierungsprojekte sowie deren Umsetzung unterstützt das SCI 4.0 zudem die Praxiserprobung in Testzentren.

Labs Network Industrie 4.0

Das Labs Network Industrie 4.0 (LNI 4.0)⁵ wurde von Unternehmen der Plattform Industrie 4.0 zusammen mit den Verbänden BITKOM, VDMA und ZVEI gegründet. In den Testzentren können neue Technologien, Geschäftsmodelle und Anwendungsszenarien (Use Cases) rund um Industrie 4.0 erprobt und deren technische und ökonomische Realisierbarkeit vor der Markteinführung überprüft werden. Damit bietet das LNI 4.0 ein ideales Labor- und Experimentierumfeld insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU). Durch die enge Zusammenarbeit mit dem SCI 4.0 können neue Industrie 4.0-Lösungen und die darin genutzten Normen und Standards getestet werden. Die Ergebnisse fließen wiederum direkt in die Weiterentwicklung von Normen und Standards ein – national und international.

3 www.plattform-i40.de

4 www.sci40.com

5 www.lni40.de

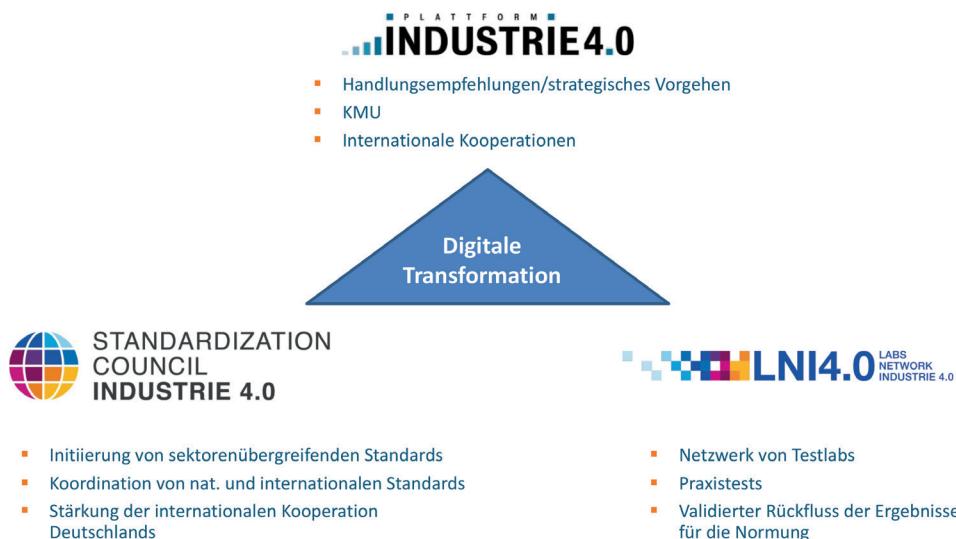


Abbildung 1:
Zusammenspiel der
Akteure Plattform Industrie 4.0,
SCI 4.0 und LNI 4.0

Wie Abbildung 1 verdeutlicht, bildet das Zusammenspiel der drei Organisationen ein reaktionsschnelles Gefüge aus Strategie, Konzeption, Erprobung und Standardisierung. Durch das Zusammenwirken der Partner in den verschiedenen Testzentren⁶ können marktrelevante Anforderungen generiert und validierte Ergebnisse über das SCI 4.0 direkt in den Normungsprozess eingebracht werden. Die von der Plattform Industrie 4.0 definierten Ergebnisse und Konzepte werden ebenso berücksichtigt und entsprechend zielgerichtet über das SCI 4.0 in die internationale Normung und Standardisierung überführt. Somit wird die Entwicklung marktfähiger Produkte beschleunigt und die deutsche Spitzenstellung der Industrie 4.0-Konzepte sichergestellt.

Dem SCI 4.0 kommt somit in der Akteurskonstellation mit der Plattform Industrie 4.0 und dem LNI 4.0 eine bedeutende und bündelnde Funktion zu, mit dem Ziel, agilere Standardisierungsprozesse zu ermöglichen. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, gilt es nun, die bisherigen Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Zusammenarbeit mit dem LNI 4.0 sowie der Plattform Industrie 4.0 fortzuschreiben und zu verstetigen. Die notwendigen Referenzimplementierungen werden über das SCI 4.0 in die internationalen Standardisierungsorganisationen eingebracht. Kleine und mittelständische Unternehmen werden wiederum in der Einführung und Umsetzung der Industrie 4.0-Lösungen mithilfe von Use Cases (Anwendungsszenarien)⁷ durch das LNI 4.0 unterstützt.

⁶ Landkarte der Testzentren Industrie 4.0, www.plattform-i40.de/i40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html

⁷ Fortschreibung der Anwendungsszenarien, www.plattform-i40.de/i40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/anwendungsszenarien-auf-forschungsroadmap.html

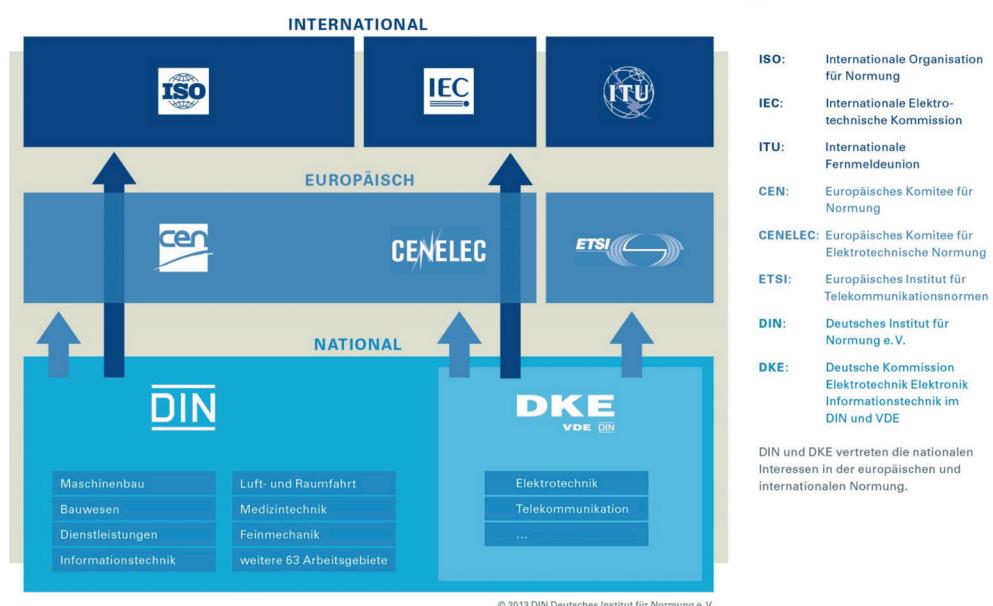
2.3 Internationale Normung und Standardisierung

2.3.1 Übersicht Normungslandschaft

Gemäß der deutschen Normungsstrategie⁸ wird unter Normung die vollkonsensbasierte Erarbeitung von Regeln, Leitlinien und Merkmalen für Tätigkeiten zur allgemeinen oder wiederkehrenden Anwendung durch eine anerkannte Organisation verstanden. Die Standardisierung hingegen wird in der deutschen Normungsstrategie als eigentlicher Erarbeitungsprozess von Standards beschrieben und bezeichnet. Grundsätzlich kommt der nationalen und internationalen konsensorientierten Normung eine besondere Bedeutung zu. Eine übergreifend koordinierte und abgestimmte Normung und Standardisierung tragen dazu bei, den neuen Konzepten und Technologien der Industrie 4.0 zum Durchbruch zu verhelfen.

Die Entwicklung von Normen und Standards findet auf unterschiedlichen Ebenen (national, europäisch, international) statt. Eine entsprechende Übersicht, wie die Entwicklung von Normen und Standards auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene organisiert ist, soll nachstehende Abbildung der Normungsorganisationen und deren Zusammenwirken geben (Abbildung 2).

Abbildung 2:
Darstellung der internationalen
Normungsorganisationen



⁸ Deutsche Normungsstrategie 2020, www.din.de/go/deutsche-normungsstrategie

In Deutschland ist DIN (Deutsches Institut für Normung) die zuständige Normungsorganisation, welche die deutschen Interessen als Mitglied bei CEN (Europäische Organisation für Normung) und ISO (Internationale Organisation für Normung) in der europäischen und internationalen Normung vertritt.

Die DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik in DIN und VDE) nimmt die Interessen der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik auf dem Gebiet der internationalen und europäischen Normungsarbeit wahr. Sie vertritt somit die deutschen Interessen sowohl bei der CENELEC (Europäische Organisation für elektrotechnische Normung) als auch in der IEC (Internationale Organisation für elektrotechnische Normung).

Die Normungsarbeit ist heute zu rund 90 % europäisch und international ausgerichtet, wobei DIN und DKE den gesamten Prozess der Normung auf nationaler Ebene organisieren und über die entsprechenden nationalen Gremien (siehe Anhang A1) die deutsche Beteiligung auf europäischer und internationaler Ebene sicherstellen. Im Folgenden werden die bedeutendsten internationalen Normungsgremien im Umfeld von Industrie 4.0 umrissen.

Die internationalen Normungsorganisationen ISO und IEC haben erkannt, dass es nicht ausreicht, das komplexe Thema Industrie 4.0 ausschließlich in jeweils nur einem Technischen Komitee (Technical Committee (TC)) zu bearbeiten. Deshalb wurde jeweils ein strategisches Gremium eingerichtet (ISO/SMCC und IEC/SyC), das mit Vertretern aller relevanten TCs besetzt ist und die Normungsarbeiten organisationsweit koordiniert.

ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (ISO/SMCC)

Im September 2016 hat die ISO-Strategiegruppe Industrie 4.0 ihre Aktivitäten erfolgreich beendet. Um die internationalen Aktivitäten fortzuführen, wurde als Nachfolgegremium das ISO/SMCC gegründet. Es besteht zunächst für die Dauer von zwei Jahren und ist mit Vertretern der relevanten Technischen Komitees besetzt. Insgesamt wurden Vertreter aus 21 ISO-Komitees sowie jeweils ein Vertreter von IEC und ITU für die Mitarbeit nominiert. Unter deutscher Leitung treibt das ISO/SMCC seither die internationalen Arbeiten zum Thema Industrie 4.0 aktiv voran. Das Ziel ist hierbei, das Thema übergreifend zu koordinieren und Umsetzungsempfehlungen insbesondere im Hinblick auf ein gemeinsames internationales Vorgehen zu erarbeiten. Zeitgleich wurde bei DIN ein nationales Spiegelgremium implementiert, um Interessenten national eine Plattform zu bieten, die internationalen Arbeiten maßgeblich mitzugestalten.

IEC System Committee Smart Manufacturing (IEC/SyC)

Die IEC Standardization Evaluation Group Smart Manufacturing (IEC/SEG 7), deren wesentliche Aufgabe die Erarbeitung eines Konzeptes zur übergreifenden und gebündelten Bearbeitung des Themas Smart Manufacturing war, hat ihre Arbeit in 2017 abgeschlossen und einen Vorschlag für das Mandat des neu einzurichtenden IEC Systems Committee Smart Manufacturing (IEC/SyC) erarbeitet. Das IEC/SyC soll direkt unter dem Standardisation Management Board

(SMB) von IEC angesiedelt werden und seine Arbeit voraussichtlich im 2. Quartal 2018 aufnehmen. Die Aufgaben des IEC/SyC sind neben der Koordination der Normungsaktivitäten, der Identifikation von Lücken und Überschneidungen insbesondere die Zusammenarbeit relevanter Normungsorganisationen und Standards Developing Organizations (SDO).

ISO/IEC Smart Manufacturing Standards Map Joint Working Group (ISO/SMCC – IEC/SEG 7 Task Force)

Diese ISO/IEC-Gruppe wurde zwischen dem ISO/SMCC und der IEC/SEG 7 als gemeinsame Arbeitsgruppe gegründet und hat zum Ziel die Erstellung, Publikation und Pflege einer möglichst vollständigen, dynamischen und einfach handzuhabenden Zusammenstellung aller Industrie 4.0-Standards.

ISO Technical Committee 184 (ISO/TC 184)

Das ISO/TC 184 beschäftigt sich mit der Normung auf dem Gebiet der Automatisierungssysteme und deren Integration für Design, Beschaffung, Fertigung, Produktion und Lieferung, Support, Wartung und Entsorgung von Produkten sowie damit verbundenen Dienstleistungen. Zu den Normungsbereichen gehören Informationssysteme, Automatisierungs- und Steuerungssysteme und Integrationstechnologien. In dem ISO/TC 184 sind insgesamt 44 Länder vertreten, davon 20 Delegierte aus aktiven Mitgliedsstaaten und 24 aus Beobachterstaaten (sogenannte Observer).

IEC Technical Committee 65 (IEC/TC 65)

Das IEC/TC 65 erarbeitet internationale Normen für Systeme und Elemente, die in der industriellen Prozessmessung und -kontrolle in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen eingesetzt werden. Die Normungsaktivität ist damit für die Ausrüstung und Systeme mit elektrischen, pneumatischen, hydraulischen, mechanischen oder anderen Mess- und Steuerungssystemen ausgelegt. Darüber hinaus sind diverse Untergruppen zum Themenfeld Smart Manufacturing gegründet worden. In dem IEC/TC 65 sind insgesamt 47 Länder vertreten, davon 29 Delegierte aus aktiven Mitgliedsstaaten und 18 aus Beobachterstaaten.

ISO/IEC Joint Working Group 21 (ISO/IEC JWG 21)

Aufgrund der fachlichen Überlappungen der Arbeiten von ISO/TC 184 und IEC/TC 65 ist zwischen den beiden Gremien im Juli 2017 die Joint Working Group 21 (JWG 21) „Smart Manufacturing Reference Model(s)“ unter der Beteiligung von über 70 Experten aus 13 Ländern konstituiert worden. Den Vorsitz der JWG 21 teilen sich derzeit Deutschland und Japan. Ziel ist die Harmonisierung existierender Referenzmodelle und die Entwicklung von Smart Manufacturing-Referenzmodellen, insbesondere im Hinblick auf verschiedene Aspekte wie Lebenszyklus und den technischen beziehungsweise organisatorischen Hierarchien zu Objekten (Assets). Zusätzlich ist die Entwicklung einer grundlegenden Architektur zu Smart Manufacturing-Komponenten als wesentlicher Teil der virtuellen Darstellung von Objekten geplant (Industrie 4.0-Komponente).

Die Beiträge aus den verschiedenen Ländern werden in einheitliche, widerspruchsfreie Modelle konsolidiert, weiterentwickelt und veröffentlicht.

2.3.2 Ziele und geplante Ergebnisse der internationalen Zusammenarbeit

Die länderübergreifenden Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung gemeinsam anzugehen, ist ein Kerngedanke in der Normung zur Industrie 4.0. Die Zielsetzung für eine erfolgreiche internationale Normung zur Industrieausrüstung ist die konsensuale Harmonisierung der Industrie 4.0-Konzepte auf globaler Ebene. Hier zeigen erste Harmonisierungsarbeiten zu Referenzarchitekturmodellen für Smart Manufacturing Erfolge und erfordern weiterhin umfangreiche Länderkooperationen zur Harmonisierung eines verbindlichen Ordnungsmodells.

Zu unterscheiden ist im Bereich der internationalen Zusammenarbeit zwischen bilateralen und multilateralen Länderkooperationen. Die multilateralen Kooperationen schließen politische Zusammenschlüsse wie unter anderem die G20 und Europäische Union mit ein. Auf die Aktivitäten und Initiativen der Europäischen Kommission wird nochmals gesondert eingegangen (Kapitel 2.3.4).

Innerhalb Europas bestehen bilaterale beziehungsweise trilaterale Abkommen mit den EU-Ländern. Diese Kooperationen sind die Basis für die Harmonisierung der zukünftigen Arbeiten. Die Initiativen zur Digitalisierung der Produktion aus Deutschland, Frankreich und Italien haben sich auf eine trilaterale Kooperation geeinigt, um die Digitalisierungsprozesse in ihren jeweiligen Fertigungsbereichen zu stärken und zu unterstützen. Zusätzlich sollen europäische Bemühungen gefördert werden. Dazu haben die deutsche Plattform Industrie 4.0, die französische Alliance Industrie du Futur und die italienische Initiative Piano Industrie 4.0 einen gemeinsamen Aktionsplan⁹ entwickelt, in dem sie verschiedene Maßnahmen und geplante Ergebnisse benennen.

Die kooperierenden Länder sind in aller Regel in der internationalen Normung aktiv vertreten, so dass eine frühzeitige, konsensuale Zusammenarbeit zielführend ist. Dabei wird auf die jeweiligen Länderkooperationen zurückgegriffen, um diese direkten Gesprächskanäle mit den Arbeiten in den entsprechenden internationalen Normungsgremien zu synchronisieren. Die jeweiligen Kooperationen adressieren die wichtigsten Länder in den zuvor aufgezeigten ISO/IEC-Gremien und erfordern, wie bereits dargestellt, ein hohes Maß an Zusammenarbeit und Transparenz in der Ausgestaltung gemeinsamer Ergebnisse.

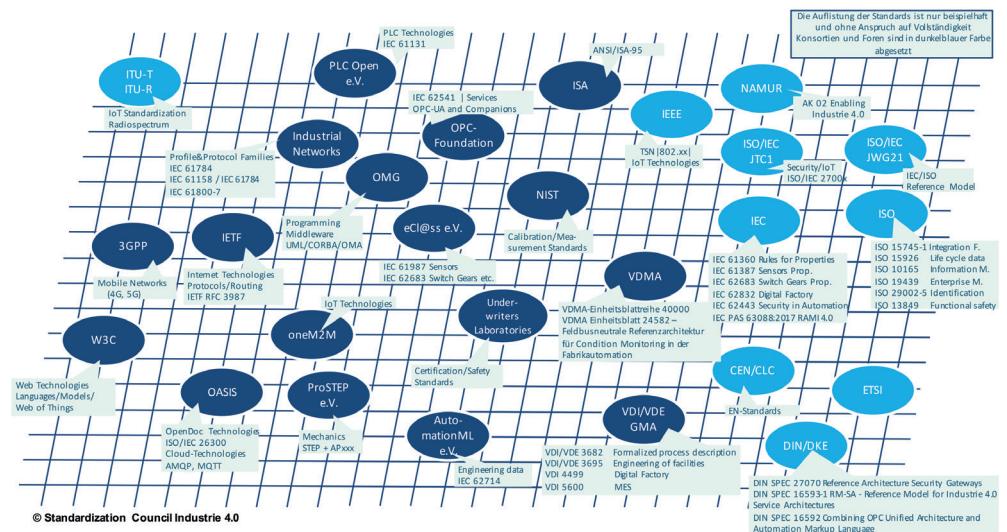
⁹ Trilaterale Plattform, DE-FR-IT Shared Action Plan, www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/shared-actionplan-fr-de-it.html

2.3.3 Internationale Kooperationen

Neben der Internationalisierung über Länderpartnerschaften besteht ein zweiter, wichtiger Pfad der Internationalisierung in der Erfassung und Bewertung der globalen Gremienlandschaft und deren Vernetzung mit Experten aus Deutschland.

International ergibt die heutige Akteurslandschaft in der Industrie 4.0-relevanten Standardisierung ein sehr heterogenes Bild. Neben den renommierten, zwischenstaatlich anerkannten Normungsinstituten wie beispielsweise ISO und IEC gibt es zusätzlich eine Vielzahl an Foren und Konsortien, welche Standards oder Empfehlungen erarbeiten (De-facto-Standards¹⁰) und als Standards Developing Organizations¹¹ (SDO) bezeichnet werden (Abbildung 3). Insbesondere die im internetgetriebenen Umfeld weltweit entstehenden De-facto-Standards spielen in der digitalen Beschreibung von Gegenständen eine wichtige Rolle und müssen für eine entsprechende Durchgängigkeit in das Normungsnetzwerk aufgenommen werden. Dadurch wird die Gesamtbetrachtung komplexer und die Vielzahl an Konsortien und Foren muss systematisch berücksichtigt werden.

Abbildung 3:
*Industrie 4.0 relevante
Gremien und Konsortien
weltweit*



In Bezug auf den in Deutschland verfolgten Ansatz zur branchenübergreifenden Abstimmung und Koordinierung zwischen den beteiligten Akteuren spielt das SCI 4.0 eine entscheidende und tragende Rolle. Neben der Koordinierung von Normungs- und Standardisierungsaktivitäten vertritt das SCI 4.0 die Interessen der deutschen Stakeholder gegenüber internationalen Foren und Konsortien und integriert diese sukzessive in das Industrie 4.0-Netzwerk. Diese internationale Vernetzung erfordert bereits im Vorfeld eine systematische Erfassung und Bewertung der identifizierten Konsortien, Plattformen und Initiativen.

10 <https://de.wikipedia.org/wiki/Industriestandard>

11 https://en.wikipedia.org/wiki/Standards_organization

2.3.4 Entwicklungsbegleitende Normung

Aus einem zeitlichen Nacheinander von wissenschaftlicher Erkenntnis und industrieller Anwendung wird heute mehr und mehr ein paralleler Prozess, weil Technologie- und Dienstleistungsanbieter schon während der laufenden Entwicklungen auf Anforderungen aus der Praxis reagieren müssen. Um dieser wirtschaftlichen Entwicklung Rechnung zu tragen, setzt die Entwicklungsbegleitende Normung (EBN) bei DIN und DKE bereits in der Forschungs- und Entwicklungsphase an¹².

Normen und Standards stellen ein wirkungsvolles Instrument dar, um Forschungsergebnisse schnell und anwenderfreundlich aus der Forschung in die Praxis zu überführen und somit einen schnellen Marktzugang von Innovationen zu fördern. Sie sichern damit eine breit akzeptierte Umsetzung neuer Konzepte und Technologien in die industrielle Praxis, schaffen Vertrauen bei Herstellern und Anwendern und bieten die notwendige Investitionssicherheit.

Die Entwicklungsbegleitende Normung leistet somit einen wesentlichen Beitrag zur Verwertung von Forschungsergebnissen. Sie trägt maßgeblich zur Dynamisierung der traditionellen Normung bei und umfasst alle Aktivitäten, die darauf abzielen, das entsprechende Potenzial von strategischen, grundlegend innovativen Produkten und Dienstleistungen, Systemen und Basis-technologien so frühzeitig wie möglich zu erkennen.

Innovative Themen und Forschungsergebnisse können auf diese Weise auf breiter Linie bekannt und nutzbar gemacht werden. Der Wissens- und Technologietransfer insbesondere in Technologiefeldern mit hohem Innovationsgrad wird so gefördert und beschleunigt.

Im Rahmen der nationalen Forschungsförderung sind DIN¹³ und DKE bereits in zahlreichen Projekten und Ausschreibungen aktiv, die durch die öffentliche Hand, wie z. B. das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), gefördert werden. Im Kontext von Industrie 4.0 sind beispielsweise zu nennen:

BMW I PAiCE¹⁴

Das Förder- und Technologieprogramm „PAiCE (Platforms, Additive Manufacturing, Imaging, Communication, Engineering) – Digitale Technologien für die Wirtschaft“ wurde 2016 vom BMWi ins Leben gerufen und unterstützt 17 Forschungsvorhaben mit ca. 100 Projektpartnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung im Bereich Industrie 4.0. Ziel ist es, Deutschland als Produktionsstandort und Anbieter fortschrittlichster Produktionstechnologien weiter auszubauen. Themenschwerpunkte sind Produktengineering, Logistik, Service-Robotik, industrielle

12 www.din.de/go/partner-in-forschungsprojekten

13 www.din.de/de/forschung-und-innovation/partner-in-forschungsprojekten/industrie-4-0.

14 www.din.de/go/paice

3D-Anwendungen und industrielle Kommunikation. Das Technologieprogramm leistet einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 der Bundesregierung.

Zusätzlich zu den Forschungsvorhaben wurde im März 2017 die Begleitforschung als Querschnittsprojekt implementiert. Als Partner der Begleitforschung berät DIN die beteiligten Projekte in jeglichen Standardisierungsfragen und -herausforderungen. DIN recherchiert nach themen- und projektrelevanten Normen und Standards, analysiert Standardisierungspotenziale und initiiert Normungs- und Standardisierungsaktivitäten.

BMWi | Industrie-4.0-Testbeds

Ziel und Motivation des Verbundprojektes ist eine beschleunigte Konsensfindung und Umsetzung von Standardisierungs- und Richtlinienvorhaben für Industrie 4.0. Durch die Umsetzung des Projektes soll die Praktikabilität und konkrete praktische Anwendung der Ergebnisse unter Beweis gestellt werden. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine Identifizierung von weiteren Hindernissen und möglichen Lösungswegen. Innerhalb des Konsortiums sollen dazu zunächst gemeinsame Grundlagen wie Terminologien oder Architekturen definiert werden. Anschließend werden anhand von vier verschiedenen Use Cases reale Industrie-4.0-Anwendungen demonstriert, um entsprechende Normungs- und Standardisierungsbedarfe zu identifizieren. Schlussendlich ist vorgesehen, geeignete Normungs- und Standardisierungsaktivitäten zu initiieren und aktiv zu fördern. Ziel des Teilvorhabens von VDE|DKE ist es, die Normung und Standardisierung im Bereich Industrie 4.0 voranzutreiben. Neben der Beratung der Partner sowie Normenrecherchen besteht die Hauptaufgabe in der koordinierten Vorbereitung der erforderlichen Normen und Standards, um diese frühzeitig in die internationalen Prozesse einzubringen. Öffentlichkeitsarbeit rundet die Aufgaben des VDE|DKE ab.

BMWi | Sichere digitale Identitäten¹⁵

Die Digitalisierung hat eine schnell wachsende neue Realität geschaffen. In dieser findet die Wahrnehmung der in ihr agierenden Elemente in einer anderen Form statt als in der physischen Welt. In der virtuellen Welt erfolgt die Darstellung und Identifikation einer Entität über Nullen und Einsen. Für das Funktionieren der digitalen Welt im Allgemeinen und für die Zukunftsprojekte der deutschen Wirtschaft im Speziellen sind „Sichere Digitale Identitäten“ essentiell. Das unternehmens-, system-, branchen- und andere „Grenzen“-übergreifende digitale Interagieren erfährt mit der Industrie 4.0, den Smart Cities, Smart Mobility oder dem Internet of Things ein vollkommen neues Ausmaß. Dies lässt nach der Bedeutung und Notwendigkeit eines gemeinsamen Verständnisses und Herangehens fragen.

Das DIN/DKE-Projekt „Sichere Digitale Identitäten“ eruiert vor diesem Hintergrund die bestehenden Normen und Standards sowie den Status quo zu Entwicklungen, Lösungen und marktüblichem Vorgehen in unterschiedlichen Branchen. Das Projekt ist durch das Bundes-

¹⁵ www.din.de/go/sdi

ministerium für Wirtschaft und Energie gefördert, mit dem Ziel, einen Prozess in die Wege zu leiten (Normungsroadmap und politische Maßnahmen), der hinsichtlich digitaler Identitäten das Bewusstsein, den Inhalt und die Rahmenbedingungen zu einer gemeinsamen Basis für eine interoperable, sichere und effiziente Infrastruktur schafft.

DIN Connect I Cloud Federation¹⁶

Zunehmend ist zu beobachten, dass Unternehmen des Maschinenbaus, aber auch Komponentenhersteller wie beispielsweise Steuerungskomponenten-, Sensor- und Aktorhersteller eigene Cloud-basierte Systeme und Dienste anbieten. Diese setzen voraus, dass Komponenten- oder Maschinendaten dem jeweiligen Hersteller zur Erbringung des Dienstes geeignet zur Verfügung stehen. Betreiber von Maschinen/Anlagen werden zunehmend der Situation ausgesetzt, Daten ihres Maschinenparks, bestehend aus zumeist Maschinen unterschiedlicher Hersteller, zukünftig an eine Vielzahl externer Unternehmen zu liefern, um bestmöglichen Service/Funktion erreichen zu können. Dabei wird angenommen, dass als IT-Systeme bei dem Betreiber von Fertigungsanlagen sowie bei Komponentenherstellern beziehungsweise Anbietern von Remote Services zunehmend Cloud-Technologien zum Einsatz kommen. Der Begriff Cloud Federation umfasst zum einen die Kommunikation von der Feld- beziehungsweise Edge-Komponente in die Cloud eines Anlagenbetreibers sowie in die Gegenrichtung. Zum anderen umfasst Cloud Federation auch die unternehmensübergreifende Kommunikation zwischen unterschiedlichen Cloudsystemen (technologisch) beziehungsweise durch unterschiedliche Unternehmen kontrollierte und/oder betriebene Cloudsysteme (organisatorisch).

Ziel der geplanten DIN SPEC 92222 „Reference Model for Industrial Cloud Federation“ ist die Sicherstellung der Interoperabilität und Kommunikation zwischen beteiligten IT-Teilsystemen sowie physikalischen Geräten. Dabei wird die Kommunikation von Edge-Komponenten in die Cloud des fertigenden Unternehmens sowie unternehmensübergreifend zu weiteren Cloudsystemen betrachtet. Im Rahmen der DIN SPEC werden ausschließlich Anwendungsfälle aus dem Bereich Industrie 4.0, d.h. Fertigung, Produktion, Maschinen- und Anlagenbau, fokussiert. Auf der Grundlage konkreter Anwendungsfälle werden in der DIN SPEC Lösungsmuster für die industrielle Cloud Federation definiert. Lösungsmuster umfassen in diesem Zusammenhang geforderte Implementierungstechnologien mit konkreten Parametern.

BMBF I ZDKI für Industrie 4.0¹⁷

In der zukünftigen Industriewelt, die unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ diskutiert wird, ist die drahtlose Kommunikation zwischen verteilten Systemen unverzichtbar. Um die Regelung komplexer Prozesse zu ermöglichen, muss eine extrem geringe Latenz und Jitter erreicht werden. Gleichzeitig ist eine hohe Zuverlässigkeit der Kommunikation bei gleichzeitig hoher Gerätedichte sicherzustellen. Um hohe Datenraten bei extrem geringer Latenz sicherzustellen,

¹⁶ www.din.de/go/din-spec-92222

¹⁷ www.industrialradio.de/Menu/Home/ZDKI

sind zukünftige Einsatzmöglichkeiten, wie die haptische Mensch-Maschine-Schnittstelle beziehungsweise „Augmented Reality“, nur mit einer neuen Funktechnologie möglich. Das Forschungsvorhaben ZDKI (Zuverlässige Drahtlose Kommunikation in der Industrie) unter dem Namen „INDUSTRIALRADIO.DE“¹⁸ setzt in den Limitierungen an und wird mittels neuartiger Funktechnologien die Echtzeit-Einsatzmöglichkeiten sicherstellen. Acht eigenständige Forschungskonsortien aus Industrie und Wissenschaft beschäftigen sich mit dieser Problemstellung, angelehnt an unterschiedliche Anwendungsfälle aus der Industriepraxis. Die acht Projekte werden von der Begleitforschung BZKI (Begleitforschung für zuverlässige Kommunikation in der Industrie) koordiniert, um die in den Projekten erzielten Erkenntnisse zu bündeln und für die Normung/Standardisierung zusammenzuführen. Erste Ergebnisse sind über die Begleitforschung BZKI bei 3GPP und der ITU-R für den 5G-Standard eingeflossen.

Weitere BMBF-Forschungsprojekte innerhalb der Ausschreibungsserie „Industrielle Kommunikation der Zukunft“ beschäftigen sich mit unterschiedlichen 5G-Technologieansätzen in Verbindung mit Industrie 4.0. Herausgestellt dabei sind TACNET4.0 für die Taktile Industrie 4.0-Kommunikation und die Begleitforschung IP45G mit mehreren Gesamtvorhaben zum 5G-Netzwerkmanagement in Verbindung mit Industrie 4.0.

Europäische Forschungsförderung

Normung und Standardisierung sind in der Welt von Forschung und Entwicklung nicht nur auf nationaler Ebene von immer größerer Bedeutung. Auch die Europäische Kommission integriert zunehmend Anforderungen an Normung und Standardisierung in ihren Ausschreibungstexten. Deshalb sind DIN und DKE auch in der vielfältigen Themenwelt von Horizon 2020¹⁹, dem Rahmenprogramm der Europäischen Kommission zur Förderung von Forschung und Innovation, ebenso engagiert wie in den vorangegangenen europäischen Forschungsrahmenprogrammen.

Aktivitäten der Europäischen Kommission für eine Europäische Koordinierung

Die Europäische Kommission hat im April 2016 ein Maßnahmenpaket für die Digitalisierung der Europäischen Industrie (Digitising European Industry, DEI)²⁰ veröffentlicht. Dieses Paket soll verschiedene nationale Initiativen wie etwa „Industrie 4.0“, „Smart Industry“ und „Industrie du futur“ unterstützen und ergänzen. Normen und Standards werden darin als ein integraler Bestandteil für die Digitalisierung der Europäischen Industrie identifiziert, da sie Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit haben und bei regulatorischen und legislativen Aufgaben unterstützen können. Als Teil des Paketes hat die Europäische Kommission die IKT-Normungsprioritäten vorgelegt.

¹⁸ www.industrialradio.de/Home/Index

¹⁹ <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020>

²⁰ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digitising-european-industry>

Im Oktober 2017 haben die Generaldirektionen GROW, CONNECT und RTD ermittelt, inwieweit eine Unterstützung und Koordinierung der Standardisierungsaktivitäten für die digitale Transformation auf europäischer Ebene vonnöten ist, hierzu zählen:

- Orchestrierung von Aktivitäten auf europäischer Ebene
- Identifizierung von Standardisierungslücken
- Koordination von industriegeführten Public Private Partnerships (PPP)
- Strategische Beratung bei der Implementierung von Piloten und Plattformen mit Schwerpunkt Standardisierung
- Identifizierung und Verwendung von Architekturereferenzmodellen
- Beratung und Training für KMU (kleine und mittlere Unternehmen)
- Enge Verzahnung mit dem „Rolling Plan on ICT Standardisation“

Als Handlungsempfehlungen wurde eine klare Aufgabenteilung zwischen der Industrie als Treiber von Standardisierung und der Europäischen Kommission als Unterstützer der Koordinierung von Standardisierungsaktivitäten sowie der Verbindung zu Pilotaktivitäten von PPPs adressiert.

Eine weitere Gruppe, die sich auf europäischer Ebene mit Standards für die digitale Transformation der Industrie beschäftigt, ist die Aktion 14 der „Gemeinsamen Europäischen Normungsinitiative“ (JIS)²¹, welche durch die Generaldirektion GROW in Ausgestaltung der Binnenmarktstrategie eingesetzt wurde. Aktion 14 hat sich bis Ende 2019 unter anderem zum Ziel gesetzt, die Kenntnis über internationale Normungsaktivitäten innerhalb der European Public Private Partnerships (PPPs) zu erhöhen

Bei Forschungsprojekten, insbesondere wenn sie mit öffentlichen Mitteln gefördert werden, steht die effektive, wirtschaftliche Verwertbarkeit der Ergebnisse im Vordergrund. Forschungsvorhaben müssen daher ganzheitlich ausgerichtet sein. Um den Markttransfer und die Verbreitung innovativer Ergebnisse aus der Forschung und Entwicklung optimal zu unterstützen, sollten bereits in der Phase der Beantragung von Forschungsprojekten Normungs- und Standardisierungsaktivitäten Berücksichtigung finden.

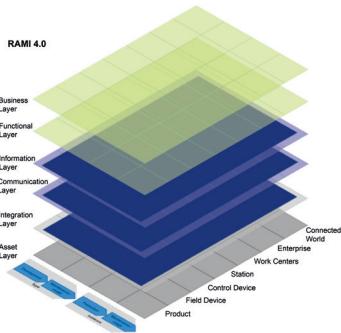
Den Fördermittelgebern wird daher empfohlen, in den Ausschreibungstexten Normungs- und Standardisierungsaspekte aufzunehmen und so die Initiierung von Normungs- und Standardisierungsarbeiten bereits im Rahmen von Forschungsprojekten zu lancieren.

DIN und DKE können sowohl in nationalen als auch in europäischen und internationalen Forschungsprojekten als Projektpartner eingebunden werden. Durch die Beteiligung von DIN und DKE in Konsortien wird die frühzeitige Berücksichtigung von Normung und Standardisierung und somit die Verwertung der Forschungsergebnisse sichergestellt²².

21 http://ec.europa.eu/growth/content/joint-initiative-standardisation-responding-changing-marketplace-0_en

22 www.din.de/de/forschung-und-innovation/partner-in-forschungsprojekten

3 THEMENBEREICHE UND NORMUNGSBEDARF



3.1 Semantik

3.1.1 Semantik, Merkmale, Ontologien

„Industrie 4.0“ steht für eine hochverdichtete Vernetzung aller Gegenstände über den Produktlebenszyklus vom Entstehungsprozess im Engineering über die Produktion bis zum Produktlebenszyklusende und dem Entsorgen oder Recycling eines Gegenstandes. Während des gesamten Lebenszyklus müssen Informationen ausgetauscht werden, die von allen Partnern gleich verstanden werden müssen. Dies setzt somit eine einheitliche Semantik voraus. Diese Semantik umfasst beispielsweise genormte Bibliotheksverzeichnisse (z.B. ecl@ss) mit standardisierten Merkmalsbegriffen, genormte Engineering-Bibliotheken (z.B. ProStep), das ein Austauschformat AutomationML und weitere Technologiesprachen aus der Internetindustrie ist. Diese international verbindliche Zusammenführung in Normen und Normung ist zentraler Bestandteil der Vernetzung von Gegenständen und erfordert eine übergreifende Koordination unterschiedlichster SDOs mit den Partnerländern in der konsensualen Standardisierung.

Die auszutauschenden Daten müssen bei der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und Maschine-zu-Mensch-Kommunikation für alle kommunizierenden Partner die gleiche Bedeutung haben. Dies wird erreicht, wenn (1) ein gemeinsames Vokabular verwendet wird, (2) der Kontext bekannt ist, in dem die einzelnen Vokabeln verwendet werden, (3) vereinbarte Bildungsregeln für Sätze für den Nachrichtenaustausch eingehalten werden und (4) die Folge des Austausches der Vokabeln beziehungsweise der Sätze in der beabsichtigten Art und Weise interpretiert werden. In der Semiotik wird zur Benennung dieser Aspekte einer Sprache von Syntax, Semantik und Pragmatik gesprochen.

Im Umfeld von Industrie 4.0 müssen alle benannten Aspekte eindeutig erfüllt sein. Etwas vereinfacht wird dafür oft der Begriff Interoperabilität verwendet. Dafür werden künstliche, digital umsetzbare Sprachen benötigt, die allgemein anwendbar und einfach sind. Der zentrale Ansatz für Industrie 4.0 für (1) bildet das Merkmalmodell, das integriert in System- und Komponentenmodelle die Anforderung (2) nach der Einordnung in den Kontext erfüllt [2]. Zusätzlich werden Bildungsregeln für Nachrichten (3) zwischen den Kommunikationspartnern benötigt, deren Standardisierung noch nicht abgeschlossen ist. Außerdem befinden sich die Interaktionsmodelle (4) noch in dem Standardisierungsprozess [2].

Ontologien sind Beschreibungsmittel, die auf formaler Basis den Kontext von Vokabularen abdecken ([1] und teilweise [2]). Sie werden benötigt, um wissensbasierte Inhalte in den Vokabularen und deren Beziehungen zu erkennen. Transformationen der merkmalbasierten Vokabulare und deren Einbettung in Modelle sind dafür erforderlich.

Ontologien vernetzen Informationen mit logischen Relationen und sollen explizit formale Begriffsgebildungen spezifizieren, um so Wissen im jeweiligen Kontext abzubilden. Liegt diesen – meist domänenspezifischen – Konzepten eine gemeinsame Struktur zugrunde, werden Daten auch

domänenübergreifend interpretierbar. Unterschiedliche Konsortien arbeiten an solchen domänenübergreifenden Konzepten. Einheitliche Datenstrukturen begünstigen die Konzeptualisierung. Insbesondere bei „Big Data“-Anwendungen – zur Generierung neuer Geschäftsfelder – wird ein gemeinsames und einheitliches Verständnis von Daten essentiell.

Für die in den Handlungsempfehlungen beschriebenen Arbeiten sind Use Cases von außerordentlicher Bedeutung. Sie werden sowohl im LNI 4.0, der Arbeitsgruppe 3 der Plattform Industrie 4.0, in der DKE als auch im ZVEI, Bitkom und VDMA entwickelt und auf vereinheitlichter Basis verfügbar sein.

Literatur

[1] André Scholz, Constantin Hildebrandt, Alexander Fay, Tizian Schröder, Thomas Hadlich, Christian Diedrich, Martin Dubovy, Christian Eck, Ralf Wiegand: *Semantische Inhalte für Industrie 4.0 – Semantisch interpretierbare Modellierung von technischen Systemen in kollaborativen Umgebungen*. atp edition, [S.l.], v. 59, n. 07–08, p. 34–43, sep. 2017. ISSN 2364-3137

[2] Christian Diedrich, Alexander Bieliaiev, Jürgen Bock, Andreas Gössling, Rolf Hänisch, Andreas Kraft, Florian Pethig, Jörg Neidig, Oliver Niggemann, Johannes Reich, Friedrich Vollmar, Jens Viakowitsch, Jörg Wende: *Fortschreibung des Interaktionsmodells für Industrie 4.0-Komponenten. Diskussionspapier. Plattform Industrie 4.0*. November 2016.

[3] Alexander Fay, Christian Diedrich, Mario Thron, André Scholz, Philipp Puntel Schmidt, Jan Ladiges, Thomas Holm: *Wie bekommt Industrie 4.0 Bedeutung? Beiträge von Normen und Standards zu einer semantischen Basis*. atp (57) Heft 7–8, S. 30–43. Deutscher Industrieverlag DIV.

[4] Christian Diedrich, Thomas Hadlich, Mario Thron: *Semantik durch Merkmale für I40. Beitrag in B. Vogel-Heuser et al. (Hrsg.), Handbuch Industrie 4.0, Springer Nachschlagewissen, DOI 10.1007/978-3-662-45537-1_63-1. Online ISBN 978-3-662-45537-1*.

Handlungsempfehlungen

- 3.1-1** Merkmalsysteme (1), wie sie z. B. in IEC Common Data Dictionaries (z. B. IEC 61987) und ecl@ss verwendet werden, müssen in zwei Richtungen weiterentwickelt werden [3, 4]. Erstens muss der Merkmalbegriff sowohl auf Parameter und Variablen als auch auf Funktionen erweitert werden. Dies ist erforderlich, da zusätzlich zu den Merkmalstammdaten von Assets auch Parameter und Variablen sowie Funktionsaktivierungen, wie sie im operativen Betrieb verwendet werden, in das Vokabular aufgenommen werden. Dazu gehören auch die Identifikation und Annotation (Zeitstempel, Ausprägungsaussagen) von Instanzen der Merkmale, da sich in einem System mehrmals das gleiche Merkmal befinden kann. Dafür sind Erweiterungen und Anpassungen von IEC 61360/ISO 13584-42 erforderlich. Zweitens muss das verfügbare Vokabular wesentlich erweitert werden sowie die Handhabung in Bibliotheken und für den Onlinezugriff.

- 3.1-2** Systemmodelle wie AutomationML (IEC 62264), Komponentenmodelle wie z. B. die Gerätebeschreibungstechnologien (IEC 61804-3 bis -6, IEC 62769, IEC 62453) und Schnittstellenstandards wie OPC UA (IEC 62541) müssen Merkmale als Beschreibungsmittel aufnehmen (2). Dadurch kann jeweils der Kontext für die einzelnen Merkmale, Parameter und Funktionen hergestellt werden [1]. Dieser Schritt steht als Nächstes an.
- 3.1-3** Die Nachrichtenformate (3) müssen eine hohe Flexibilität aufweisen. Im Gegensatz zu den Protokollen der Kommunikation entsprechend dem OSI-Referenzmodell, in dem die Strukturen der Protokolldateneinheiten (oft als Telegramme oder Datagramme benannt) 100 % vorgegeben werden, muss zur Erfüllung der Flexibilität und der Abbildung der sehr großen Vielfalt der Anwendungsszenarien und -aufgaben auch die Struktur generisch gebildet werden können. Hier sind noch Standards zu entwickeln. Arbeiten im Rahmen der Plattform [2] und der VDI/VDE Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) sind bereits aufgenommen [GMA7.20].
- 3.1-4** Der Umfang, die Varianz und die Einbeziehung von Fehlern und ungewollten Systemzuständen bei der Erfüllung der Aufgaben in einer Wertschöpfungskette erfordern unterschiedliche Abläufe. Es ist zu erwarten, dass sich Muster herauskristallisieren, die jeweils für eine Klasse von Aufgaben angewendet werden können. Hier sind noch Standards zu entwickeln. Arbeiten im Rahmen der Plattform und der GMA sind bereits aufgenommen [4], Ansätze sind z. B. in IEC 62264-6 bereits enthalten.
- 3.1-5** Für den Erfolg ist es zwingend erforderlich, den Formalisierungsgrad der Normen und Standards zu erhöhen. Die Verwendung von formalen und semiformalen Spezifikationsmitteln in einem industriellen Softwareentwicklungsprozess ist deshalb vorzusehen. Formale/semitformale Beschreibungsmittel (z. B. Zustandsmaschinen, Sequenzdiagramm) sind insbesondere für die Verhaltensbeschreibung der Interaktionen (4) erforderlich, da sie integraler Bestandteil der Semantik sind. Beschreibungsmittel wie UML sind generell gute Ausgangspunkte.

3.1.2 Graph-theoretischer Ansatz zur formalen Beschreibung der Semantik von Industriellen Systemen (IACS)

Aus Kapitel 3.1.1 ist abzuleiten, dass eine formale, möglichst operationale, standardisierte Semantik notwendig ist. Dies ist auch aus praktischen Erwägungen der Fall, weil für eine operationale Semantik oft Werkzeuge (wie Graphic User Interface (GUI)²³, Tester, Simulator,

²³ GUI, Skalierbare Benutzeroberflächen
https://de.wikipedia.org/wiki/Skalierbare_Benutzeroberfl%C3%A4che

Model Checker) etc. in der Public Domain zur Verfügung stehen. Zur Darstellung und Analyse von semantischen Eigenschaften von industriellen Automations- und Kontroll-Systemen (IACS), wird daher ein graph-theoretischer Ansatz empfohlen, in welchem die semantischen Elemente die Ereignisse als Ecken, beziehungsweise Knoten eines Graphen darstellen. Ereignisse, also Zustandsveränderungen, werden durch die Kanten eines Graphen dargestellt. Ein Systemzustand beinhaltet meist auch eine Invariante, z. B. Systemstabilität, die über einen gewissen Zeitraum gilt und mittels eines Werkzeugs graph-theoretisch überprüft werden kann.

Vom Standpunkt des ‚Menschen in der Industrie 4.0‘ (Kapitel 4) aus betrachtet, sollte in einem Industrie 4.0-System prinzipiell die Entscheidung, nach einem beobachteten kritischen Ereignis zu handeln, dem Menschen vorbehalten bleiben. Demgegenüber kann die Entscheidungsvorbereitung durchweg durch die Maschine erfolgen, d. h. die Maschine beziehungsweise ein Werkzeug kann zuverlässig prüfen, welche Ereignis-Regeln geschaltet haben, beziehungsweise schalten werden und gegebenenfalls zur kritischen Zustandsänderung führen. Hieraus ergibt sich ein Technik-Leitbild, das eher auf die Unterstützung statt auf das Ersetzen menschlicher Entscheidungen abzielt: Die Maschine prüft, in welchem Zustand sich das betrachtete System befindet und der Mensch kann darauf mit entsprechenden Handlungen oder Maßnahmen reagieren. Diese Handlungen können z. B. in einem Graph-Manipulations-Werkzeug am GUI dargestellt und analysiert werden. Mit der Trennung von menschlicher Entscheidung und maschineller Entscheidungsvorbereitung können die Prinzipien einer menschengerechten Arbeit gewahrt bleiben.

Dort, wo die Konsequenzen aus dem beobachteten Ereignis unter Berücksichtigung von Recht und Gesetz, unter Einbeziehung der maßgeblichen ethischen Grundsätze und Prinzipien sowie unter Abwägung möglicher Werte-, Ziel- und Interessenkonflikte zwingend und alternativlos erscheinen, kann dieser Teil der menschlichen Entscheidungen im Sinne einer eindeutigen „Wenn-dann-Verknüpfung“ auf der Basis von zum Teil noch zu entwickelnden und verbindlich zu beschreibenden Regeln, Richtlinien und Normen bereits bei der Systemprogrammierung vorab getroffen werden. Es kann somit der Eindruck entstehen, die Maschine würde diese Entscheidung selbst treffen („Autonomation“).

Wenn allerdings solche Vorabentscheidungen des Menschen bei der Systementwicklung letztlich dazu führen, dass im Sinne von „machine learning“ und „Künstlicher Intelligenz“ immer mehr vom Menschen nicht geprüfte und nicht mehr prüfbare „maschinelle Entscheidungen“ an die Stelle von menschlichen, maschinell vorbereiteten Entscheidungen treten, ergibt sich

- a) die unbedingte Notwendigkeit einer sorgfältigen Beachtung der Postulate
„Rechtmäßigkeit/Gesetzlichkeit“, „ethische Fundierung/Werteverankerung“ und
„Transparenz/Nachvollziehbarkeit“ (siehe dazu auch Kap. 3.5 und Kap. 5) und
- b) das Risiko einer zunehmenden Verletzung von Prinzipien menschengerechter Arbeitsgestaltung im Sinne der Beeinträchtigung von Handlungs- und Entscheidungsspielräumen sowie Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten in der Mensch-Maschine-Interaktion (vgl. Kap. 4). Der weitere Normungsprozess zu Industrie 4.0 sollte dieses potenzielle Konfliktfeld daher sorgfältig im Blick behalten.

Use Cases sind von besonderer Bedeutung für die formale Beschreibung von Systemeigenschaften [ISI18], um ein gemeinsames Verständnis zwischen verschiedenen Stakeholdern zu dokumentieren. Eine Use Case-Beschreibung wird üblicherweise mit formalen Konzepten aus technischen Sprachen wie UML, AutomationML, JSON etc. vorgenommen.

Im Falle von UML sind es geometrischen UML-Graphiken, vgl. [UML05], die mithilfe von Templates spezifiziert, in einer Datenbank gelagert und als formale Objekte weiterverarbeitet werden können (s. [UCM15]).

Für die semantische Repräsentation eines technischen Systems benötigt man geeignete semantische Elemente, z.B. aus der Graph-Theorie, Mengentheorie oder modale Logiken etc.

Auf Basis der Graph-Theorie entsteht so eine intendierte Semantik, d.h. ein gemeinsames Verständnis, durch Veränderungen eines sogenannten Typ-Graphen, der ein System mit seinen Optionen darstellt [Mod05]. Einflüsse und Abhängigkeiten von innen und außen verändern den Systemzustand, z.B. ein Benutzer verletzt die Zugangsbedingungen zu einem Cloud-Dienst oder das Wetter verändert sich und beeinflusst die aktuelle Konfiguration eines Smart Grid. Diese Zustandsveränderungen können sehr anschaulich als Graph im Format der Use Cases dargestellt werden.

Im Beispiel der Spezifikationssprache UML gibt es u.a. ein GUI [Mod05], womit man Use Cases als standardisierte UML-Graphiken darstellen kann. Geometrische Grundfiguren, wie Linie, Rechteck, Ellipse, Icons etc. werden semantischen Objekten, wie Assoziation, System, Aktivität/ Use Cases, Stakeholder etc. zugeordnet.

Während Use Case-Spezifikationen in UML mit geometrischen Elementen, wie Rechteck Ellipse, Pfeil, Linie etc. dargestellt werden, stellen semantische Konzepte in der Regel ein mathematisches Konstrukt, wie z.B. Ecken und Kanten in der Graph-Theorie [Mod05], dar. Die Ecken (vertices) repräsentieren Systemkomponenten, Dienste oder Stakeholder, und Kanten (edges), die ein Paar von Ecken in Bezug setzen, entsprechen z.B. einer UML Association zwischen Stakeholdern, Diensten, Systemkomponenten usw.

Darüber hinaus wird die Erstellung eines einheitlichen Vokabulars für die Modellbildung und Systembeschreibung unter anderem im Format von Use Cases [UCMeth15], empfohlen. Z.B. wird in [ETSI06] ein formales Sprachkonzept auf der Grundlage der Graph-Theorie erstellt. Mit Graphen lassen sich u.a. Anwendungsfälle (Use Cases), Systemkonfigurationen und Zusammenhänge in großen Datenmengen gut darstellen. Zum sprachlichen Vokabular gehören Grundbegriffe wie Stakeholder, Rollenbeschreibung, Dienste, Schnittstellen, Attribute, Assoziationen, Objektklassen, abstrakte Datentypisierung etc., die für ein gemeinsames Verständnis und vergleichbare Darstellungen benötigt werden.

Industrie 4.0-Modellbildung auf der Grundlage der Graph-Theorie wird unterstützt von frei verfügbaren Werkzeugen und Plattformen, z. B. [AGG17], [GrGen10] etc., die meist ein GUI zur vereinfachten Darstellung der Semantik von Anwendungsfällen bieten. GUIs der unterstützenden Werkzeuge, Industrie 4.0-Vokabular und eine standardisierte Sprache sind wichtige Voraussetzungen für eine einheitliche Methodik zur Analyse und Synthese komplexer Industrie 4.0-Systeme, wie in [SemN18] dargelegt.

Handlungsempfehlungen

- 3.1-6** Normen zur Semantik und die sich daraus ergebenden Qualitätsverbesserungen der IACS-Sicherheit sollten, neben den Elementen für die IT-Sicherheit, in jeden „Werkzeugkasten Industrie 4.0“ eingefügt werden. Es ist evident, dass es einen Unterschied zwischen IT-Sicherheit, in der Regel gestützt auf Einzelmaßnahmen, mindestens aber zur Verbesserung der CIA-Eigenschaften, wie Confidentiality, Integrity, Authenticity etc. und der IACS-Sicherheit, letztere gestützt auf semantische Normen, gibt.
- 3.1-7** Empfohlen wird ein modellgestützter kontinuierlicher Ansatz und die Nutzung semantischer Validations- und Verifikationswerkzeuge wegen der hohen Komplexität der betrachteten Systeme, um Sicherheitsentscheidungen von IACS-Zuständen zuverlässig und nachvollziehbar treffen zu können.
- 3.1-8** Die Erstellung eines einheitlichen Vokabulars für die Modellbildung und Systembeschreibung im Format von Use Cases wird empfohlen

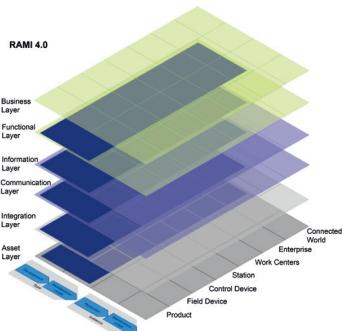
Literatur

- [ISI18] ETSI GS ISI 006 (WD 2018, Jan de Meer Rapporteur) *Information Security Indicators (ISI) – An ISI-compliant Measurement and Event Management Architecture for Cyber Security & Safety – CSlang A Cyber Security Specification Language.*
- [UCM15] IEC/PAS 62559-2:2015 *Use Case Methodology Part 2 – Definition of the Templates for Use Cases, Actor List and Requirement List.*
- [UML05] Chris Rupp et al. *UML2 glasklar – Praxiswissen für die UML-Modellierung und -zertifizierung;* 2005 Carl Hanser Verlag
- [Mod05] Uwe Kastens, Hans Kleine-Büning, *Modellierung – Grundlagen und Formale Methoden, Kapitel 5, S. 119–163 Modellierung mit Graphen,* 2005 Carl Hanser Verlag.
- [AGG17] *The Attributed Graph Grammar Werkzeug, Version 2.1(2017)* der TU Berlin:
www.user.tu-berlin.de/o.runge/agg

[GrGen10] Karlsruhe Institut für Technologie IPD Inst. f. Programmierparadigmen: GrGen.NET Graphtransformationswerkzeug svn.ipd.kit.edu/trac/mx/wiki/Tools/GrGen.NET

[SemN18] DKE Whitepaper Januar 2018, Jan de Meer et al., Semantische Normen und Use Cases für Industrielle Automations-Kontrollsysteme in der NRM I 4.0'

[UCMeth15][08] IEC/PAS 62559-2:2015 Use Case Methodology Part 2 – Definition of the Templates for Use Cases, Actor List and Requirement List.



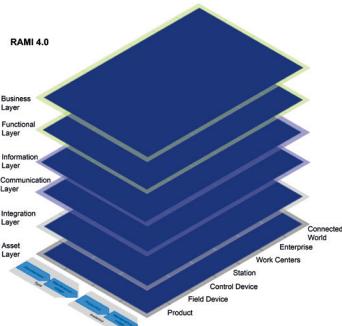
3.2 Normung von Begriffen

Von Beginn der Arbeiten an war klar, dass es in Industrie 4.0 aufgrund der neuen Modelle und Methoden neuer Begriffe/Benennungen bedarf. Aus diesem Grund wurde in VDI/VDE GMA 7.21 eine Untergruppe zu Begriffen gebildet.

Das von der Arbeitsgruppe „Begriffe“ erarbeitete Glossar wurde im April 2017 zweisprachig (Deutsch/Englisch) unter dem Titel „Industrie 4.0 Begriffe/Terms“ vom VDI²⁴ publiziert und ist öffentlich zugänglich.

Der Fortgang der Arbeiten ist beim Fraunhofer IOSB einsehbar²⁵ und ein jeweiliger Zwischenstand ist auf der Homepage der Plattform Industrie 4.0 verfügbar²⁶.

Auch auf IEC-Ebene (IEC/TC 65) erfolgt die Erstellung einer Liste mit Begriffen, in die die Plattform die Begriffe zu Industrie 4.0 eingebracht hat.



3.3 Referenzmodelle

Ein Referenzmodell ist ein Modell, das einen Aspekt, der in den Systemen eines Anwendungsbereichs eine wichtige Rolle spielt, in sich schlüssig beschreibt. Referenzmodelle berücksichtigen organisatorische und technologische Gegebenheiten und betrachten das zu modellierende System aus einer bestimmten Sicht heraus. Sie sind damit nicht alternativlos, beschreiben jedoch den Sachverhalt nach Meinung von Fachexperten zutreffend. Unterschiedliche Expertenkreise können allerdings zu unterschiedlichen Referenzmodellen kommen. Dies ist unerwünscht, aber in manchen Fällen nicht zu vermeiden. Referenzmodelle sind Metamodelle und Grundlage des gemeinsamen Verständnisses in den Fachkreisen. Zudem beschreiben sie die Struktur der Modelle im Anwendungsfall und sind Ausgangspunkt der auf ihnen aufbauenden Tools.

24 https://m.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/7153_PUB_GMA_-_Industrie_4.0_Begriffe-Terms_-_VDI-Statusreport_Internet.pdf

25 <http://i40.iosb.fraunhofer.de/FA7.21%20Begriffe%20-%20Industrie%204.0>

26 www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/Glossar/glossar.html

Für Industrie 4.0 ist die Verfügbarkeit von genormten Referenzmodellen in allen Bereichen eine entscheidende Voraussetzung. Durch die domänenübergreifende Sicht gewinnt die explizite, unmissverständliche und klare Darstellung der Sachverhalte in Referenzmodellen eine zusätzliche Bedeutung. Hier sind die bestehenden Fachmodelle zu ergänzen, zu erweitern und zu harmonisieren. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass die Referenzmodelle oft nicht explizit und abgegrenzt, sondern verteilt in Fachnormen beschrieben sind. Dies führt zu einer mehrfachen, unübersichtlichen, inkonsistenten und nicht referenzierbaren Beschreibung und zu Schwierigkeiten bei der Integration von Komponenten in ein Gesamtsystem.

Primäres Ziel eines Referenzmodells ist die klare und eindeutige Beschreibung eines relevanten Sachverhalts mittels eines Modells. Ein Referenzmodell, das diesen Kriterien genügt, ist ein standardisierbares Referenzmodell. Je nach Sicht, eigener Historie oder aber auch technik-beziehungsweise firmenpolitischen Gründen können für den gleichen Sachverhalt mehrere konkurrierende Referenzmodelle entstehen, die dann auch zu unterschiedlichen Lösungen führen. In diesem unerwünschten Fall kann es besser sein, mehrere parallele Normen oder Standards im konsensbasierten Rahmen zuzulassen, als das Entstehen von Konsortialstandards zu fördern. Dann ist allerdings ein Referenzmodell wenigstens in Domänen übergreifend anzustreben.

Serviceorientierte Architekturen (SOA) werden in den einschlägigen Industrie 4.0-Dokumenten (z. B. in [1]) als Kernaussage verwendet und gefordert. Von daher ist eine klare Festlegung und Abstimmung, was unter dem Begriff und dem technischen Konzept „Service“ genau zu verstehen ist, unbedingt notwendig. Dies gilt für die aktuellen Arbeiten der Plattform Industrie 4.0 sowie für die nachgeordneten Arbeitsgruppen und Verbandsgremien. Mit der DIN SPEC 16593-1 wurde die Idee in Form eines Referenzmodells für Industrie 4.0-Servicearchitekturen (RM-SA) aufgegriffen mit dem Ziel, eine konzeptionelle Basis für Interaktionen

- zwischen Industrie 4.0-Komponenten zu schaffen,
- darauf aufbauend das Konzept eines „Service“ in Industrie 4.0 zu klären und damit
- einen Grundbaustein zur Interoperabilität in der Industrie 4.0 zu legen.

Serviceorientierung und serviceorientierte Architekturen (SOA) sind technologische Anforderungen nicht nur in [1] und [2], werden aber konzeptionell nicht begründet und verfeinert. Das RM-SA ist eine Voraussetzung, dass die aktuell laufenden Standardisierungsarbeiten für Industrie 4.0 besser abgestimmt und komplementär ablaufen können. Konsens über das RM-SA ist letztlich entscheidend dafür, dass

- serviceorientierte Industrie 4.0-Referenzarchitekturen, Servicearchitekturen und Spezifikationen sowie
- Interaktionsprotokolle und dazu passende Test- und Prüfverfahren erstellt werden können.

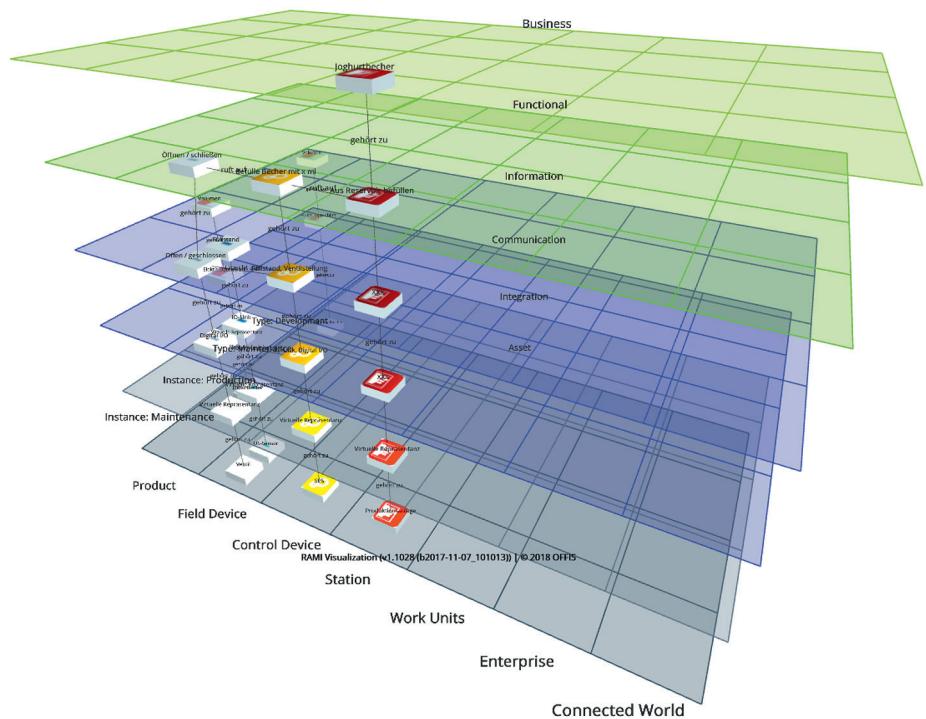
Damit werden die informationstechnische Interoperabilität von Industrie 4.0-Komponenten und Software-Anwendungen sichergestellt. Dies ist eine Voraussetzung, damit Industrie 4.0 im fairen

Wettbewerb der Unternehmen international umgesetzt werden kann und sich auch kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) mit eigenen Lösungen einbringen können.

Das Ergebnis des DIN SPEC-Workshops liegt seit Frühjahr 2018 als in englischer Sprache verfasste DIN SPEC 16593-1 (Titel: „Grundkonzepte einer interaktionsbasierten Architektur“ beziehungsweise „Basic concepts of an interaction-based architecture“) und als erster Teil einer geplanten Serie von DIN SPEC-Dokumenten mit dem Titel „RM-SA – Referenzmodell für Industrie 4.0-Servicearchitekturen“ beziehungsweise „RM-SA – Reference Model for Industrie 4.0-Service Architectures“ vor.

Der Anspruch der in der DIN SPEC 16593-1 definierten Interaktionsbasierten Architektur (IBA) ist es, einerseits die für die Industrie 4.0-Szenarien geforderte Flexibilität in der Interaktion und Kommunikation zwischen Industrie 4.0-Komponenten mithilfe unterschiedlicher Architekturstile zu ermöglichen und andererseits weit verbreitete und bereits empfohlene Kommunikationssysteme wie z.B. OPC UA zu unterstützen.

*Abbildung 4:
Referenzmodelle am
Beispiel einer Abfüllanlage
(Projekt IKIMUNI)*



Die Abbildung 4 verortet ein Industrie 4.0-Beispiel im RAMI 4.0-Referenzmodell. Das Beispiel wurde basierend auf dem RAMI-Modell einer Abfüllanlage eines Made-to-Order-Joghurts mit Losgröße 1 in eine Darstellung im RAMI 4.0-Bezugsrahmen überführt. Dadurch wird eine echte Produktionsanlage in verschiedene Industrie 4.0-konforme Sichten unterteilt und kann somit

besser analysiert und beurteilt werden. Gegenüber der üblichen, zumeist Power-Point-basierten Darstellung ermöglicht das im Rahmen des Projekts IKIMUNI²⁷ entwickelte Werkzeug interaktive Manipulation der Ansicht durch Filtern, Zoomen, Export in Form einer Grafik und Schneiden des Würfels. Dies führt zu einer interaktiven Diskussion und Analyse einer Industrie 4.0-Lösung.

Literatur

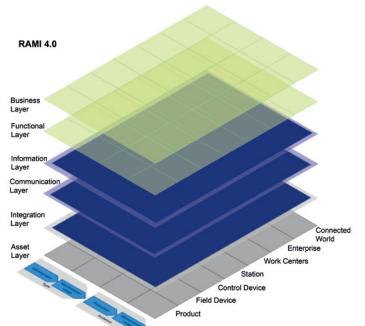
[1] DIN SPEC 91345, *Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0); Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0); Modèle de référence de l'architecture de l'Industrie 4.0 (RAMI 4.0)*

[2] IEC PAS 63088 Ed1, *Smart Manufacturing – Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI 4.0)*

3.4 Architekturen und Datenmodelle

3.4.1 Digitale Modelle

Von ganz entscheidender Bedeutung für die Industrie 4.0 ist der Aspekt einer hinreichenden Abbildung der physischen Welt in die Informationswelt. Diesem Problemkreis widmet sich seit Beginn der Arbeiten zu Industrie 4.0 der ZVEI-Arbeitskreis „Modelle und Standards“.



3.4.2 Referenzarchitekturmodell

Laut [1] und anderen Quellen ist eine Referenzarchitektur in der Informatik ein Referenzmodell für eine Klasse von Architekturen. Die Referenzarchitektur kann als Modellmuster, also als idealtypisches Modell für die Klasse der zu modellierenden Architekturen betrachtet werden. Industrie 4.0 spezifiziert mit dem Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 nicht „die“ Architektur schlechthin, sondern lediglich den Rahmen mit Mindestanforderungen. Dazu gehören die Festlegung von Begrifflichkeiten und eine Methodik mit Regeln zur Beschreibung der physischen Welt zum Zweck der Spiegelung (Reflexion) in die Informationswelt:

- Spiegelung relevanter Parameter der physischen Welt in die Informationswelt
- Repräsentation/Format der physischen Welt in der Informationswelt
- Identifikation von Komponenten
- Verbindung von Komponenten (Orchestrierung)
- Kooperation von Komponenten (Choreographie)
- Netzstruktur und Datenformat zum Informationsaustausch zwischen Komponenten
- Mindestvorgaben zur Implementierung
- und viele weitere

²⁷ www.ikimuni.de/de

Ein Modell hat auf Basis der Modelltheorie grundsätzlich einen Zweck, einen Bezug zu einem Original und abstrahiert bestimmte Eigenschaften des Originals.

Digitale Modelle beziehungsweise Modellperspektiven sind in Industrie 4.0 nach SemAnz [2]:

- Informationsmodell mit seinen Untermodellen
- Eigenschaftsmodell zur Beschreibung der Eigenschaften von Objekten
- Systemmodell zur Beschreibung der Bedeutung von Objekten
- Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Objekten mit den Teilmodellen
- Verhaltensmodell zur Beschreibung der Abläufe und der Variablen
- Strukturmodell mit real vorliegenden Elementen
- Grundsystem zur Beschreibung eines Systems aus funktionaler Sicht

In der Informatik hilft die klassische Modellierung mit Gleichungen nicht weiter. Für Industrie 4.0 nutzt man daher diskrete Modelle.

Während üblicherweise die Systemarchitektur auf Basis reiner IT-Regeln erfolgt, z.B. auf Basis ISO/IEC/IEEE 42010:2011, ist das Ziel in Industrie 4.0 die vorherige Schaffung einer Methodik zur koordinierten Übertragung aller relevanter Informationen der physischen Welt in die Informationswelt zum Zweck einer durchgehenden rechnergestützten Automatisierung, was in Industrie 4.0 mit dem Begriff „Spiegelung“ oder Reflexion beschrieben wird. Spiegelung beschreibt den Vorgang zum Entstehen eines digitalen Abbildes der physischen Welt in Form von Daten in der Informationswelt. Diese Daten werden nach einheitlichen Regeln des Referenzarchitekturmodells Industrie 4.0 [3] strukturiert, damit eine homogene Beschreibung gewährleistet ist. RAMI 4.0 charakterisiert einen beliebigen Gegenstand, ohne dass seine innere Struktur bekannt sein muss. Es ist also für die Informationswelt von Industrie 4.0 ein einheitliches Informationsmodell spezifiziert, in dem die Eigenschaften eines Gegenstands die herausragende Rolle zur Spiegelung darstellen. Dabei geht man davon aus, dass die physische Welt eine Summe von Gegenständen darstellt. Dies können Komponenten einer Anlage sein, ein Gegenstand kann aber auch eine Idee oder eine ganze Anlage repräsentieren. Eine Anlage kann als ein Zusammenwirken vieler Gegenstände aufgefasst werden. Damit wird die Beschreibung beliebiger Teile eines Gegenstands als (Unter-)Gegenstände oder einem Ganzen als (Gesamt-)Gegenstand möglich einschließlich der Beschreibung des Zusammenwirkens solcher Gegenstände. Die Methodik der Gegenstandsbeschreibung auf Basis von RAMI 4.0 muss in allen Lösungen (Anwendungen) befolgt sein, damit sich diese insgesamt „Industrie 4.0-konform“ verhalten. Mit dieser Methode ist die Übertragbarkeit von Informationen von Gegenständen und deren Kopplungsfähigkeit sichergestellt.

3.4.3 Merkmale²⁸

Eine Grundvoraussetzung zur Spiegelung eines Gegenstands in die Informationswelt ist die Beschreibung seiner Eigenschaften. Solche Eigenschaften können trivial wie „Höhe“, „Länge“, „Breite“ sein, es kann sich aber auch um Eigenschaften handeln, deren Ausprägung sich erst nach komplexen Berechnungen ergibt. Gefordert ist eine eindeutige Benennung (Begriffe) der Eigenschaften eines Gegenstandes in der physischen Welt, damit diese in die Informationswelt gespiegelt werden können. Die zur Spiegelung der Eigenschaften angewandte Methodik erfolgt gemäß der Zwillingsnorm IEC 61360 beziehungsweise ISO 13584-42.

Die nach dem Spiegelungsprozess binär vorliegenden Informationen kennzeichnen den Gegenstand der physischen Welt als Liste von Merkmalen in der Informationswelt. Da in Industrie 4.0 keine beliebigen Gegenstände zur Anwendung kommen, sondern nur „Gegenstände mit Wert für eine Organisation“ (= Industrie 4.0), heißen solche Gegenstände „Assets“.

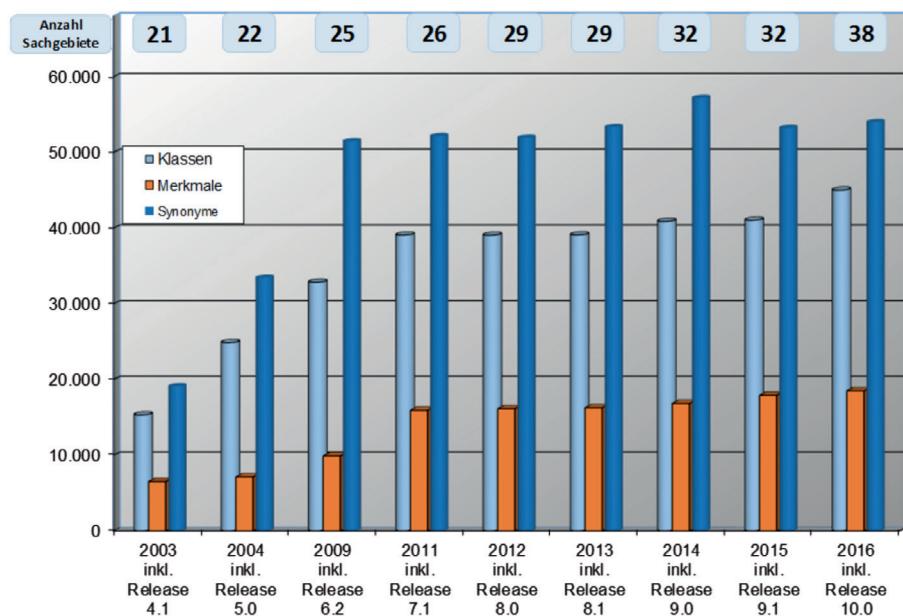
Der eCl@ss e. V.²⁹ hat bereits Merkmale für über 30 Branchen definiert. Fehlen in eCl@ss Merkmale zur Beschreibung eines Produkts so können diese für automatisierungstechnische Produkte, Gesundheitswesen und andere Branchen entweder in einer eCl@ss-Arbeitsgruppe, in für Industrie 4.0 relevanten Konsortien oder über das eCl@ss-Portal direkt beantragt werden. eCl@ss arbeitet eng mit den nationalen, europäischen und internationalen Normungsgremien zusammen. So ist ein Teil der eCl@ss-Merkmale bereits in IEC genormt. Außerdem wird gerade in einer Arbeitsgruppe der Weg von in IEC genormten Merkmalen zu eCl@ss und der von eCl@ss spezifizierten Merkmale zur IEC erarbeitet. Industrie 4.0 kann also mit dem eCl@ss-Standard und den in IEC für die Informationswelt gespiegelten Gegenständen auf genormte Merkmale zurückgreifen. Deren Zahl steigt stetig. Gegenwärtig sind in der eCl@ss-Datenbank ca. 18.000 Merkmale verfügbar (Abbildung 5).

28 IEC 61360 beziehungsweise ISO 13584-42, Näheres in [1]

29 www.eclasseu

Abbildung 5:
Ausgewählte eCl@ss-Sachgebiete mit Merkmalen über die Jahre (Quelle: eCl@ss)

~ 18.000 Merkmale zur Produktbeschreibung



3.4.4 Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0

Es reicht nicht, ein Asset nur mit Merkmalen zu beschreiben. Jedes Asset hat bestimmte fachliche Funktionen und besondere Eigenschaften, die in den Ebenen (Layern) von RAMI 4.0 beschrieben werden und seinen eigentlichen Nutzungszweck kennzeichnen. Die Lebenslauf-Achse von RAMI 4.0 charakterisiert das Asset mit bestimmten Zuständen an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Zeit während seines gesamten „Lebens“. Damit ist für jedes Asset eine Art Lebenslaufakte zu führen (vgl. Kapitel 3.5 Lebenslaufakte für Industrie 4.0-Komponenten), die es während seines ganzen Lebens mit den Mindest-Kenngrößen „Zeit“, „Ort“ und „Zustand“ und den Mindest-Zuständen „Typ“ und „Instanz“ begleitet. Schließlich ist ein Asset immer jemandem beziehungsweise etwas zugeordnet, was die Hierarchie-Achse anzeigt (Abbildung 6).

Die Methodik, mit RAMI 4.0 alle Assets einer Industrie 4.0-Lösung zu beschreiben, ermöglicht es, ein Asset hinreichend genau zu beschreiben, um von ihm ein „informatisches Spiegelbild“ für die Informationswelt anzufertigen.

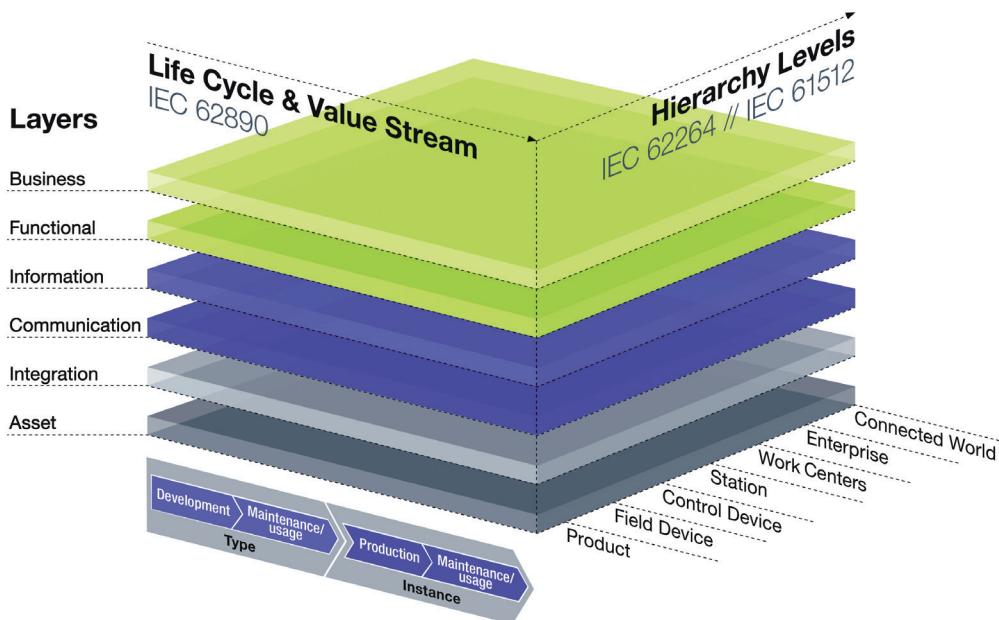


Abbildung 6:
Das Referenzarchitekturmodell
Industrie 4.0 (RAMI 4.0),
Quelle: DIN SPEC 91345

3.4.5 Verwaltungsschale und Industrie 4.0-Komponente

Ein fertiges „Spiegelbild“ eines Assets muss nun aber im operationalen Betrieb mit einem oder mehreren anderen Assets in der physischen Welt beziehungsweise deren Spiegelbild in der Informationswelt kooperieren.

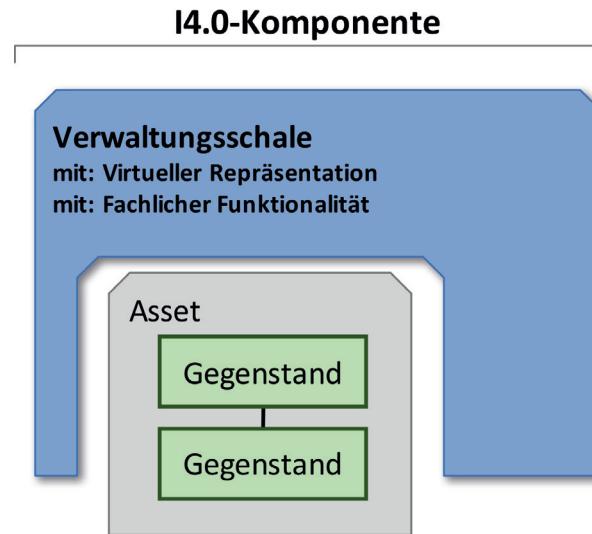
Hierzu dient die Industrie 4.0-Komponente (Abbildung 7). Sie besteht aus dem Asset der physischen Welt und dessen informatorischer Abbildung in der Informationswelt mittels der Verwaltungsschale. D.h. die ein Asset charakterisierenden Merkmale der physischen Welt sind für die Nutzung in der Informationswelt in den Verwaltungsschalen von Industrie 4.0-Komponenten einschließlich entsprechender Identifikatoren (IDs) hinterlegt.

Informationsaustausch (Information Layer)

Die Verwaltungsschale stellt ihre Informationen über ein Industrie 4.0-konformes API³⁰ zur Verfügung. Dieses besteht aus der Industrie 4.0-konformen Kommunikation, und darauf aufsetzend bietet OPC UA neben Diensten auch Security-Mechanismen an.

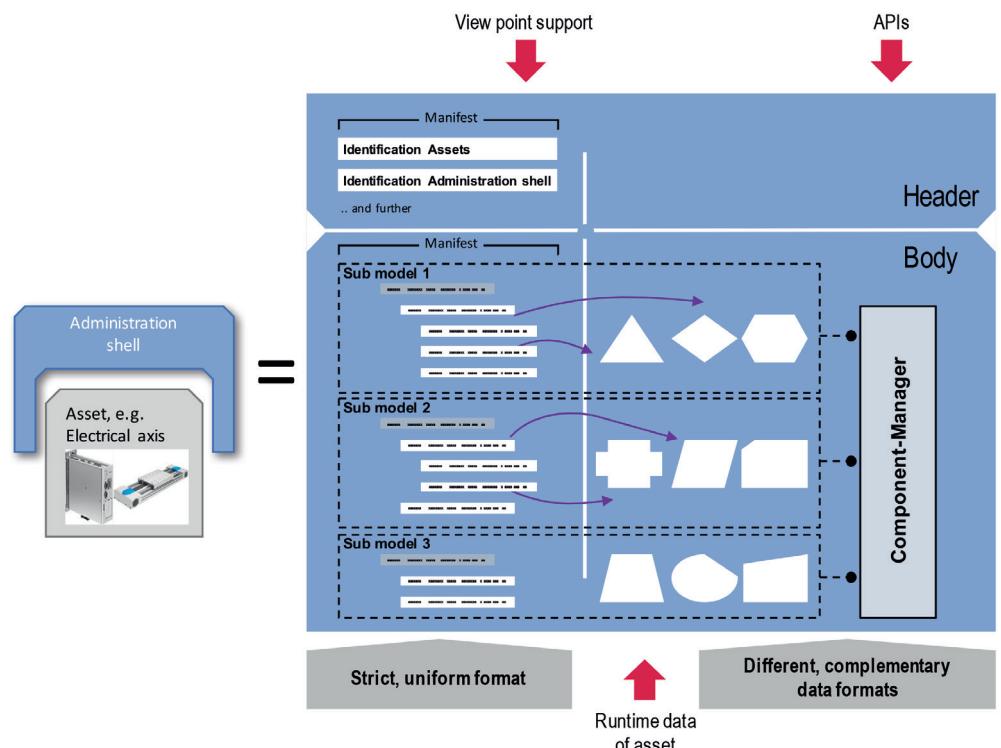
30 application programming interface

Abbildung 7:
Industrie 4.0-Komponente
nach IEC PAS 63088
(DIN SPEC 91345)



Eine Verwaltungsschale ist grundsätzlich zweigeteilt (Abbildung 8). Der Body charakterisiert das Asset mit seinen Eigenschaften, der Header enthält alle Daten eines Assets, welches seine Nutzung betrifft. Im Header wird mindestens die Lebenslaufakte gehalten.

Abbildung 8:
Grobstruktur der
Verwaltungsschale nach
IEC PAS 63088
(DIN SPEC 91345)



Beschreibung von Zusammenhängen einer Lösung

Um eine Anlage mit ihren inneren Zusammenhängen komplett zu beschreiben, bietet sich entsprechend den Ergebnissen von SemAnz [2] die Automation Markup Language an, kurz AutomationML.

Fachliche Funktionalität von Gegenständen (Functional Layer)

Ein Asset besitzt eine fachliche Funktionalität zur Erfüllung einer Aufgabe in einem Industrie 4.0-System. Dazu muss diese Funktionalität formal beschrieben maschinenverarbeitbar vorliegen. Die formale Beschreibung kann mit einer hierzu geeigneten „Sprache“ oder aber mit in einer Bibliothek verfügbarem ausführbarem Code erfolgen. Hierzu bietet sich die Prüfung der in PLCopen angewandten Methodik „PLCopen Motion Control“ an.

Handlungsempfehlungen

- 3.4-1 Nutzung der Zwillingsnormen ISO 13584-42 beziehungsweise IEC 61360 zur Spezifikation von Merkmalen
- 3.4-2 Erweiterung des Modells der Zwillingsnormen ISO 13584-42 beziehungsweise IEC 61360 um Merkmale mit variabler Ausprägung und variable Merkmalsausprägungen
- 3.4-3 Erweiterte Zuordnung in Hierarchien der IEC 62264 (Erweiterung der MES-Norm)
- 3.4-4 Berücksichtigung der IEC PAS 63088 (RAMI 4.0 und Industrie 4.0-Komponente, DIN SPEC 91345) in IEC/ISO JWG 21
- 3.4-5 Berücksichtigung der Normenreihe IEC 62832 (Digitale Fabrik mit Teil-Spezifikation zum Zusammenschalten von Assets)
- 3.4-6 Berücksichtigung der DIN SPEC 16593-1 (Basic concepts of an interaction-based architecture) zur Beschreibung grundlegender Konzepte zur Interaktion zwischen I4.0-Komponenten und darauf aufbauender Services mit unterschiedlichen Architekturstilen (vgl. auch Kapitel 3.3 Referenzmodelle)
- 3.4-7 Erstellung der Lebenslaufakte nach IEC 62890 und DIN 77005-1 (Lifecycle Management beziehungsweise Lebenslaufakte für technische Anlagen)
- 3.4-8 Nutzung des Funktionsmodells entsprechend VDI 3682 (Produkt, Energie, Information, Funktion/Prozess, Technische Ressource zur formalisierten Prozessbeschreibung)

- 3.4-9** Erarbeitung eines Strukturmodells auf Basis der Normen ISO 62264, VDI 2206 und IEC 61512 (Batch Control, Systeme (Ausrüstungshierarchie), Funktionale Einheiten, Fachliche Funktionalitäten von Assets)
- 3.4-10** Einbeziehung der Detailergebnisse von SemAnz40 [SemAnz] zur Beschreibung von Prozessen
- 3.4-11** Verhaltensmodell entsprechend IEC 61131-3 (Programmorganisationseinheiten, Variablen)
- 3.4-12** Nutzung von OPC UA zum Informationsaustausch IEC 62541 (OPC UA)
- 3.4-13** Berücksichtigung der DIN SPEC 16592 (Mapping AutomationML und OPC UA)
- 3.4-14** Nutzung der DIN SPEC 16593-1 zur Definition von Diensten
- 3.4-15** Nutzung des Gerätemodells (Device Model) nach IEC 61804-2 (relevant für Integration und Functional Layer)
- 3.4-16** Prüfung von „PLCopen Motion Control“ auf allgemeine Eignung zur Beschreibung fachlicher Funktionalität

Literatur

- [1] Basiswissen Industrie 4.0, Referenzarchitekturmodell und Industrie 4.0-Komponente; Heidel, Hoffmeister, Hankel Döbrich; Beuth Innovation Juli 2017
- [2] [SemAnz40] Semantische Allianz für Industrie 4.0, Verbundvorhaben mit Mitteln des BMWi/AIF, www.semanz40.de
- [3] IEC PAS 63088 Ed1, Smart Manufacturing – Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI 4.0)

3.4.6 Produktkriterien

Beinahe inflationär erscheint bei Produkten die Verwendung von Begriffen wie „IoT ready“, „RAMI 4.0-konform“ oder „Industrie 4.0-Siegel“. Daneben bieten Beratungsunternehmen an, Produkte und ganze Unternehmen auf ihre Industrie 4.0-Tauglichkeit zu testen. Dahinter verbergen sich allzu oft Leistungsangebote, die Industrie 4.0 völlig unterschiedlich definieren und weit mehr zur Verwirrung als zur Klärung beitragen. Im ZVEI wurden dafür allgemeine und herstellerunabhängige Kriterien für Industrie 4.0-Produkte erarbeitet, die im ZVEI-Kriterienkatalog beschrieben werden.

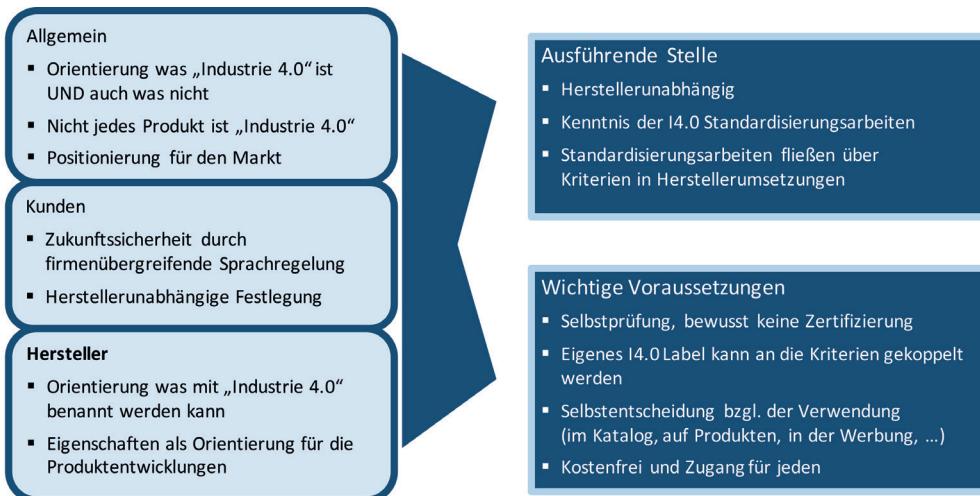


Abbildung 9:
Produktkriterien ermöglichen eine erste herstellerunabhängige Orientierung für Kunden und Hersteller

Den Anbietern im Markt helfen die Kriterien zu entscheiden, welche Produkte heute schon als Industrie 4.0-fähig gekennzeichnet werden können. Gleichzeitig können Unternehmen diese Kriterien als Anleitung für die Produktentwicklung verwenden. Für Kunden bietet die ZVEI-Definition Klarheit über die Leistungen und Features, die Industrie 4.0-Produkte besitzen sollten. Das sorgt insgesamt für mehr Transparenz und Sicherheit im Markt. So wird indirekt auch deutlich, was nicht Industrie 4.0-konform ist. Abbildung 9 zeigt die jeweiligen Vorteile für die Marktteilnehmer, Abbildung 10 die Herleitung der Kriterien.

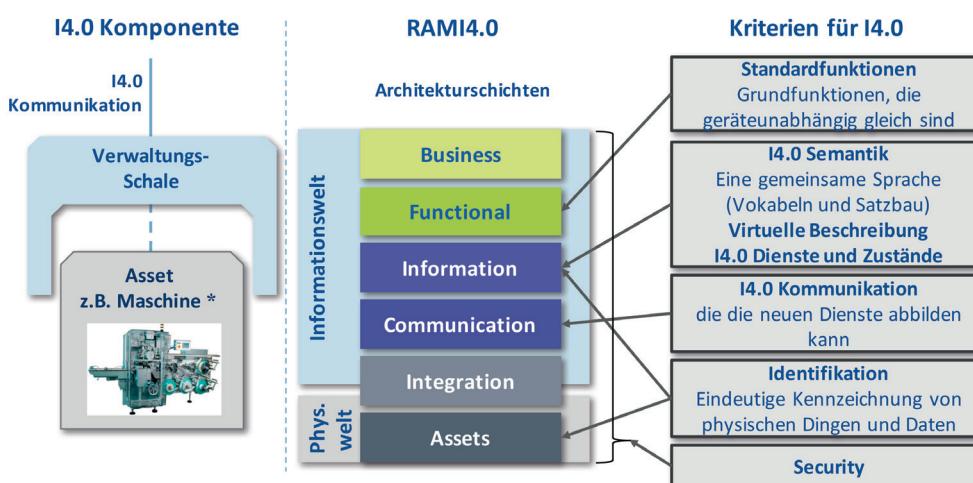


Abbildung 10:
Herleitung der Produktkriterien

Der Leitfaden behandelt Kriterien für Produkte, wobei Produkte Geräte, Systeme, Maschinen oder Software im Sinn einer Industrie 4.0-Komponente sein können. Kriterien für Industrie 4.0-Komplettlösungen (Hardware, Software, Dienstleistung, Applikation etc. als Gesamtpaket) werden nicht beschrieben. Eine Industrie 4.0-Komplettlösung sollte demnach zumindest ein

Industrie 4.0-Produkt enthalten, das den jeweiligen Kriterien für Industrie 4.0-Produkte und damit den Mindestprodukteigenschaften entspricht.

Handlungsempfehlung

3.4-17 Der Produktkriterien-Katalog soll in regelmäßigen Abständen den Arbeitsergebnissen und Erkenntnissen angepasst werden.

3.4.7 Internationale Geometrische Produktspezifikation (Konzept der GPS)

Auf dem Weg zur Digitalisierung von Prozessen und der damit verbundenen datenbezogenen Durchgängigkeit und Nachvollziehbarkeit im gesamten Wertschöpfungsprozess wird der internationalen Geometrischen Produktspezifikation (kurz ISO GPS) eine entscheidende Rolle zuteil. Mit ihr werden die geometrischen Anforderungen an Werkstücke in technischen Spezifikationen und die Anforderungen an ihre Verifizierung festgelegt. Die fundamentale, internationale Norm DIN EN ISO 14638:2015-12 beschreibt das Konzept der ISO GPS und erläutert ein Bezugssystem, das angibt, wie gegenwärtige und künftige ISO GPS-Normen die Anforderungen an das ISO GPS-System behandeln.

Hinweis: Das Werkstückmerkmale beschreibende ISO GPS darf nicht mit dem satelliten-gestützten System zur weltweiten Positionsbestimmung verwechselt werden!

Konzept der ISO GPS

ISO GPS ist ein System zur Beschreibung von Werkstückmerkmalen, die einige der verschiedenen Phasen innerhalb des Lebenszyklus des Werkstückes betreffen (Konstruktion, Herstellung, Prüfung usw.). Behandelt werden geometrische Merkmale, wie z.B. Größenmaß, Ort, Richtung, Form, Oberflächenbeschaffenheit.

Im ISO GPS-System sind neun geometrische Merkmale identifiziert:

- Größenmaß,
- Abstand,
- Form,
- Richtung,
- Ort,
- Lauf,
- Oberflächenbeschaffenheit: Profil,
- Oberflächenbeschaffenheit: Fläche,
- Oberflächenunvollkommenheit.

Die ISO GPS-Normen, die sich auf jede dieser geometrischen Merkmale beziehen, werden in eine Reihe von neun Kategorien von Normen unterteilt. Jede dieser Kategorien kann dabei weiter unterteilt sein in eine Anzahl spezieller Elemente, und jedem dieser speziellen Elementen entspricht eine Normenkette.

Um diese eindeutig zu beschreiben, muss jedes geometrische Merkmal spezifiziert werden, damit die Merkmale geprüft und durch die Anforderung der Spezifikation diese mit der Verifikation verglichen werden können. Diese Übereinstimmung und Nicht-Übereinstimmung ist im Kettenglied D beschrieben.

Die GPS-Normen, die sich auf diese Anforderungen beziehen, sind in jeder Normenkette in den Kettengliedern E bis G festgelegt. Das Kettenglied E beschreibt dabei die Anforderung an die Messung von Geometrieelementen und legt die Bedingungen fest, unter der diese erfolgen darf. Das Kettenglied F beschreibt die Anforderung an die Messgeräte, die für die Messung verwendet werden. Wie diese Messgeräte kalibriert werden sollten, wird im Kettenglied G festgelegt.

Ergänzende GPS-Normen, die spezifische Prozesse oder spezifische Maschinenelemente behandeln, können in gleicher Weise in Kettenglieder eingeteilt werden.

Normen, Merkmale und Anforderungen lassen sich so in einer Matrix abbilden, dass es möglich ist, den Anwendungsbereich jeder Norm und die Beziehungen zwischen den einzelnen Normen eindeutig darzustellen.

Matrix

Die ISO GPS-Normen lassen sich unterscheiden in

- fundamentale ISO GPS-Normen (legen Regeln, Prinzipien, Konzepte und Grundsätze fest, die für alle Kategorien – Kategorien geometrischer Merkmale und sonstige Kategorien – und alle Kettenglieder in der ISO GPS-Matrix gelten),
- globale ISO GPS-Normen (legen Regeln fest, die in allen Fällen gelten, z.B. ISO 1, es sei denn, sie werden durch besondere Angaben auf der Zeichnung oder im Modell außer Kraft gesetzt),
- allgemeine ISO GPS-Normen (gelten für eine oder mehrere Kategorien geometrischer Merkmale sowie für ein oder mehrere Kettenglieder, bei denen es sich jedoch nicht um fundamentale ISO GPS-Normen handelt),
- komplementäre ISO GPS-Normen (beziehen sich auf spezifische Herstellungsprozesse oder spezifische Maschinenelemente).

Sie können in einer Matrix aus Zeilen und Spalten angeordnet werden. Jede Zeile in der Matrix besteht aus einer der Kategorien für die neun geometrischen Merkmale, die weiter in Normenketten unterteilt werden können, und jede Spalte wird als „Kettenglied“ beschrieben. Der Anwendungsbereich jeder ISO GPS-Norm kann auf der ISO GPS-Matrix dargestellt werden, indem

gezeigt wird, für welche Kettenglieder (Spalten) in welchen Kategorien geometrischer Merkmale (Zeilen) die jeweilige Norm gilt.

Handlungsempfehlungen

- 3.4-18** Die Geometrische Produktspezifikation mit all ihren Besonderheiten und kontinuierlichen Anpassungen auf dem Weg zur „Industrie 4.0“ als Teil der Digitalisierung werden im Normenausschuss NA 152-03-02 AA behandelt. DIN EN ISO 14638:2015-12 gilt als fundamentale Basis der GPS. Zusammenfassend weist der verantwortliche Normenausschuss darauf hin, dass bei künftigen normativen Diskussionen zur Durchgängigkeit und Nachvollziehbarkeit von Prozessen und Produkten im gesamten Wertschöpfungsprozess darauf zu achten ist, dass für jedes geometrische Merkmal eine Spezifikation festzulegen ist.
- 3.4-19** Es ist notwendig, dass das Merkmal gemessen werden kann, und schließlich muss die Messung dessen mit der Spezifikation verglichen werden können. Das Zusammenspiel zwischen Spezifikation und Verifikation und der diesbezüglichen gegenseitigen Abhängigkeit muss zwingend realisierbar beziehungsweise gewährleistet sein.

Literatur

ISO 1: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Referenztemperatur für geometrische Produktspezifikation und -prüfung

ISO 8015: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Grundlagen – Konzepte, Prinzipien und Regeln

DIN EN ISO 14638: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Matrix-Modell (ISO 14638:2015)

3.5 Lebenslaufakte für Industrie 4.0-Komponenten

3.5.1 Bausteine und Erfordernisse für eine elektronische Lebenslaufakte

Im Laufe des Lebenszyklus eines Produktes sammeln sich viele Informationen an: bei der Entwicklung und Konstruktion, in der Produktionsplanung, bei der Produktion einer Serie, eines Loses und der Instanz (Entität) selbst, bei den Zulieferern oder bei der Rohmaterialgewinnung, im Betrieb (Betriebsdaten), bei der Wartung und Reparatur, bei Umbauten, Nutzungs- und/oder Eigentümeränderung bis hin zu Wiederverwertung (teilweise oder ganz) oder dem Recycling.

Heute sind diese Daten meist nur bei den in der jeweiligen Phase Verantwortlichen verfügbar, wenn überhaupt, und dem einzelnen Produkt oft nicht oder nur mit großem Aufwand zuordnbar. Viele dieser Daten fallen in der Entwicklung und Produktion an und sind bei komplexeren Produkten schon heute zusammen mit den Betriebsdaten für Wartung oder Reparatur zugänglich, oft aber noch auf Papier. Bei Lebensmitteln und Medikamenten ist eine Rückverfolgbarkeit vorgeschrieben. Für die meisten Produkte ist aber ein Schließen des Lebenszyklus noch gar nicht möglich, da z. B. den Wiederverwertern nur sehr wenige beziehungsweise nicht ausreichende Informationen zum Produkt bekannt sind.

Im Rahmen von Industrie 4.0 wird an vielen Stellen an Bausteinen für ein Lebenszyklus-Datenmanagement gearbeitet. Dieses Kapitel bietet dazu einen Überblick und zeigt auf, was für einen ganzheitlichen Lösungsansatz noch erforderlich ist. Für den Kontextbezug der Daten wird auf das Kapitel Semantik verwiesen.

Eine Industrie 4.0-Komponente besteht aus einem Gut (engl. Asset: Hardware, Software oder auch ein Mitarbeiter) und der Verwaltungsschale (vgl. Kapitel 3.4.5 Verwaltungsschale und Industrie 4.0-Komponente), in der alle zugehörigen Informationen gesammelt und mit geeignetem Zugriffsschutz verfügbar gemacht werden können. Mit Hilfe der Sachmerkmale nach eCl@ss stehen Produktmerkmale in einer einheitlichen Form und Semantik elektronisch zur Verfügung. In der DIN 77005-1 wird eine Lebenslaufakte für technische Anlagen spezifiziert. Die entstehende Serie ISO 20140 beschreibt die Erfassung, Verdichtung und Bewertung von umweltrelevanten und Energieeffizienz-Daten in der Produktion, die entweder spezifisch für unterschiedliche Aufgaben in der Produktion, aber auch produktbezogen dargestellt werden können.

In einer Zusammenschau dieser Bausteine wird erkennbar, wie die Daten entlang der Lebenszeit von Produkten erfasst, in der Verwaltungsschale komponenten- und produktbezogen angesammelt und beim Zusammenfügen von Komponenten aggregiert werden können. Diese Informationen können ergänzend dem Lebenszyklus des Produkttyps zugeordnet werden (siehe auch DIN EN 62890).

Um ein Lebenszeit-orientiertes Management der Informationen sicherstellen zu können, sind sowohl stabile Informationsstrukturen als auch Möglichkeiten zur Erweiterung dieser Strukturen notwendig. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich die Anforderungen an das Datenbeziehungsweise Informationsmanagement abhängig vom Zeitpunkt im Lebenszyklus ändern können.

Die Daten in Verwaltungsschalen können beliebig komplex sein. Sie bilden eine Struktur. Hieraus ergibt sich der Bedarf, dass Verwaltungsschalen diese Struktur ebenfalls abbilden beziehungsweise berücksichtigen müssen. Verwaltungsschalen müssen auch Verantwortlichkeitsbereiche für einzelne Informationen abbilden. Die Gesamtdokumentation zum Haupt-Gut bildet sich demnach aus der Summe aller untergeordneten Verwaltungsschalen.

Die Informationen in der Verwaltungsschale sollten mit ihrem Zweck gekennzeichnet sein. Diese Zweckorientierung ist für die bedarfsgerechte Informationslogistik für Geschäftsprozesse, technische Aufgaben oder auch den Datenschutz erforderlich.

3.5.2 Lebenslaufakte nach DIN 77005-1

Unter dem Begriff Lebenslaufakte wird nachfolgend die Menge aller Informationen über den gesamten Lebenszyklus eines Objekts verstanden. Diese Informationen sind auf Basis eines Informationsmodells einheitlich strukturiert, um bspw. eine chronologische Nachvollziehbarkeit gewährleisten zu können. Die einheitliche Verwaltung von Lebenslaufakten ist durch generelle Managementregeln sowie eine Anwendungsmethode sichergestellt.

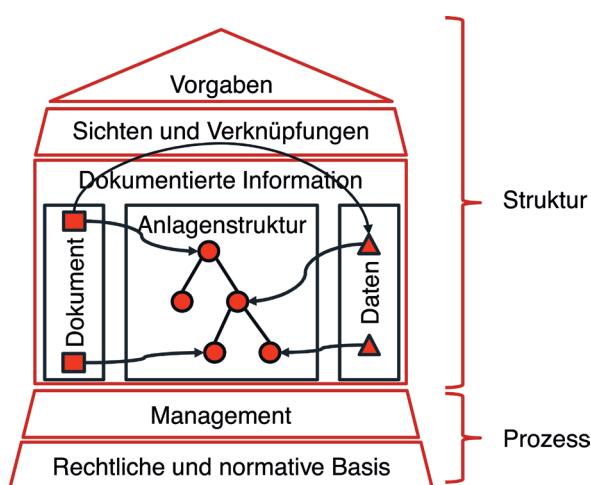
Der Norm-Entwurf zur DIN 77005-1 beschreibt Festlegungen für Lebenslaufakten und bezieht sich auf technische Anlagen der Versorgungs-, Energie- und Produktionstechnik (siehe auch Kapitel 3.6 Lebenszyklus produktionstechnischer Anlagen). Sie beschreibt die Elemente einer Lebenslaufakte unabhängig von konkreten technischen Realisierungen. Die normativen Festlegungen können auch auf Industrie 4.0-Komponenten übertragen werden.

Ziel der Norm ist es, einen ganzheitlichen Ansatz zur Verwaltung von objektbezogenen Informationen zu definieren, der sowohl strukturelle als auch dynamische Festlegungen trifft. Die Relevanz von Informationen ergibt sich aus den für das Objekt gültigen rechtlichen und normativen Rahmenbedingungen. Hierauf aufbauend werden grundlegende Festlegungen zum Management getroffen, um sicherzustellen, dass die Verwaltung der Lebenslaufakte strukturiert und im Idealfall auch qualitätsgesichert ist. Diese Festlegungen werden durch eine Anwendungsmethode konkretisiert.

Im Zentrum des Ansatzes stehen die sog. „dokumentierten Informationen“ (siehe ISO 9001), die für alle Formen von Informationen stehen (sowohl Dokumente als auch Stamm- und Bewegungsdaten). Um den Anlagenbezug einer Information ausdrücken zu können, ist es notwendig, eine Anlagenstruktur zu definieren. Für alle dokumentierten Informationen ist dieser Bezug obligatorisch. Mit Hilfe eines Informationsmodells soll sichergestellt werden, dass alle Informationen strukturiert sind. Da im Laufe der Lebenszeit beziehungsweise des Lebenszyklus die Menge an Informationen sehr groß werden kann, kann es schwierig sein, für einen spezifischen Kontext die jeweils benötigten Informationen zu finden. Aus diesem Grund wurde als Teil des Informationsmodells ein Sichtenkonzept eingeführt, das es erlaubt, Metadaten für jede dokumentierte Information zu hinterlegen, die sich aus den Informationsbedarfen typischer Rollen ableiten. Um die Anwendung der Lebenslaufakte flexibel gestalten zu können, wurden sog. Vorgaben eingeführt, die die jeweilige Ausgestaltung der Lebenslaufakte beschreiben.

Die nachfolgende Abbildung 11 verdeutlicht den Ansatz zur Lebenslaufakte in Form eines Rahmenwerks. Grundlage sind die Anforderungen aus anlagenbezogenen Prozessen sowie

Regelungen zum Management von Lebenslaufakten. Hierauf aufbauend beschreibt das Informationsmodell die Struktur der Lebenslaufakte sowie der in ihr enthaltenen Informationen.



*Abbildung 11:
Informationsmodell
zur Lebenslaufakte nach
DIN 77005-1*

Das Informationsmodell in der Norm beschreibt im Wesentlichen vier Kern-Entitäten und deren Eigenschaften (in Form von Metadaten): die Lebenslaufakte, den Informationssatz, die Sicht und die Vorgabe.

Eine Lebenslaufakte besitzt immer einen Bezug zu einem Objekt. Dieses Objekt kann eine Anlage, System, Produkttyp oder auch ein spezifisches Produkt sein. Abhängig von der Art des Objektes werden drei Arten von Lebenslaufakten unterschieden. Um die Informationen für komplexe Objekte strukturieren zu können, können Lebenslaufakten in untergliederte Lebenslaufakten unterteilt werden. Sie bilden somit eine Hierarchie.

Für die Gruppierung von zusammengehörigen Informationen und zur Sicherstellung der chronologischen Nachvollziehbarkeit müssen alle dokumentierten Informationen von einem Informationssatz umschlossen werden. Jede dokumentierte Information und der Informationssatz besitzen einen eindeutigen Bezug zu einem Objekt.

Die Bedeutung und Bewertung von dokumentierten Informationen kann sich im Laufe der Lebenszeit des Objektes oder in Abhängigkeit der beteiligten Nutzer der Information (Rollen) verändern. Eine Sicht ist ein Hilfsmittel, um die Informationsbedarfe der verschiedenen Nutzer abbilden zu können. Zu beachten ist hierbei, dass die verschiedenen Rollen unterschiedliche Bewertungen und auch Fachsprachen und Klassifikationen verwenden. So kann aus technischer Sicht eine dokumentierte Information in der Lebenslaufakte bspw. als kritisch angesehen werden, aus der ökonomischen Sicht vielleicht nicht. Zudem sind je nach Nutzer spezifische Metadaten notwendig, die helfen, den Kontext und die Bedeutung der eigentlichen dokumentierten Information besser zu erschließen. Daher kann in der Lebenslaufakte nach DIN 77005-1 jede dokumentierte Information aus verschiedenen Sichten heraus annotiert werden. Im Norm-

Entwurf werden die ökonomische, rechtliche, stoffliche, technische und prozesstechnische Sicht unterschieden. Es ist aber auch möglich, weitere Sichten zu definieren. Auch die Verwaltungsschale nach ZVEI beinhaltet verschiedene Sichten auf die Informationen: geschäftlich, konstruktiv, Leistung, funktional, örtlich, Security, Netzwerksicht, Lebenszyklus und Mensch.

Die Entität Vorgabe dient dazu, Festlegungen zum konkreten Aufbau der Lebenslaufakte zu treffen sowie die Metadaten der Sichten flexibel definieren zu können. Das Informationsmodell stellt somit ein Meta-Modell und die Vorgaben ein Modell einer Lebenslaufakte dar (siehe auch DIN SPEC 40912). In den Vorgaben kann man die Struktur von Metadaten hinterlegen, auf die u. a. in den Sichten Bezug genommen werden soll. Weiterhin ist es möglich, Werte für diese Strukturen vorzugeben. Diese Strukturen können anschließend den verschiedenen Sichten zugeordnet werden.

3.5.3 Übertragbarkeit der Lebenslaufakte auf Industrie 4.0-Komponenten

Der Norm-Entwurf DIN 77005-1 beinhaltet verschiedene Konzepte, die auch für das lebenszyklusorientierte Informationsmanagement für Verwaltungsschalen interessant sind. Sie beschreiben einen ganzheitlichen Ansatz, um Informationen zu komplexen Systemen zu strukturieren und mit Hilfe der Sichten zu bewerten. Umfangreiche Informationen zu komplexen Objekten können in eine Hierarchie von Lebenslaufakten untergliedert werden. Mit Hilfe der Vorgaben ist es möglich, die Nachverfolgbarkeit für die verschiedenen Arten von dokumentierten Informationen zu gewährleisten. Ein Beispiel ist die Zuordnung der Informationen zu Prozessen oder auch rechtlichen Anforderungen.

Insgesamt hat die Anwendung der Lebenslaufakte zur Folge, dass der jeweilige Kontext zur Information strukturiert erfasst und auswertbar ist. Die Anwendungsmethode stellt sicher, dass alle Beteiligten die Lebenslaufakte einheitlich verwenden. Die Sichten-Definitionen in DIN 77005-1 orientieren sich an den Prozessen und Tätigkeiten an technischen Anlagen. Ein Abgleich mit den bisherigen Sichten in der Verwaltungsschale ist notwendig. Zudem beschreibt die Norm keine explizit digitale Lebenslaufakte. Ihr Ansatz ist, dass die Festlegungen sowohl für papierbasierte als auch digitale Lebenslaufakte anwendbar sind.

Die deutsche Norm DIN 77005-1 zeigt, wie für technische Anlagen eine digitale Lebenslaufakte gestaltet werden kann. Diese Standardisierung muss dabei in unterschiedlichen Detaillierungsgraden im Hinblick auf die verschiedenen Verwendungszwecke erfolgen. Während die DIN 77005-1 den Fokus auf grundlegende Strukturierungsprinzipien für Lebenslaufakten von technischen Anlagen legt, wird derzeit auch an weiteren Standards zur Beschreibung der einzelnen Merkmale von Anlagen und Objekten gearbeitet.

Es ist vielfach zu beobachten, dass diese Standards und Entwürfe unterschiedliche Bezeichnungen für zentrale Begriffe wählen, die bei genauerer Betrachtung als synonym angesehen werden können. Gleichsam werden auch für das digitale Abbild des physischen Objektes unterschiedliche Begriffe verwendet wie z.B. Digitaler Schatten, Digitaler Zwilling, Digitale Lebenslaufakte oder Verwaltungsschale. Diese uneinheitliche Verwendung von synonymen oder zumindest sehr ähnlichen Begriffen mit ihren jeweiligen Bedeutungen erschwert heute oft den übergreifenden Transfer und die Weiterverwendung dieser Standards in der Praxis.

Unter dem Aspekt des zukünftigen Managements der Lebenszyklusdaten einer Industrie 4.0-Komponente stehen zwei zentrale Herausforderungen im Vordergrund:

- die methodische und bedarfsgerechte Zuordnung von Daten und Merkmalen zu Sichten
- Sicherstellung eines koordinierten und strukturierten Daten- und Informationsmanagements

Handlungsempfehlungen

- 3.5-1** Standardisierung der Terminologie zur Beschreibung von Industrie 4.0-Komponenten:
- Standardisierte Merkmalsbeschreibung der Industrie 4.0-Komponenten
 - Auf Basis der Ansätze und Strukturen der DIN 77005-1 sollte eine Verallgemeinerung für jede Art von Industrie 4.0-Komponenten erfolgen
 - Wie in der DIN 77005-1 zur Lebenslaufakte für technische Anlagen ausgeführt, sind unterschiedliche Nutzungsperspektiven/Sichten zu berücksichtigen, die eine Verwendung der Daten für einen bestimmten Zweck/Anwendungsfall ermöglichen. Die heute existierenden Sichten sollten ggf. ergänzt werden.
 - Standards für die Lebenszyklus-übergreifende Nutzung von Komponentendaten
 - Internationalisierung der deutschen Norm zur Lebenslaufakte
- 3.5-2** Die normierte Anwendung der Lebenslaufakte kann zur stärkeren Vernetzung zwischen verschiedenen Stakeholdern und Disziplinen in der Industrie 4.0 beitragen:
- Standards für verschiedene Anwendungsfälle sind zu definieren
 - Berücksichtigung des rechtlichen Kontextes, um Vollständigkeit aus rechtlicher Sicht sicherstellen zu können (oder Unterstützung der Benutzer)
 - z. B. Ortsangabe zur Komponente, um den rechtlichen Rahmen ableiten zu können
 - der jeweils geltende „Rechtsrahmen“ (inkl. normativer Kontext) sollte in der Lebenslaufakte erfasst und verknüpft werden

3.5.4 Die Lebenslaufakte im Kontext der Umweltthematik

Aus der Logik der Industrie 4.0-typischen Produktions- und Dienstleistungsnetzwerke folgt, dass wesentliche Informationen durchgängig über ganze Prozess- beziehungsweise Wertschöpfungsketten an einem Produkt mitgetragen werden müssen. So werden Prozessketten transparenter und gleichzeitig steigt die Nachverfolgbarkeit von Stoffen und Prozessschritten. Mit zunehmender Digitalisierung wird es zu einer fortschreitenden Verschmelzung der Produktlebenszyklusphasen kommen, angefangen bei den Vorketten einschließlich der Rohstoffextraktion über die Nutzungsphase bis zum Produktlebensende und der Entsorgung. Mit Hilfe der weiter oben beschriebenen Lebenslaufakte könnten einerseits die komplexen Daten- und Vernetzungsstrukturen dargestellt werden sowie andererseits ziel- und nutzerorientierte Outputs.

In einem Industrie 4.0-Umfeld ist die Datenverfügbarkeit insgesamt deutlich erhöht, aber auch die Information beziehungsweise das Wissen über Prozesse, Prozessketten, Prozesszustände, Produkte, Maschinen, Stoffströme, Energieverbräuche, u. Ä. Eine intelligente Aggregation, Kombination, Strukturierung und Auswertung der verfügbaren Daten eröffnen ganz neue Möglichkeiten auch aus Sicht der Umwelt.

Optimierungspotenziale sind auch im Bereich des betrieblichen Umweltmanagements und der Umweltberichterstattung denkbar. Übertragungsfehler könnten durch eine vollautomatische, digitale Datenerfassung und Verarbeitung vermieden werden und eine größtenteils automatisierte Berichterstattung würde Zeit und Kosten sparen. Voraussetzung für alle genannten Anwendungsbeispiele ist immer, dass die entsprechenden Daten digital und in standardisierten Formaten hinterlegt sind.

In einem Industrie 4.0-Umfeld gibt es für alle Produkte und Maschinen ein vollständiges „digitales Abbild“, in dem Informationen zum Produkt beziehungsweise der Maschine selbst sowie dem Entstehungsprozess hinterlegt sind. Das „digitale Abbild“ könnte diverse Produktparameter, Fertigungsdaten wie auch Informationen zu Transport und umweltgerechter Handhabung, zu Wertstoffen und Recyclingfähigkeit sowie Wiederverwertungs- und Entsorgungswegen enthalten und nicht nur während der Produktionsphase mit den Produktionsmaschinen „sprechen“ (M2M), sondern auch während der Nutzungsphase z. B. mit dem Smartphone des Nutzers und am Ende der Nutzungsphase mit den digitalisierten Rücknahme- und Recyclingsystemen (intelligenten Behältern, Demontagerobotern, Aufbereitungsmaschinen, etc.). Wesentliche Teile des digitalen Abbildes könnten durch die Lebenslaufakte dargestellt werden.

Industrie 4.0 bietet vielfältiges Potenzial für eine Entwicklung hin zu einer „Circular Economy“ und einem grundsätzlich effizienteren und nachhaltigen Einsatz von Stoffen aller Art. Insbesondere beim Übergang eines Produktes in die Nutzungsphase und in die sich anschließende Entsorgungsphase gehen bislang elementar wichtige Informationen über das Produkt verloren, die entscheidend für eine nachhaltige Nutzung und ein hochwertiges Recycling sind. Mit der Einführung einer Lebenslaufakte und eines damit verbundenen durchgängigen Mittragens von produkt-

spezifischen Informationen würde es zukünftig möglich sein, spezifische Produktinformationen über den gesamten Produktlebenszyklus dem jeweiligen Nutzer zur Verfügung zu stellen.

Industrie 4.0 bietet Raum für ganz neue Geschäftsmodelle und innovative Ideen. So wäre ein webbasierter, automatisierter Sekundärrohstoffhandel denkbar, der mit Hilfe der Lebenslaufakte seinen Kunden mehr und spezifische Produktdaten zur Verfügung stellen und somit definierte Sekundärrohstoffqualitäten anbieten und garantieren kann. Wertstoffe könnten so im Sinne einer „Circular Economy“ möglichst lange im Kreislauf geführt und optimal genutzt werden.

Möchte man in Zukunft Interoperabilität und Datenaggregation z. B. über gesamte Prozessketten oder Stoffströme von der Rohstoffaufbereitung bis zur Entsorgung sowie auch produktbezogen erreichen, so müssen alle derzeit verwendeten Datenformate harmonisiert werden, international vereinbarten Standards entsprechen und nach klaren Regeln z. B. in einer Lebenslaufakte digital abgelegt sein. Dies gilt beispielsweise für Daten aus dem betrieblichen Umweltmanagement, der Emissionsberichterstattung, dem Gefahrstoffmanagement, dem Recycling und der Entsorgung.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die Attraktivität und Nutzbarkeit einer erhöhten Datenverfügbarkeit real nur dann gegeben sind, wenn die Daten leicht, kostengünstig und mit überall verfügbaren Technologien ausgelesen, aufbereitet und dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden können. Durch die weltweite Verbreitung von Smartphones und Tablets ist dies schon jetzt weitestgehend gegeben. Bei den Daten selbst, der Schnittstellendefinition zwischen z. B. Nutzer und Entsorger sowie bei den Datenübertragungsformaten z. B. dem Auslesen eines „Produktgedächtnisses“ sind jedoch noch deutliche Standardisierungs- und Normungsbedarfe erkennbar, wenn die Digitalisierungspotenziale entsprechend nutzbar gemacht werden sollen.

Handlungsempfehlungen

- 3.5-3** Die Datenformate, welche in dem „digitalen Abbild“ (Lebenslaufakte, u. Ä.) für Produkte, Maschinen und sonstige Objekte hinterlegt werden, sind hinsichtlich ihrer Form, Größe, Kombinierbarkeit, etc. international zu standardisieren und langfristig internationale Normen hierfür zu schaffen
- 3.5-4** Digitale Schnittstellen beziehungsweise „Übergänge“ zu Vor- und Nachketten in der Produktionskette beziehungsweise eines Produktes sind zu definieren und zu standardisieren. Dies gilt insbesondere, wenn die durchgängige Darstellbarkeit über die gesamte Wertschöpfungskette über nur ein gemeinsames Modell wie z. B. die Lebenslaufakte nicht möglich ist
- 3.5-5** Standards und Normen sollten auch für das anwenderbezogene digitale Abbild von Produkten, das „Produktgedächtnis“, geschaffen werden. Eine Harmonisierung auf internationaler Ebene ist auch hier langfristig anzustreben.

- 3.5-6** Die Informationsübertragung (wireless, QR-Code, Barcode, etc.) von z. B. einem Produkt (Produktgedächtnis) auf die Nutzerebene (Smartphone, Tablet, etc.) bedarf ebenfalls einer Standardisierung, um effektiv und international genutzt werden zu können.

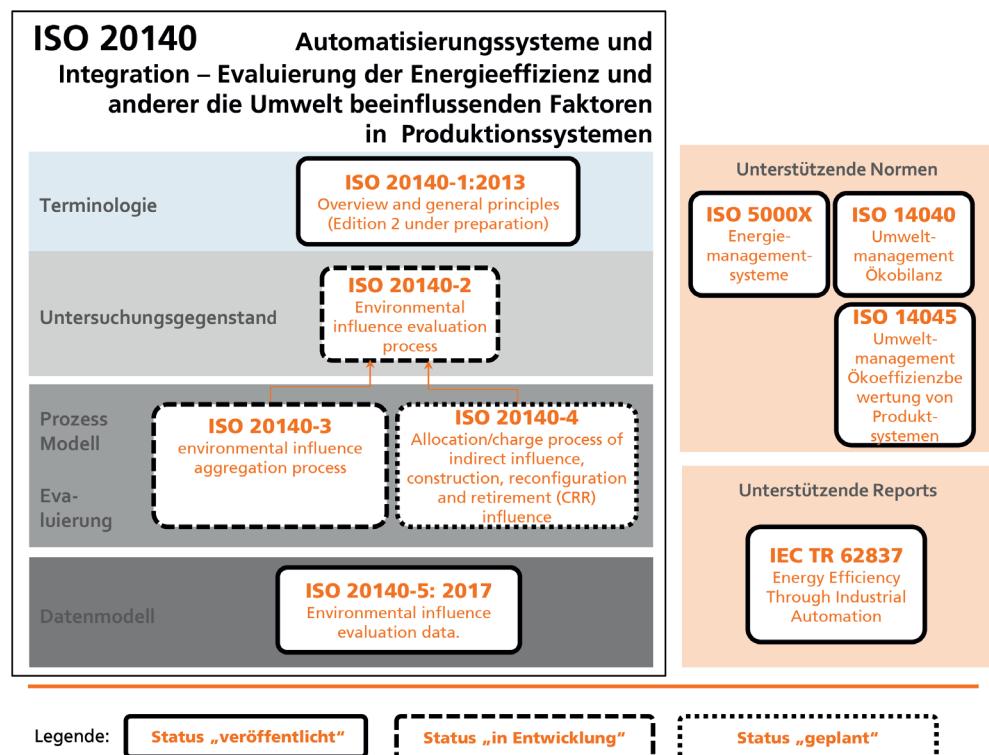
3.5.5 Erfassung umweltrelevanter Daten in der Produktion

ISO 20140

Ein Beispiel für die Entwicklung von internationalen Normen im Bereich des Daten- und Nachhaltigkeits-Managements in der Produktion ist die ISO 20140. Die Norm geht von einer Lebenszyklusbetrachtung von Produktionssystemen und Produkten aus und ermöglicht Unternehmen, die Nachhaltigkeit ihrer Produktionsprozesse zu messen, zu bewerten und zu managen in Bezug auf den Energie- und Ressourcenverbrauch, die Emissionen und weiterer umweltrelevanter Daten.

Die Bewertung kann über alle Ebenen von Produktionssystemen skaliert werden: Vom einzelnen Prozess über die Linie, die Fabrik bis zum gesamten Wertschöpfungssystem. Die Bewertung kann ebenso auf Produkte bezogen werden vom Rohmaterial über einzelne Komponenten, das Verkaufsprodukt selbst, Produktionschargen bis zu Produktklassen.

Abbildung 12:
Übersicht zur ISO 20140



Die Normenserie entsteht gerade. Sie wird aus fünf Teilen bestehen, siehe Abbildung 12. Teil 1, die Gesamtübersicht, ist bereits veröffentlicht, wird aber im Zusammenhang mit der Entwicklung der Teile 2 (Bewertungsprozess) und 3 (Daten-Aggregationsprozess) aktuell überarbeitet. Teil 5 (Datenspezifikation, Extraktion der Daten aus den Automatisierungssystemen) ist in einer ersten Ausgabe auch bereits veröffentlicht, muss aber auch noch an die neuen Teile angepasst werden.

Die Festlegungen und Modelle der ISO 20140-Normenreihe sollten als Teil der Vorgaben in die Lebenslaufakte integriert werden können. Zudem sind die verschiedenen Modellelemente den Sichten zuzuordnen, um eine bedarfsgerechte Informationsbereitstellung sowie Bewertung gewährleisten zu können. Durch die Verknüpfung der Informationen aus anderen Sichten ist eine optimale Unterstützung der Nachhaltigkeits-Managementsysteme möglich.

Handlungsempfehlungen

- 3.5-7** Die im Herstellungsprozess gemäß ISO 20140 aggregierten Daten sowie alle für Re-Manufacturing, Recycling oder Entsorgung relevanten Daten sollen in der Lebenslaufakte eines Produktes bis zum Lebensende allen relevanten Stakeholdern verfügbar gemacht werden können.
- 3.5-8** Ein Schadstoff-Datenmanagement sollte zusätzlich integriert oder in ähnlicher Form strukturiert werden. Diese Daten sind vor allem am Lebenszeitende für Weiterverwertung und/oder Recycling erforderlich.
- 3.5-9** Es ist zu prüfen, ob die Festlegungen dieser Normenreihe als wiederverwendbare Vorgaben im Sinne der DIN 77005-1 bereitgestellt werden können.

3.5.6 Anwendung der Lebenslaufakte in Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit/Mensch und Arbeit

Zu den vielen Daten und Informationen, die im Lebenszyklus einer „Smart Factory“ als soziotechnisches System einschließlich der mit ihr vernetzten vorgelagerten, parallelen und nachgelagerten Leistungs-, Wertschöpfungs- und Supportprozesse anfallen, gehören auch große Mengen von Daten und Informationen, die sich auf die Arbeitsprozesse, Arbeitssysteme und Beschäftigungsverhältnisse in einem solchen dynamischen und vielfach über digitale Medien vernetzten „System von Arbeitssystemen“ beziehen. Diese Daten und Informationen sind zu einem erheblichen Teil unmittelbar personenbezogene Daten, oder sie lassen sich (z.B. im Kontext von Qualitätsmanagement, Produkthaftung und aus anderen Gründen geforderter Traceability) auf Personen beziehen. Gleichzeitig werden (z.B. im Zusammenhang mit Mensch-Roboter-Kollaboration oder bei der Arbeit mit digitalen Assistenzsystemen) große Mengen von Daten und

Informationen zum Schutz von Umgebung und Mitarbeiter*innen mit erhoben, die wiederum direkt personenbezogen oder indirekt personenbeziehbar sind.

Hieraus ergeben sich für das Lifecycle-Datenmanagement sowohl von Industrie 4.0-Produktionssystemen insgesamt als auch von einzelnen Industrie 4.0-Komponenten eine Reihe von bisher durch die Normung zu wenig beachteten und abgedeckten Problemkonstellationen und Handlungsfeldern:

- Bereits bei der Planung, beim Requirements-Engineering und bei der soziotechnischen Realisierung von Industrie 4.0-Produktionssystemen sind die Gesetze, Tarifverträge und Betriebsvereinbarungen, Normen, Richtlinien und technischen Regeln der betrieblichen Mitbestimmung, des Arbeits- und Gesundheitsschutzes und des Beschäftigtendatenschutzes prospektiv und präventiv zu berücksichtigen. Diese Gesetze, Verträge, Regeln und Normen gehören aber nicht ohne Weiteres zum fachlichen Wissenshintergrund und professionellen Selbstverständnis von vielen an der technischen und soziotechnischen Planung und Gestaltung/Realisierung von Industrie 4.0-Produktionssystemen und einzelnen Industrie 4.0-Komponenten maßgeblich beteiligten Fachleuten. Gleichzeitig sind diese Gesetze, Verträge, Regeln und Normen bislang nicht in einer für den soziotechnischen Prozess der Gestaltung von Industrie 4.0 als „System von Arbeitsprozessen und Arbeitssystemen“ angemessen aufbereiteten Form verfügbar – ein Umstand, der die konsequente Einhaltung und prospektiv-präventive Anwendung dieser Gesetze, Verträge, Regeln und Normen von Beginn an und über den gesamten Lebenszyklus hinweg erschwert und unwahrscheinlicher macht.
- Zu den allgemein anerkannten Charakteristika von Industrie 4.0-Produktionssystemen gehört deren Realisierung in Form von dynamischen, globalen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsprozessen und Leistungsnetzwerken im „Internet of Everything“ (bis hin zum Ad-hoc-Wertschöpfungsnetzwerk). Allein daraus ergibt sich aus Sicht der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine erhebliche Intransparenz und Unsicherheit im Hinblick auf die jeweils auf das Arbeitsverhältnis und die Arbeitsaufgabe anwendbaren Gesetze, Verträge, Regeln, Normen und sonstigen normativen Grundlagen. Im globalen und oft zugleich unternehmensübergreifenden Geschäftsprozess können sich Widersprüche und Inkonsistenzen ergeben, die schnell zu einer Beeinträchtigung der Transparenz und Traceability führen können.
- Wie oben bereits im Zusammenhang mit den im Hinblick auf die arbeits- und mitarbeiterbezogenen Schutzrechte und Normen beobachtbaren Intransparenzen und Zugangsbarrieren erwähnt, sind im konkreten betrieblichen Prozess der Planung und Realisierung von Industrie 4.0-Produktionssystemen und den dazu gehörenden einzelnen Komponenten eine Fülle von Gesetzen, Tarifverträgen, Regeln und Normen zu beachten. Derzeit fehlt es an einheitlichen, niederschwelligen Instrumenten zur lebenszyklusbegleitenden Erfassung und Dokumentation von hierauf gerichteten Bemühungen sowie an konkretisierenden, umsetzungsorientierten Normen sowohl für den Prozess der Arbeitssystemgestaltung im Kontext von Industrie 4.0-Produktionssystemen als auch für die neuen, mit Industrie 4.0 z.T. grundlegend veränderten konkreten Einzel-Gestaltungsfelder der Gestaltung von

innovations-, kompetenz- und gesundheitsförderlichen Aufgabenstrukturen sowie der auf Aufgabenangemessenheit von Arbeitsinformationen und Arbeitsmitteln abzielenden Produkt- und Prozessergonomie.

- Bei den im Betrieb von Industrie 4.0-Produktionssystemen (z. T. prozessbedingt anfallenden, z. T. gezielt erhobenen) großen Mengen an personenbezogenen und personenbeziehbaren Daten muss sichergestellt sein, dass die zum Schutz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter geltenden Gesetze, Verträge, Regeln und Normen im Sinne einer Corporate Social Responsibility als handlungsleitendes Wertefundament und Bestandteil des unternehmerischen Zielsystems sowohl in die Systemgestaltung als auch in die Alltagspraxis des Industrie 4.0-Produktionssystems sowie in die Planung und soziotechnische Realisierung der einzelnen Industrie 4.0-Komponenten eingeflossen sind und weiterhin einfließen. Im Einzelnen betrifft das insbesondere
 - das Recht auf informationelle Selbstbestimmung als vom Bundesverfassungsgericht in seinem Volkszählungsurteil aus dem allgemeinen Persönlichkeitsrecht (Art. 2 Abs. 1 GG) in Verbindung mit Art. 1 Abs. 1 GG abgeleitetes Grundrecht
 - das Grundrecht auf Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme (Grundrecht auf digitale Intimsphäre)
 - das Fernmeldegeheimnis (Art. 10 Abs. 1 GG)
 - die Grundprinzipien des Datenschutzrechts gem. EU-DSGVO und BDSG, nämlich das Prinzip der Rechtmäßigkeit der Datenverarbeitung, das Prinzip der Datensparsamkeit, das Prinzip der Zweckbindung und das Prinzip der Gewährleistung von Datensicherheit
 - den aus diesen Prinzipien und Grundrechten abgeleiteten Grundsatz, dass der Arbeitgeber nur dann mit personenbezogenen Daten von Beschäftigten umgehen darf, wenn dies für die Zwecke des Beschäftigungsverhältnisses erforderlich und angemessen (verhältnismäßig) ist
 - das grundsätzliche Verbot der Dauerüberwachung von Leistung und/oder Verhalten des Beschäftigten
 - den Grundsatz, dass der Zweck des jeweiligen Umgangs mit den Beschäftigtendaten vorab klar festgelegt und die Transparenz der Kontrolle gewahrt werden muss.

Zwischen diesen Grundrechten und Grundprinzipien einerseits und der Alltagspraxis im Umgang mit Daten und Informationen in den bereits jetzt in Realisierung befindlichen Industrie 4.0-Produktionssystemen sowie in den derzeit auf dem Markt angebotenen Industrie 4.0-Komponenten klafft nach übereinstimmender Einschätzung vieler Beobachter in Unternehmen und Gesellschaft eine Umsetzungslücke, deren konkretes Ausmaß allerdings mangels adäquater Mittel und Wege zur Schaffung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit im Dunkeln bleibt.

Handlungsempfehlungen

- 3.5-10** Die hier genannten soziotechnischen Aspekte der Gestaltung und des hierauf bezogenen Gestaltungsprozesses sind in geeigneter Weise in der digitalen Lebenslaufakte von Industrie 4.0-Komponenten und Industrie 4.0-Produktionssystemen insgesamt abzubilden.
- 3.5-11** Es sollte geprüft werden, ob und wie die digitale Lebenslaufakte von Industrie 4.0-Komponenten und Industrie 4.0-Produktionssystemen als geeignetes Medium für eine pragmatische und zugleich wirksame Erinnerung an die arbeits- und mitarbeiterbezogenen Gestaltungsregeln, Gesetze und Normen im Prozess der Gestaltung und des Betriebs von Industrie 4.0-Komponenten und -Produktionssystemen genutzt werden könnte.
- 3.5-12** Durch ergänzende und konkretisierende Normen sollte der normative Druck in Richtung auf eine Berücksichtigung der genannten soziotechnischen Aspekte erhöht und dabei durch pragmatische, aufwandsarme Formen der Dokumentation die Nachvollziehbarkeit der Berücksichtigung dieser Gestaltungsaspekte von Planung und Requirements Engineering bis Realisierung, Systembetrieb, Rekonfiguration und Abwicklung/Rückbau gewährleistet werden.

Literatur

ZVEI: Struktur der Verwaltungsschale – Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.0-Komponente

DIN EN 62890 (VDE 0810-890): Life-cycle-Management von Systemen und Produkten der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik der Industrie (IEC 65/617/CDV:2016); Deutsche Fassung FprEN 62890:2016

DIN 77005-1: Lebenslaufakte für technische Anlagen – Teil 1: Begriffe und Struktur

DIN SPEC 40912: Kernmodelle – Beschreibung und Beispiele

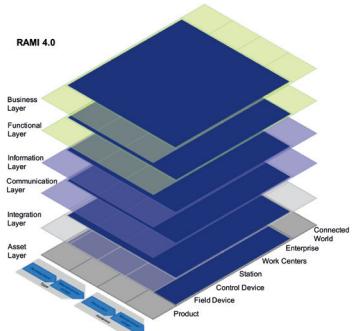
DIN EN 62507-1: Anforderungen an Identifikationssysteme zur Unterstützung eines eindeutigen Informationsaustauschs – Teil 1: Grundsätze und Methodik (IEC 62507-1:2010); Deutsche Fassung EN 62507-1:2011

3.6 Lebenszyklus produktionstechnischer Anlagen

3.6.1 Ausgangssituation

Im Umfeld von Industrie 4.0 werden die unterschiedlichsten Arten von Komponenten und Systemen entwickelt. Inwieweit Entwicklungsprozesse und Indikatoren standardisiert werden können (und inwieweit dies überhaupt sinnvoll wäre), ist derzeit nicht abzusehen.

Die digitale Fabrik ist eine wichtige Teilthematik in Industrie 4.0. Hier sind insbesondere die Entwicklung, das Engineering und die Errichtung als schwierige Syntheseprozesse, die eine Vielzahl von Hilfs- und Nebenprozessen (Künstliche Intelligenz, Simulation, Verifikation ...) erfordern, zu nennen. Die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Systemarchitektur müssen in den Industrie 4.0-Konzepten berücksichtigt werden.



3.6.2 Anwendungsbereiche

- Entwicklung von Produkten
- Entwicklung von Funktionselementen (funktionalen, softwaretechnischen, mechatronischen)
- Entwicklungsbegleitende Modellierung und Simulation
- Durchgängigkeit der Entwicklung in Produktfamilien, Variantenmanagement
- Verifikation und Qualitätssicherung der entwickelten Komponenten
- Service-Engineering
- Produktentwicklung und Anlagenplanung in der digitalen Fabrik
- Simulation im Vorfeld der physischen Realisierung, virtuelle Inbetriebnahme
- Simulation während des Betriebs für Optimierungsplanungen und Wandlungsfähigkeit
- Durchgängigkeit von Entwicklung und Engineering über den gesamten Lebenszyklus (sowohl der Produkte wie der Produktionssysteme und Fabriken) (vgl. Kapitel 3.5 Lebenslaufakte für Industrie 4.0-Komponenten)
- Errichtung und Inbetriebsetzung
- Instandhaltung
- Wiederverwertung oder Recycling

3.6.3 Entwicklung

Die steigende Komplexität der Softwareanwendungen im Kontext von Industrie 4.0 bringt den Entwickler dazu, unterstützende Tools zu nutzen. Derzeit werden vielmehr klassische Softwareentwicklungstools als Basis für die Entwicklung genutzt, wie z. B. Git³¹ (Versionsverwal-

31 <https://git-scm.com>

tungs- und Source Code-Managementsystem), Codebeamer³², Jira³³ (Projektmanagementtool), Jenkins³⁴ (Build-Managementtool), SonarQube³⁵ (Code-Quality-Analysen), oder Docker³⁶ (Betriebssystem Virtualisierung in Containern). Dennoch muss die Liste der klassischen Softwareentwicklungstools um weitere spezifische Tools für die Entwicklung von Industrie 4.0-Technologien, wie beispielsweise Eingebetteten Systemen, IIoT, smarten verteilten Anwendungen, erweitert werden. Zusätzlich sollen dem Entwickler geeignete Standards zur Verfügung gestellt werden, welche die speziellen Anforderungen für die Entwicklung von Soft und Hardware, wie z.B. Update der Firmenware eines CPS über eine Cloud-Plattform, beschreiben.

Eine zentrale Idee von Industrie 4.0 ist die integrierte Produkt- und Prozessentwicklung. Begriffe wie „digitale Fabrik“, „Reverse Engineering“, „modellbasierte Entwicklung“, „Concurrent Engineering“, „automatisierte Synthese“ usw. zeigen, dass diese Frage auch schon in der Vergangenheit diskutiert wurde. Allerdings zeigen im Detail die Aufgabenstellungen entscheidende Unterschiede. So unterscheidet sich die Entwicklung einer mechatronischen Komponente fundamental von der Entwicklung eines neuen Impfstoffs und der Entwicklung eines neuen Anlagentyps. Jedoch spielen in allen Fällen Produktbeschreibungen, Anforderungsbeschreibungen, Beschreibungen der Produktionsschritte und der Prozessdynamiken (für die Simulation, die Produktionsautomatisierung usw.) eine wichtige Rolle. In Fachgesellschaften und Normungsorganisationen gibt es bereits Arbeitsgruppen, die sich mit der Normung und Standardisierung in diesem Themenfeld befassen. Diesen Gruppen müssen grundlegende Datenstrukturen und Architekturen zugearbeitet werden, innerhalb derer in möglichst einheitlicher Form die unterschiedlichen Bedürfnisse der Branchen abgebildet werden können.

Handlungsempfehlungen

- 3.6-1** Schaffung einer transparenten und nahtlosen Datenbasis und von Entwicklungswerkzeugen für den gesamten Produktlebenszyklus
- 3.6-2** Frühzeitige Unterstützung von qualifizierten IT-Entwicklungen durch Normung und Standardisierung in der Automatisierung
- 3.6-3** Die grundlegende Erarbeitung von Systemstandards für kooperierende Systeme, die beispielsweise die Entwicklung von Vorgehensweisen und speziell ihrer zeitlichen Dynamik beschreiben, sollten durch Forschungs- und Entwicklungsprojekte vorbereitet und unterstützt werden.

32 <https://codebeamer.com/cb/login.spr>

33 <https://de.atlassian.com/software/jira>

34 <https://jenkins.io/>

35 www.sonarqube.org

36 www.docker.com

Im Bereich der Technologien und Lösungen gibt es eine Vielzahl von bewährten Normen und Standards, die in heterogenen Netzwerken eine interoperable und zukunftssichere Zusammenarbeit der Komponenten sicherstellen. Insofern gibt es keinen akuten Bedarf, an den eingespielten Verfahren etwas zu ändern. Im Allgemeinen ist die Vorgehensweise konservativ. Die Standards werden erst auf einer bestehenden und allgemein verfügbaren technologischen Basis definiert. Hier ist in Zukunft im Einzelfall zu prüfen, ob nicht eine schnellere Umsetzung von erkennbaren IT-Entwicklungen in die Normung sinnvoll ist. Eine Voraussetzung ist die kritische Analyse, inwieweit eine neue IT-Entwicklung das Potenzial besitzt, breitflächig in der industriellen Automation erfolgreich zu sein.

3.6.4 Instandhaltung

(siehe auch Kapitel 3.7.6 Instandhaltbarkeit (Maintainability))

Mit zunehmender Automatisierung und Verkettung der Produktion steigen auch die Anforderungen an deren Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. Die Instandhaltung gewinnt damit mehr und mehr an Bedeutung und wird als gewährleistende Instanz für die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen eine zentrale Rolle spielen. Gleichzeitig muss die Instandhaltung ihre eigene Strategie, Organisation und Management diesem Wandel anpassen. Ein wesentliches Werkzeug in diesem Wandlungsprozess sind letztlich Normen und Standards, die unter anderem helfen, die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren in der Instandhaltung zu regeln. Auch und gerade in der von Industrie 4.0 geprägten Produktion werden solche Standards und deren Anwendung für die Instandhaltung unverzichtbar werden.

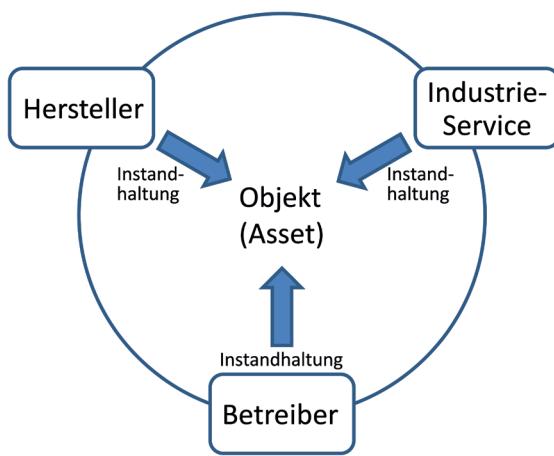
Die unter dem Begriff Smart Maintenance formulierte Vision der Instandhaltung in der Industrie 4.0 wird neben technologischen Normen auch Standards für das Management einer Anlage benötigen. Smart Maintenance begreift sich als „Enabler“ der Industrie 4.0, indem die cyber-physischen Systeme (CPS), welche sich durch einen hohen Grad an Vernetzung, Digitalisierung, Dezentralisierung und Autonomie auszeichnen, leistungsfähig und verfügbar gehalten werden.

Reaktive und periodisch-vorbeugende Instandhaltungsstrategien werden in der Smart Maintenance zunehmend durch vorausschauende Strategien der Predictive Maintenance abgelöst. Intelligente und vernetzte Anlagen erkennen zukünftig einen Großteil ihrer Störungen, bevor sie auftreten. Basis hierfür bilden die Technologien des Condition Monitoring, bei denen möglichst umfassend Daten einer Anlage mittels entsprechender Sensorik erfasst werden. Manuelle Eingriffe, die das Verhalten der Anlage verändern, müssen ebenfalls dem Condition Monitoring System bekannt gemacht werden. Hierzu müssen die Nutzerschnittstelle zwischen dem, die Instandhaltung durchführenden Fachpersonal und der Anlage sowie die Datenschnittstelle, um diese Instandhaltungsinformationen abzulegen, vereinheitlicht werden. Der VDI/VDE-GMA FA 7.26 erarbeitet derzeit in diesem Sinne einen Standard für die Schnittstelle zur Eingabe von aktuellen Instandhaltungsinformationen bei Condition Monitoring.

Mit Condition Monitoring und Predictive Maintenance kann neues Wissen für die Instandhaltung entstehen, nur wenn die in der Regel automatisiert erfassten Daten der Anlage mit den Erfahrungen der Mitarbeiter vernetzt werden. Hierzu sind Algorithmen zu entwickeln, die auch die durchgeführten Aktivitäten und Erfahrungen der Instandhaltung mit berücksichtigen. Darüber hinaus sollten die Systeme des Condition Monitoring und der Predictive Maintenance so offen gestaltet werden, dass neben den Herstellern auch die Betreiber der Anlagen und beauftragte Dienstleister die Daten für eine vorausschauende Instandhaltung auswerten können.

Die Smart Maintenance wird zudem geprägt sein von einem intensiven Zusammenspiel unterschiedlicher Service-Provider (Hersteller, Betreiber, Industrieservice) für die Instandhaltung der jeweiligen Anlagen (Abbildung 13).

Abbildung 13:
Zusammenspiel in der
Smart Maintenance



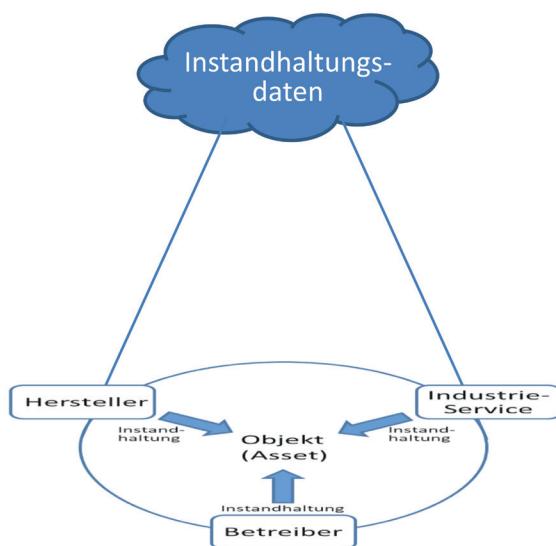
Die Hersteller von Industrie 4.0-Anlagen sehen in der Instandhaltung der Anlagen einen After-Sales-Service, der das Produktgeschäft ergänzt und wesentlich zum Umsatz und Gewinn des Unternehmens mit beiträgt. Zudem stärkt dieser After-Sales-Service die Kundenbindung und ermöglicht eine wichtige Differenzierung von Wettbewerbern, die im klassischen Produktgeschäft immer schwieriger wird. Schließlich können der enge Kundenkontakt während der Instandhaltung sowie die dabei gewonnenen Betriebsdaten und Erfahrungen der Servicemitarbeiter für die Verbesserung nachfolgender Produktgenerationen genutzt werden.

Die Betreiber sind Anwender von Industrie 4.0-Anlagen und auf die Austauschbarkeit der System-Komponenten angewiesen. Hierfür sind allgemeingültige Beschreibungen der Industrie 4.0-Komponenten dringend erforderlich. Deren Instandhaltungsverantwortliche müssen das Schnittstellen-Management zwischen den verschiedenen beteiligten Service-Providern beherrschen und die Rolle von System-Integratoren übernehmen. Dazu sollten auch standardisierte Rollenprofile, Kompetenz-Beschreibungen oder Qualifikationsbausteine zur Verfügung stehen.

Der Industrieservice versteht sich als Knowhow-Träger und Innovationspartner für produzierende Unternehmen. Durch fach- und gewerkeübergreifende Dienstleistungen tragen Industrieservice

unternehmen erheblich zum Erfolg bei der Einführung von Industrie 4.0 in die Prozesse des Kunden bei. Zum einen durch die fachliche Beratung und Unterstützung mit Ressourcen in Projekten. Zum anderen durch die Bereitstellung von Technik und selbst entwickelten, innovativen Verfahren. Gerade für den Industrieservice sind hierfür einheitliche Regeln für Delegation und Dokumentation von Arbeiten, standardisierte Leistungsverzeichnisse und Beschreibungen, Standards für den Datenaustausch zu Zertifizierungen und Qualifizierung sowie Referenzprozesse wichtig für den Erfolg ihrer Geschäftsmodelle.

Für alle drei Service-Provider (Hersteller, Betreiber, Industrieservice) wird es in der Smart Maintenance von großer Bedeutung sein, sämtliche Daten über die Instandhaltungsobjekte und Instandhaltungsprozesse, hier als Instandhaltungsdaten zusammengefasst, zu erfassen und weiter zu verarbeiten (Abbildung 14).



*Abbildung 14:
Gemeinsame Instand-
haltungsdaten in
der Smart Maintenance*

Für eine derartige gemeinsame Nutzung von Instandhaltungsdaten gilt es, neben der formal-juristischen Absicherung auch die technische Ausgestaltung der Kommunikation innerhalb eines CPS (Mensch – Mensch, Mensch – Maschine, Maschine – Maschine) sowie den Austausch von Informationen, Daten und Wissen über Unternehmensgrenzen hinweg zu regeln und zu vereinheitlichen. Eine digitale Lebenslaufakte, wie sie die DIN 77005-1 (erscheint in 2018) regelt, soll hierfür die Grundlage für standardisierte und strukturierte Daten- und Informationsspeicherung über Unternehmensgrenzen hinweg bieten.

Neben den Standards für den Datenaustausch ist aber auch eine gemeinsame „Sprache“ für das Zusammenspiel der jeweiligen Instandhaltungsakteure erforderlich. Eine solche gemeinsame „Sprache“ basiert u. a. auf einem einheitlichen Begriffsverständnis sowie abgestimmter Prozesse für die Instandhaltung. Objektneutrale Grundlagennormen zur Instandhaltung liefern hierbei die Basis für fach- oder branchenspezifische Normen in instandhaltungsspezifischen

Aspekten. So ist bereits mit der DIN EN 13306:2017:2018-02 eine einheitliche Definition der Grundbegriffe für alle Arten der Instandhaltung und des Instandhaltungsmanagements formuliert worden, unabhängig von der Art der betrachteten Objekte und der Instandhaltungsakteure. Die wesentlichen Prozesse einer übergreifenden Instandhaltungsorganisation mit ihren wechselseitigen Beziehungen sind detailliert in der DIN EN 17007:2018 beschrieben worden und sorgen so für ein einheitliches Prozessverständnis aller Akteure in der Instandhaltung.

Die Instandhaltung verfügt im Lebenszyklus einer Anlage über eine Schlüsselposition, da durch sie die Anlagenlebensdauer wesentlich beeinflusst wird. Sie kann ihrer Schlüsselposition nur dann vollenfänglich gerecht werden, wenn ihre Anforderungen bereits in den frühen Phasen des Anlagenlebenszyklus berücksichtigt werden. Wie dies aus Sicht der Instandhaltung gestaltet werden kann, zeigt die DIN EN 16646:2016 zur Instandhaltung innerhalb des Asset Managements.

Aus Sicht der Instandhaltung ist auch die Ersatzteilversorgung über den gesamten Nutzungszzeitraum einer Anlage von großer Bedeutung. Das Obsoleszenzmanagement gewinnt hierbei immer mehr an Gewicht, da im Falle fehlender Ersatzteile bisherige Strategien wie der Nachbau oder die Rückgewinnung von Teilen bei Industrie 4.0-Anlagen nur eingeschränkt möglich sind. Viele der heutigen „smart“ Bauteile sind mit elektronischen Elementen und mit Software versehen, die ein Nachfertigen unmöglich machen. Die DIN EN 62402:2017-09 legt hierfür Anforderungen an das Obsoleszenzmanagement von Objekten fest und behandelt alle Arten von Objekten, deren Verfügbarkeit während des Produktlebenszyklus enden kann. Bereits bei der Konzeption und Entwicklung von Anlagen der Industrie 4.0 sind derartige Anforderungen des Obsoleszenzmanagements mit zu berücksichtigen.

Eine große Bedeutung kommt in der Smart Maintenance schließlich auch der Einbindung des Menschen in seine neue Arbeitsumgebung zu. Eine vollständige Automatisierung der Instandhaltungstätigkeiten scheidet auf Grund des vorherrschenden Anforderungsprofils an die Instandhaltung (Einmaligkeit der Tätigkeiten, Kreativität und Flexibilität bei der Lösungsfindung, etc.) aus. Damit ist es erforderlich, den Menschen durch zielgerichtete, individuelle Befähigung und Ausbildung auf die sich verändernden Arbeitsanforderungen vorzubereiten. Zudem muss mit der Entwicklung von geeigneten Assistenzsystemen der Instandhalter in die Lage versetzt werden, komplexe Zusammenhänge zu verstehen, Daten zu selektieren und aufzubereiten, mit Maschinen und Anlagen zu interagieren/kommunizieren und die richtigen Entscheidungen treffen zu können. Die Initiative „Smart Maintenance for Smart Factories“³⁷ formuliert hierzu Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, die diese Thesen und Bedeutung der Instandhaltung für die Industrie 4.0 stützen.

37 www.acatech.de/de/projekte/laufende-projekte/smart-maintenance.html.

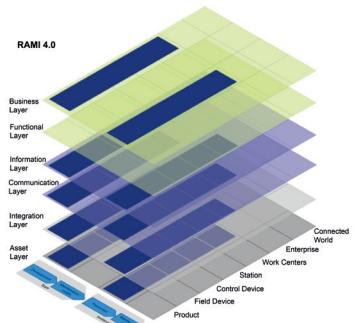
Handlungsempfehlungen

- 3.6-4 Beachtung der Instandhaltungsaspekte sowohl aus Hersteller- wie auch aus Betreiber-Sicht, auch und insbesondere bei Normen zur Predictive Maintenance
- 3.6-5 Standardisierung der Schnittstellen für die Eingabe von aktuellen Instandhaltungs-informationen (Instandsetzungen, Wartungen, Umbauten) in die Systeme des Condition Monitoring und Predictive Maintenance
- 3.6-6 Verwendung der einheitlichen Terminologie zur Instandhaltung gemäß DIN EN 13306:2017:2018-02 in allen Normen mit Instandhaltungsaspekten
- 3.6-7 Berücksichtigung abgestimmter Prozessschnittstellen gemäß DIN EN 17007:2018 in allen Normen mit Prozessfestlegungen zur Instandhaltung
- 3.6-8 Bewertung sämtlicher Festlegungen zu Industrie 4.0-Lösungen unter dem Aspekt der Beherrschbarkeit möglicher Obsoleszenz-Risiken gemäß DIN EN 62402:2017-09

3.7 Nichtfunktionale Eigenschaften³⁸

3.7.1 Ausgangssituation

Die Zielsysteme von Industrie 4.0 sind industrielle Produktionssysteme. Diese müssen neben ihrer eigentlichen Funktion eine Reihe von nichtfunktionalen Eigenschaften besitzen, um die betrieblichen Anforderungen an eine effiziente, sichere und robuste Produktion zu erfüllen. Nichtfunktionale Eigenschaften sind typischerweise Querschnittseigenschaften. Zu ihrer Erfüllung tragen sowohl die einzelnen Elemente als auch die Art ihres Zusammenwirkens im Gesamtsystemverbund bei. Die nichtfunktionalen Eigenschaften sind bereits heute ein wichtiger Bereich der Normung. Dies betrifft die Definition und Abgrenzung der Eigenschaft selbst, die quantitative Vorgabe von Wertegrenzen zur einheitlichen Klassifikation und von Konzepten zur konkreten Sicherstellung ihrer Einhaltung. Es ist Ziel und Notwendigkeit, die systemische und systematische Berücksichtigung der nichtfunktionalen Eigenschaften auch auf die neuen Konzepte von Industrie 4.0 zu übertragen. Durch die integrale Einbeziehung des weltweiten Informationsnetzes, die domänenübergreifende Betrachtung von Produktionsketten und die Mitbetrachtung der Ebene der Geschäftsprozesse, ergibt sich eine neue Systemarchitektur, die mit den Konzepten der nichtfunktionalen Eigenschaften abgeglichen werden muss. Dies ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Umsetzung in der betrieblichen Praxis.



³⁸ Jede Funktionseinheit hat neben der Fähigkeit, ihre primäre Nutzfunktion auszuführen (funktionale Eigenschaften) auch noch andere, verwaltungstechnische und ablauftechnische Eigenschaften. Diese bezeichnet man in der Automatisierungstechnik als nichtfunktionale Eigenschaften.

3.7.2 Terminologie der nichtfunktionalen Eigenschaften definieren

Das Konzept der nichtfunktionalen Eigenschaften gewinnt zunehmend an Bedeutung auch über den Bereich der Automatisierungstechnik hinaus. Nichtfunktionale Eigenschaften sind in Standards explizit auszuweisen und im Sinne von Merkmalen zu definieren. Der Begriff nichtfunktionale Eigenschaft wird im Verbund mit funktionalen Eigenschaften wie folgt definiert: Funktionale Eigenschaften beziehen sich, wie der Name sagt, auf die Funktion eines Systems. Die Funktion beschreibt den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen eines Systems allgemein, das, was der Nutzer eines Systems von diesem erwartet. Funktionale Eigenschaften beziehen sich dann auf die Eigenschaften der Eingangs- und Ausgangsgrößen, wie z. B. Wertevorrat, Wertebereich oder auf Eigenschaften der Funktion, wie z. B. Stetigkeit, kontinuierliche oder diskrete Änderungsmöglichkeit der Größen. Diese Funktionen werden durch reale physische Systeme, d. h. Geräte und Komponenten umgesetzt. Diese haben ebenfalls Eigenschaften, die die Art der Ausführung der Funktionen beeinflussen. Diese Eigenschaften der Geräte und Komponenten, die oft Einschränkungen bei der Funktionsbereitstellung und -ausführung mit sich bringen, werden als nichtfunktionale Eigenschaften bezeichnet. Dies gilt sowohl für Hardware als auch für Software.

3.7.3 Funktionale Sicherheit (Safety)

Die funktionale Sicherheit wird auch in der deutschsprachigen Fachpresse häufig mit „Safety“ benannt.

Ziel der funktionalen Sicherheit ist der Schutz des Menschen, der Schutz der Umwelt und der Schutz von wertvollen Gütern vor ernsthafter Schädigung. Die funktionale Sicherheit bringt kein eigenes Gefährdungsmodell mit. Diese liefert immer ein anderes Gebiet, beispielsweise das der Maschinensicherheit oder der Verfahrenstechnik. Zentraler Begriff der funktionalen Sicherheit ist die Sicherheitsfunktion, das ist die Aufgabe, die erfüllt werden muss, um das betrachtete System in einem sicheren Zustand zu halten oder in einen solchen zu bringen. Mit den Normen IEC 61508³⁹, IEC 61511⁴⁰ und ISO 13849⁴¹ stehen nicht nur Modelle zur Analyse und Bewertung der Gefahren zur Verfügung, sondern auch detaillierte Vorgehensmodelle zur Ermittlung der erforderlichen Schutzmaßnahmen, Handhabung und gerätetechnischen Realisierung. Die Normen enthalten Methoden und Kennzahlen zur quantitativen Ermittlung des Risikos und der Risikominderung. Die Normen haben sich bewährt und müssen auch in zukünftigen Syste-

³⁹ Siehe DIN EN 61508 (VDE 0803) „Funktionale Sicherheit elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Systeme (E, E, PES) zum Schutz von Personen und Umwelt“; Normreihe.

⁴⁰ Siehe DIN EN 61511 (VDE 0810) „Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozess-industrie“; Normreihe.

⁴¹ DIN EN ISO 13849 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“, Normreihe.

men stringent zur Anwendung kommen. Es sollte nicht angestrebt werden, Anforderungen der relevanten Normen zur funktionalen Sicherheit zu senken, um für allgemeine Zwecke entworfene IT-Systeme als sicherheitsbezogene Systeme qualifizieren zu können.

Zu untersuchende Fragen wären beispielsweise:

- Ist es möglich, die Risikobewertung für Komponenten so weit vorzubereiten, dass die Risikobewertung eines Gesamtsystems, zu dem sich diese zusammenfinden, ohne menschliches Zutun möglich ist?
- Kann von den risikoreduzierenden Eigenschaften von Komponenten eindeutig auf diejenigen eines Gesamtsystems geschlossen werden, das aus diesen Komponenten zusammengesetzt wird?
- Müssen Konfigurationsparameter für Sicherheitsfunktionen in der Verwaltungsschale sicher gehandhabt werden?

In der Vergangenheit haben einige Normenausschüsse eigene Festlegungen zur funktionalen Sicherheit getroffen, die von denjenigen der Sicherheitsgrundnorm IEC 61508 abweichen. Diese unterscheiden sich zwar nicht grundsätzlich oder führen zu unsicheren Produkten, liefern aber andere Terminologien und Metriken der gestuften Anforderungen. Beim Zusammenfügen von Systemen, die nach unterschiedlichen Normen der funktionalen Sicherheit beschrieben sind, werden sie zu erhöhter Komplexität und erhöhten Kosten führen. Es muss befürchtet werden, dass diese bei einer Fortsetzung dieser Tendenz nicht mehr beherrscht werden können.

An einigen Stellen überlappen sich die hier geschilderten nichtfunktionalen Eigenschaften. Normensetzer und Systemarchitekten sind daher aufgerufen, nicht nur Spezialist für eine dieser Eigenschaften zu sein, sondern auch die Ansätze der Nachbargebiete zu studieren. Doppelarbeit und Widersprüche sollten identifiziert und an die verantwortlichen Normenausschüsse zurückgemeldet werden. Sie können bei einem sich neu entwickelnden Gebiet nicht ausgeschlossen werden, sollten aber verringert werden.

Neue Anwendungsgebiete definieren weitere Anforderungen an sichere Systeme und die dazugehörigen Bewertungsmethoden der funktionalen Sicherheit. Sie sollten daraufhin durchgesehen werden, ob sie auch für die Ziele von Industrie 4.0 relevant werden können.

3.7.4 Sicherheit (Security)

Security beschreibt den Schutz eines Systems vor einem unzulässigen äußeren Einfluss. Die Konzepte sind allgemein und können z.B. als Grundnormen für konkrete Lösungen oder als Produktnormen als Basis oder Grundlage dienen (beispielsweise „security by design“⁴²).

⁴² Siehe auch Umsetzungsempfehlungen des AK „Industrie 4.0“, Seite 50, Punkt 1 „Security by Design“.

Security als Konzept gilt sowohl für körperliche Einflüsse, z.B. das Eindringen von nicht autorisierten Personen in einen Raum, als auch für die unzulässige Beeinflussung eines IT-Systems über seine Kommunikationsschnittstellen. Mit der intensiven Nutzung des Internets auch für automatisierungstechnische Steuerungsfunktionen, der Virtualisierung und des Cloud-Computing, jedoch auch durch die SelfX-Technologien (Selbstkonfiguration, Selbstheilung, Selbstoptimierung) und die agentenmäßige Vernetzung intelligenter Funktionen untereinander, erhält die IT-Security in Industrie 4.0 eine besondere Bedeutung. IT-Security ist eine wesentliche Voraussetzung für die Informationssicherheit und eng mit dieser verbunden.

Mit der Normung und Standardisierung von Sicherheitsaspekten befasst sich die Deutsche Normungsroadmap IT-Sicherheit. Sie gibt einen Überblick über die IT-Sicherheitsnormung in den derzeit meistdiskutierten Schwerpunktgebieten und leitet aus den aktuellen Diskussionen Ausblicke und Handlungsempfehlungen ab.

Die Normungsroadmap IT-Sicherheit wird von der Koordinierungsstelle IT-Sicherheit bei DIN gemeinsam mit der DKE erarbeitet und regelmäßig fortgeschrieben. Die aktuelle Version kann unter www.din.de/go/kits heruntergeladen werden.

3.7.5 Zuverlässigkeit, Robustheit

Ziel der Produktionssicherheit ist die Robustheit und Ausfallsicherheit der Produktionsanlagen. Unabhängig von der Frage einer schwerwiegenden Schädigung der Anlage, der Umwelt oder des Menschen wird der Ausfall einer Produktionsanlage heute nur noch in seltenen Fällen toleriert. Ausfälle senken die Performance einer Anlage signifikant und verschlechtern die Wettbewerbsfähigkeit. Moderne Produktionsanlagen tragen diesem Gesichtspunkt Rechnung und sind entsprechend robust und ausfallsicher ausgelegt. Im Umfeld der CPPS müssen neue Konzepte entwickelt werden, um die Ausfallsicherheit auch in einer virtualisierten IT-Umgebung ohne einen signifikanten Mehraufwand sicherzustellen.

Allerdings kommt in teils hochdynamisch vernetzten CPPS-/Internet-of-Things-Systemen der System-Robustheit eine besondere Bedeutung zu. Diese darf dabei nicht nur die Eigenschaft einzelner Komponenten berücksichtigen, sondern muss eine an das Gesamtsystem angedockte Funktionalität definieren.

3.7.6 Instandhaltbarkeit (Maintainability)

(siehe auch Kapitel 3.6.4 Instandhaltung)

Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch die Instandhaltbarkeit (Maintainability): Dies ist die Fähigkeit einer Produktionsanlage, schnell und einfach instand gehalten zu werden. Die

hieraus resultierenden Anforderungen wie die Möglichkeit zur Fehlerdiagnose, Austauschbarkeit, Modularität, vorbeugenden Wartung, usw. sind bereits bei der Planung und Konzeption von CPPS zu beachten. Schließlich hat die Maintainability einer Anlage wesentlichen Einfluss auf den zukünftigen Ablauf und Aufwand zur Instandhaltung und somit auf die Kosten und Wirtschaftlichkeit einer Anlage. Die Kundenakzeptanz von neuen Industrie 4.0-Lösungen wird daher im hohen Maße von der Maintainability dieser Lösungen beeinflusst werden.

Grundsätzliche Aspekte der Maintainability werden in der DIN EN 60300-3-10:2015-01 bereits beschrieben. Die spezifischen Merkmale von Industrie 4.0-Lösungen, die insbesondere aus der vertikalen und horizontalen Integration der Systeme heraus resultieren, erfordern gleichwohl eine Ergänzung dieser Aspekte um weitere, Industrie 4.0-immanente Anforderungen zur Maintainability: Mit der vertikalen Integration der Geschäftsprozesse und Systeme müssen auch die unterschiedlichen IT-Systeme zur Instandhaltung derart integriert werden, dass Informationen zum aktuellen Anlagenzustand allen relevanten Unternehmensebenen einfach und schnell zur Verfügung stehen.

Standards zu integrierten Lösungen müssen gleichzeitig aber auch Aspekte der Modularität und Austauschbarkeit beachten, so dass sie als offene Systeme es den Betreibern weiterhin ermöglichen, die hierfür notwendigen Serviceleistungen wie Instandsetzungen, Wartungen oder Condition Monitoring-Services von unterschiedlichen Anbietern unabhängig zu beziehen. Hierbei ist insbesondere auf die freie Austauschbarkeit von Zustandsdaten für das Condition Monitoring zu achten. Auf Basis des VDMA-Einheitsblattes 24582 hat der DKE/AK 931.0.13 einen Normungsvorschlag zu Condition Monitoring-Funktionen zur einheitlichen Behandlung von Condition Monitoring-Daten erarbeitet und beim IEC/SC 65E eingereicht.

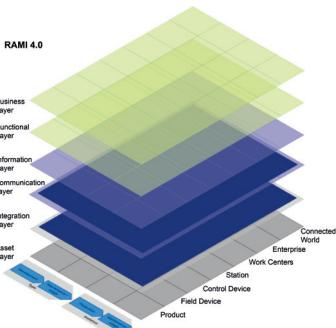
Ferner sind bei Standards zu integrierten Systemen die in der Regel unterschiedlichen Lebenszyklen von Teilsystemen zu beachten. Die Obsoleszenz eines Teilsystems darf nicht zur Obsoleszenz des integrierten Gesamtsystems führen. Normen für integrierte Industrie 4.0-Lösungen sind folglich auch unter diesem Aspekt zu verfassen.

3.7.7 Adressierung der nichtfunktionalen Eigenschaften in Normen

Die Beschreibung der nichtfunktionalen Eigenschaften, ihrer Ziele und der dazu entstehenden Anforderungen an die Regelsetzung, die Gerätehersteller, die Integratoren, die Betreiber und die Nutzer ist eine anspruchsvolle Aufgabe und sollte ausführlich und unmissverständlich formuliert sein. Es ist anzustreben, jede nichtfunktionale Eigenschaft in Normen zu beschreiben. Die Sicherheitsgrundnormen zur Beschreibung der funktionalen Sicherheit sind insoweit ein sehr guter Ansatz, da sie den Aspekt der funktionalen Sicherheit für sich kontextunabhängig betrachten und damit im Prinzip allgemein angewendet werden können.

Handlungsempfehlungen

- 3.7-1** Anhand von Use Cases sollten Sicherheitsfunktionen klassifiziert werden, um festzustellen, ob alle Klassen mit den vorhandenen Normen hinreichend beschrieben werden können.
- 3.7-2** Neue Normen zur funktionalen Sicherheit sollten auf der IEC 61508 basieren.
- 3.7-3** Abweichungen sind nur zulässig, wenn die in der IEC 61508 zugrunde gelegten Modelle die neue Situation nicht ausreichend beschreiben können (anderer Lebenszyklus, andere Ausfallmodelle).
- 3.7-4** Die vorhandenen, nun abweichenden Normen, die für eine Industrie 4.0-Umgebung benötigt werden, sind auf die Terminologie und Kennzahlen der IEC 61508 zurückzuführen.
- 3.7-5** Festlegungen, die in sektorspezifische Normen getroffen wurden, aber von allgemeiner Bedeutung für Industrie 4.0 sind, sollten in die Grundnorm IEC 61508 überführt werden.
- 3.7-6** Die identifizierten Lösungskonzepte für Zuverlässigkeit und Robustheit sind zu klassifizieren und Kennzahlen zu definieren, die es erlauben, ihre charakteristischen Eigenschaften eindeutig zu beschreiben. Eine quantitative Vorausschätzung der Eigenschaft „Zuverlässigkeit“ erscheint jedoch in der Praxis sehr schwierig.
- 3.7-7** Die Instandhaltbarkeit von Anlagen und Maschinen sollte bei sämtlichen relevanten Normen für Industrie 4.0 gemäß DIN EN 60300-3-10:2015-01 Berücksichtigung finden.
- 3.7-8** Doppelarbeit und Widersprüche bei nichtfunktionalen Eigenschaften auf verschiedenen Gebieten sollten identifiziert und an die verantwortlichen Normenausschüsse zurückgemeldet werden.
- 3.7-9** Es ist anzustreben, jede nichtfunktionale Eigenschaft in Normen zu beschreiben.



3.8 Kommunikationstechnologien

3.8.1 Ausgangssituation

Kommunikationsanforderungen in der Industrie 4.0

Ein wesentlicher Aspekt der Umsetzung von Industrie 4.0 ist die Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen. Daraus ergeben sich bezogen auf die Kommunikation folgende Änderungen gegenüber dem heutigen Stand:

- Die Kommunikation innerhalb und zwischen den Hierarchieebenen der Fabrik (RAMI 4.0 Hierarchy Levels) wird erheblich zunehmen.
- Die Kommunikation zwischen räumlich und organisatorisch verteilten Instanzen muss oft aus Flexibilitätsgründen oder wegen der Mobilität der Instanzen drahtlos erfolgen.
- Kommunikationsanforderungen bestehen nicht permanent über den gesamten Lebenszyklus einer Produktionsanlage (RAMI 4.0 Life Cycle Value Stream) in gleicher Weise, sondern ändern sich entsprechend der Flexibilität der Produktion.
- Die Volatilität der Industrie 4.0-Prozesse erfordert auch eine Kommunikation zwischen Anwendungsprozess und Kommunikationsprozess.

Die heute verwendeten Kommunikationssysteme werden durch neue Entwicklungen ergänzt beziehungsweise ersetzt werden. Beispiele sind Time Sensitive Networking (TSN) oder Entwicklungen der 5th Generation Mobile Networking (5G). Die bestehenden beziehungsweise in Entwicklung befindlichen Normen sind bzgl. ihrer Anwendbarkeit zu prüfen. Gegebenenfalls sind Profile zu spezifizieren, die eine Konformitätsprüfung und somit die Interoperabilität der Produkte verschiedener Hersteller ermöglichen.

Kommunikationsstandards von IEEE oder 3GPP spezifizieren für den Nutzdatenverkehr die Bitübertragungsschicht (Physical Layer) und den Mediumszugriff (Medium Access Control Sub-Layer). Wenn keine höheren Schichten des Internet wie IP, TCP oder HTTP genutzt werden sollen oder können, besteht zusätzlicher Spezifikationsbedarf.

Die Anforderungen an die Kommunikation in der Industrie 4.0 werden sehr unterschiedlich sein. Demzufolge werden auch sehr verschiedene leitungsgebundene und drahtlose Kommunikationssysteme zum Einsatz kommen. Mit OPC UA etabliert sich zunehmend ein offener Schnittstellenstandard, der die Heterogenität der industriellen Kommunikationssysteme verbirgt. Dieser Schnittstellenstandard ergänzt die bestehenden Kommunikationslösungen. Er basiert auf grundlegend neuen Konzepten, wie einer serviceorientierten Architektur (SOA) und Informationsmodellen zur Beschreibung von Geräten und ihren Fähigkeiten. Eine SOA ermöglicht es Komponenten, Maschinen und Anlagen flexibler zu agieren, wenn diese nicht für eine spezifische Produktionsaufgabe konfiguriert und programmiert werden, sondern ihre grundsätzlichen Fähigkeiten als Dienste anbieten. Dazu gehört die Fähigkeit, Daten von Geräten (Messwerte, Stellwerte und Parameterwerte) nicht nur zu transportieren, sondern auch maschinenlesbar semantisch zu beschreiben.

Ausgangssituation leitungsgebundene Kommunikation

Industrielle Kommunikationssysteme bieten für hohe Anforderungen bereits heute ausgereifte Lösungen für leitungsgebundene Kommunikation auf Basis von IEEE 802.3 (Ethernet). Bei Industrie 4.0-Netzwerken, welche nicht nur den Shop-floor, sondern auch den Office-floor umfassen, kommen aber zu den bisherigen Anforderungen noch weitere bezüglich der Modularisierung, des flexiblen Hinzufügens, Wegnehmens und neu Anordnens von Modulen. Zusätzlich zur

hierarchielosen Vernetzung der Komponenten bringen die zunehmende Anzahl von Sensoren und Stellgeräten sowie erweiterte Netzwerkanbindungen von Betriebsmitteln für z.B. Diagnosezwecke nicht nur zunehmenden Datenverkehr, sondern auch geänderte Bedürfnisse hinsichtlich der Topologie der Netzwerke.

Bezüglich der Topologie gibt es heute zwei Welten. Zum einen die in der Industrieautomation gängige, aktive, lineare Topologie, bei der in jedem Teilnehmer ein Switch vorhanden ist, der sowohl die ankommende, die abgehende Leitung als auch die interne Verbindung zum Gerät herstellt. Demgegenüber haben wir in der strukturierten Gebäudeverkabelung eine sternförmige Verkabelung mit den 3 Hierarchiestufen Campus, Gebäude und Etage. Hier sollte untersucht werden, wie eine ideale Netzwerkstruktur für Industrie 4.0 aussieht, wobei auch die drahtlose Kommunikation mit betrachtet wird. Dies umfasst Kommunikation innerhalb von Industrie 4.0-Komponenten als auch die Vernetzung zwischen den verschiedenen, teilweise mobilen, Industrie 4.0-Komponenten, die Kommunikation mit übergeordneten Automatisierungsgeräten sowie die Anbindung an die kommerzielle EDV, bis hin zur Cloud für die Datenablage und Cloud-basierten Diensten. Die gefundenen Lösungen sind zu standardisieren.

Um Diagnose- und Überwachungsfunktionen in einem Industrie 4.0-Netzwerk realisieren zu können, benötigen die Infrastrukturkomponenten der leitungsgebundenen Kommunikationssysteme, aktive (Router, Switches, Repeater etc.) wie passive (Leitungen und Stecker) eine virtuelle Repräsentanz. Die Merkmale (produktbeschreibende und einsatzbezogene Daten) und die Zustandsinformationen der Infrastrukturkomponenten sind zu standardisieren, um eine einheitliche Sicht darauf zu ermöglichen.

Ausgangssituation funkbasierte Kommunikation

Die Kommunikationsressourcen können nicht im gleichen Maße erweitert werden, wie es für die Sicherstellung der schnell wachsenden Kommunikationsanforderungen erforderlich wäre. Insbesondere das Funkspektrum ist sehr begrenzt. Heute nutzt die Funkkommunikation Funkspektren, die in der Regel nicht exklusiv für eine einzige Anwendung zur Verfügung stehen. Eine Priorisierung von Funkanwendungen findet gegenwärtig nur durch die Frequenzvergabe durch die Regulierungsbehörden statt. Die Flexibilität der Produktionsprozesse und die Mobilität der Instanzen ermöglichen allerdings auch die Anpassung von Kommunikationsbeziehungen an das jeweils erforderliche Maß. Mit der Norm IEC 62657 wird beispielsweise ein frequenzunabhängiges Koexistenzmanagement beschrieben, das manuell oder automatisiert umgesetzt werden kann.

Flexible Kommunikationssysteme (wie Mobilfunksysteme) bieten Management- und Steuerungsdienste an, um das Kommunikationssystem im Betrieb an die jeweiligen Kommunikationsanforderungen anzupassen. Zur Nutzung dieser Dienste im Anwendungsprozess erscheint es sinnvoll, Kommunikationsgeräte als Industrie 4.0-Komponenten zu betrachten und die Aspekte gemäß RAMI 4.0 Layer Architecture bei deren Entwicklung zu berücksichtigen.

Neue Kommunikationstechnologien sowie die beschriebene Adaptivität der Kommunikationssysteme stellen auch neue Anforderungen an die Security. Des Weiteren müssen Kommunikationssysteme wegen der Mobilität und wegen des Determinismus der Anwendungen Dienste zur Ortung und zur Zeitsynchronisation bereitstellen.

Vor diesem Hintergrund werden folgende Normungsaktivitäten zur Kommunikation für Industrie 4.0 empfohlen.

3.8.2 Arbeiten zur Erlangung eines exklusiven Frequenzspektrums für die Industrieautomation

Die flexible Vernetzung, die Industrie 4.0-Szenarien kennzeichnet, wird mehr Frequenzspektrum erfordern, als heute dafür zur Verfügung steht. Insbesondere für Anwendungen mit hohen Anforderungen an Echtzeitfähigkeit, Determinismus und Verfügbarkeit wird ein Frequenzspektrum erforderlich sein, das für Industrieanlagen nach Möglichkeit weltweit zur Verfügung steht.

Die derzeit laufende Studienperiode der ITU-R zur Weltfunkkonferenz 2019 behandelt unter dem Tagesordnungspunkt 9.1 u.a. das Thema 9.1.8, die technischen und betrieblichen Aspekte von Funknetzen und -systemen, die benötigten Frequenzen, einschließlich einer möglichen harmonisierten Frequenznutzung zur Unterstützung der Implementierung an die Maschinenkommunikation.

Die im ZVEI (Zentralverband der Elektroindustrie) neu gegründete 5G-ACIA (5G Alliance for Connected Industrie and Automation) erarbeitet zu diesem Tagesordnungspunkt Beiträge und bringt diese über die BNetzA in die ITU-R-Gremien für IMT-2020-Bänder (5G-Technologie) und Nicht-IMT-Bänder (5.8 GHz ISM-Band) ein. Es zeichnet sich ab, dass ein exklusiv nutzbares Spektrum für die Industrieautomation in 5G-Bändern im geordneten Zusammenwirken aller Mitnutzer ermöglicht werden kann.

Dies erfordert daher den Ausbau der Aktivitäten von den betroffenen Anwenderindustrien zur Mitgestaltung der Anforderungen insbesondere zu:

- privatem, industriellem Netzbetrieb in für öffentlichen Mobilfunk vorgesehenen Bändern
- kooperativem Netzbetrieb mit einem öffentlichen Netzbetreiber unter Nutzung optimaler Spektrumsressourcen, offener Schnittstellen beispielsweise für Netz-Managementfunktionen und Sicherheitsanforderungen
- Verfahren für regional nutzbare 5G-Frequenzen für die Industrieautomation

Handlungsempfehlung

3.8-1 Die Arbeiten zur weltweiten Zuweisung von Frequenzspektren für die Nutzung durch industrielle Automatisierungsanwendungen sind aktiv durch Experten der Mess- und Automatisierungstechnik zu begleiten. Da das Frequenzspektrum unter hoheitlicher Verwaltung steht, ist enger Kontakt mit den entsprechenden Verwaltungen erforderlich.

3.8.3 Netzwerkmanagement

Komplexe Kommunikationsnetze für Industrie 4.0 erfordern ein automatisiertes Management. Die Kommunikationsnetze können nicht für den ständig steigenden Kommunikationsbedarf ausgelegt werden. Vielmehr ist die Bereitstellung von Kommunikationsdiensten entsprechend den sich ändernden Anforderungen des Produktionsprozesses und den dadurch erforderlichen Prioritäten zu verteilen.

Für das Netzwerkmanagement wird in der Telekommunikation zwischen Konfigurationsdiensten (Management Plane) und Steuerungsdiensten (Control Plane) unterschieden. In der Entwicklung befinden sich Technologien wie Software Defined Networking (SDN) oder Self Optimizing Networks (SON). Es ist zu prüfen in welchem Maße diese Technologien für industrielle Kommunikationsnetzwerke anwendbar sind, die auf Ethernet, Time Sensitive Networking (TSN) oder drahtlose Kommunikationstechnologien basieren. Bei der Normung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- leitungsgebundene und drahtlose Netzwerke sind gemeinsam zu betrachten;
- für die Automatisierungsanwendungen erforderliche Informationen zur Netzwerkdiagnose müssen zugänglich sein;
- die Steuerung der Netzwerke entsprechend den jeweils aktuellen Anforderungen der industriellen Anwendungen muss möglich sein;
- der künftig stärkeren Trennung der Verantwortlichkeiten bezüglich Netzwerk, Kommunikationskomponenten beziehungsweise industrieller Automatisierungsgeräte (CPS) und verteilter Automatisierungsanwendung ist Rechnung zu tragen.

Dienste und Protokolle, die Kommunikationskomponenten in industriellen Automatisierungsgeräten und Infrastrukturgeräte bereitstellen müssen sind zu spezifizieren.

Mit der Norm IEC 62657 wird ein frequenzunabhängiges Koexistenzmanagement für industrielle Funkkommunikationsanwendungen beschrieben, das sowohl manuell als auch automatisiert umgesetzt werden kann. Diese Festlegungen sind bei der künftigen Normung des Netzwerkmanagements zu berücksichtigen.

Handlungsempfehlung

- 3.8-2** Dienste und Schnittstellen für das Management der verschiedenen Kommunikationsnetzwerke sollten einheitlich und aus Anwendungssicht spezifiziert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zwischen Netzwerkbereitstellung (Management Services) und Bereitstellung von Kommunikationsdiensten (Control Services) zu unterscheiden ist.

3.8.4 Lokale Industrienetze

Die für die Heim- und Bürokommunikation entwickelten Funktechnologien decken zum Teil auch Anforderungen industrieller Automatisierungsanwendungen ab. Allerdings gibt es auch Anwendungen, für die diese IT-Lösungen nicht geeignet sind. Deshalb sind in den Normen IEC 61784-2, IEC 62591 (WirelessHART), IEC 62601 (WIA-PA) spezielle Festlegungen für die Automatisierungstechnik getroffen worden. Für Entwicklungen, wie z.B. Near Field Communication (NFC) oder rekonfigurierbare Funksysteme, zu denen Software Defined Radio (SDR) und Cognitive Radio (CR) gehören, aber auch für neue Mobilfunkstandards ist zu prüfen, für welche Anwendungen sie unverändert eingesetzt werden können, oder ob z.B. Profile zu deren Anwendung im industriellen Bereich festzulegen sind. Aspekte von Industrieanwendungen werden durch 3GPP und ETSI bearbeitet. Die Kooperation mit diesen Konsortien und Standardisierungsorganisationen sollte gesucht werden.

Im Zuge der Umsetzung von Industrie 4.0 wird auch ein spezieller Funkstandard für die Kommunikation in der Fertigungszelle beziehungsweise im Bereich der Fertigungsmaschine erforderlich werden. So werden Sensoren bei der Identifikation von Werkstücken, bei der Steuerung in Maschinen und Fertigungszellen sowie zur Dokumentation des Fertigungsprozesses zunehmend eine Rolle spielen. Sie sind die Quelle für ein möglichst genaues Prozessabbild. Auf der anderen Seite wirken immer mehr Akteure auf den Produktionsprozess. Die Verdrahtung der wachsenden Anzahl an Sensoren und Akteuren im Maschinenbau ist aufwändig und zum Teil technisch schwierig zu implementieren. Die drahtlose Einbindung von Sensoren und Akteuren wird damit an Bedeutung gewinnen. Die Vielfalt von Anbietern von zum Teil sehr speziellen Sensoren und Akteuren erfordert eine Normung der Funkkommunikation. Dabei sind die Eigenschaften einfacher Sensoren (Endpoint Device) bzgl. Baugröße, Leistung und Preis zu beachten⁴³. Gegebenenfalls sind unterschiedliche Ansätze zu harmonisieren, da Diversität in diesem Bereich nicht wirtschaftlich implementierbar ist.

43 Mit der Spezifikation von IO-Link Wireless liegt ein passender Kandidat für die Normung vor.

Handlungsempfehlungen

- 3.8-3** Normen für globale mobile Netzwerktechnologien sollten so gestaltet oder ergänzt werden, dass auch eine Nutzung als lokales Industrienetz möglich ist.
- 3.8-4** Normen für globale mobile Netzwerktechnologien sollten so gestaltet oder ergänzt werden, dass ein nahtloser Übergang zwischen (privaten) lokalen Industrienetzen und industriellen Weitverkehrsnetzen möglich ist.

3.8.5 Integration der Kommunikation

Die Anforderungen an die einheitliche Handhabung von Kommunikationssystemen unterschiedlichster Technologien im Lebenszyklus von Produktionsanlagen wirken sich auch auf die Rolle dieser Kommunikationssysteme aus. Sie sind nicht nur Mittel zum (Kommunikations-)Zweck, sondern auch Bestandteil der Produktionsanlage. Im Gegensatz zur Bürokommunikation kommen die wechselnden Anforderungen an die industrielle Kommunikation von der Automatisierungsanwendung und damit direkt vom flexibler werdenden Produktionsprozess. Deshalb müssen Kommunikationsassets ebenfalls zu Industrie 4.0-Komponenten im Sinne des Referenzarchitekturmodells Industrie 4.0 entwickelt werden. Hier ist zunächst zu prüfen, für welche Assets sinnvollerweise digitale Repräsentationen zu definieren sind. Zur Diskussion steht, ob neben den aktiven Assets wie Modems, Switches, Base Stations etc. auch die passiven Assets wie Leitungen, Stecker oder Antennensystem mit Verwaltungsschalen beschrieben werden sollen.

Entsprechende Maßnahmen zur Integration der Kommunikations- und Managementsysteme in die Welt der industriellen Automation sind vorzunehmen. Das gilt gleichermaßen für leitungsgebundene und drahtlose Kommunikationstechnologien.

3.8.6 Industrielles Lokationsmanagement

Industrielles Lokationsmanagement ist die systematische Erfassung, Verwaltung und Darstellung der geographischen Positionen von verteilten und vernetzten Geräten oder Anlagenteilen eines Automatisierungssystems. Zur Lösung dieser Aufgabe sind verschiedenste Ansätze bekannt. Eine einheitliche Normung zu folgenden Aspekten fehlt jedoch:

- Formate für Lokationsdaten
- Vereinbarungen zur Datenhaltung (zentral/dezentral)
- Dienste und Protokolle zum Datentransport

Da insbesondere mit der drahtlosen Vernetzung der implizite Ortsbezug verloren geht, sind entsprechende Arbeiten angeraten.

Basis hierzu sollten im Wesentlichen die schon existierenden Standards seitens der ISO/IEC JTC 1/SC 31/WG 5 darstellen. Diese sollten empfehlenswerterweise, soweit noch nicht geschehen, in die harmonische Normung im Kontext Industrie 4.0 übernommen – beziehungsweise gegebenenfalls weiter ergänzt werden.

Die ISO/IEC JTC 1/SC 31/WG 5 entwickelte in der Vergangenheit die Normen für die Ortsermittlung in Echtzeit, d.h. für sogenannte Real Time Location Systems (RTLS). Insbesondere im Kontext Industrie 4.0 ergeben sich viele potenzielle Anwendungen, die insbesondere im Hinblick auf ihre Interoperabilität, aber auch Koexistenz eine weitergehende harmonisierte Standardisierung benötigen werden:

- primäre Objektverfolgung (Mobile/Quasistationäre Devices, (Semi-)Transportsysteme, (semi-)mobile Fertigungszellen, Halbzeuge, Werkzeuge, mobile Edge-Devices, etc.)
- Personendetektion (Bewegung, Ort, Geo-Fencing, etc.)
- Anwendungen in der: Fertigungsautomatisierung, Inter-/Intra-Logistik, Indoor-Lokalisation zur Unterstützung der Visualisierung beziehungsweise Anwendungen der AR/VR im Kontext digitaler Zwilling

Durch RTLS kann neben der elementaren Anwendung zur Objektdetektion und Verfolgung in einer flexiblen Automatisierungslösung auch zusätzlich der Sicherheitsaspekt erhöht werden.

Einige Beispiele sind hierfür: Gebiets- & Bereichsschutz, gemeinsame Benutzung von Geräten in einem Gebäude oder Firmengelände, Lokalisierungsoptionen z.B. für sicherheitsrelevante Funktionen von Geräten oder Personen oder Werkschutz (Fencing).

Eine weitergehende nationale/internationale Standardisierung sollte die Interoperabilität und auch die Koexistenz der im Folgenden genannten unterschiedlichen systemischen Implementierungen (Frequenzband, Technologie) im Fokus haben.

RTLS -Funktionen dienen primär

- a) zur eigentlichen Lokalisierung des Objekts und aber auch u.U.
- b) der Kommunikation zwischen RTSL-Transponder und der RTLS-Basisstation/dem Reader.

Zurzeit werden hierfür unterschiedliche Technologien mit unterschiedlicher Bandbreite eingesetzt:

Der Großteil der derzeitig realisierten Anwendungen arbeitet im 2,4 GHz Industrial, Scientific and Medical (ISM)-Band.

In jüngster Zeit gibt es auch Anwendungen, die im Bereich 6 bis 8,5 GHz auf Basis der Ultra-Breitband-Technologie (UWB, en: Ultra Wide Band) arbeiten, etabliert sind.

Diese beiden Frequenzbereiche haben sich neben dem 2.4 GHz-Bereich als nutzbar herausgestellt, da hier genügend Bandbreite (83 MHz beziehungsweise > 500 MHz) zur Verfügung steht, um die benötigte und geforderte Ortsauflösung zu erreichen.

Die hierzu wichtigsten Standards:

ISO/IEC 24730-1 (RTLS API) definiert ein Application Programming Interface.

ISO/IEC 24730-1 verwendet SOAP (Simple Object Access Protocol) und ist flexibel erweiterbar.

ISO/IEC 24730-2 (2.4 GHz DSSS) definiert eine Luftschnittstelle, die im Bereich 2.4–2.483 GHz „Direct Sequence Spread Spectrum“ benutzt.

ISO/IEC 24730-5 (2.4 GHz CSS) benutzt „Chirp Spread Spectrum“ im 2.4–2.483 GHz-Band.

ISO/IEC 24730-6 (UWB) besteht aus zwei Teilen.

Handlungsempfehlung

3.8-5 Für ein industrielles Lokationsmanagement ist eine einheitliche Normung zu folgenden Aspekten erforderlich:

- Technologien zur Ermittlung der Lokationsdaten
- Formate für Lokationsdaten
- Vereinbarungen zur Datenhaltung (zentral/dezentral)
- Protokolle zum Datentransport
- Applikationen und Visualisierungswerkzeuge

3.8.7 Industrielle Weitverkehrsnetze

Eines der wichtigsten Konzepte im Zuge der Entwicklung der 5G-Technologie stellt das sogenannte „Network-Slicing“ dar. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um den Ansatz, die physikalische 5G-Netzwerkinfrastruktur (Basisstationen, Transport- und Kernnetz) so flexibel konfigurieren zu können, dass voneinander logisch getrennte Subnetze entstehen, die jeweils speziell auf die Bedürfnisse industrieller Anwender und die von ihnen erforderlichen Dienste zugeschnitten sind. Die technologische Basis wird dabei durch das neue, flexiblere Luftschnittstellendesign (5G New Radio), den software-definierten Netzwerkansatz (SDN), der Network Function Virtualization (NFV)-Technik sowie die echtzeitfähigen verteilten Edge-Cloud-Computing-Architekturen gelegt.

Handlungsempfehlung

3.8-6 Mit Hilfe des Network-Slicing-Konzeptes wird es ermöglicht, dass „private“ industrielle 5G-Subnetze in (öffentlichen) 5G-Netzen virtualisiert werden können, um Anwendungen und Dienste mit Industrie-4.0-spezifischen Kommunikationsanforderungen bedienen zu können. Um die nahtlose Zusammenführung von (heterogenen) industriellen Netzen mit 5G-Netzen zu ermöglichen, müssen jedoch noch offene Schnittstellen zw. beiden Infrastrukturtypen angestrebt und definiert werden.

3.8.8 Zuverlässigsbewertung der Kommunikation

Die verstärkte Orientierung auf Kommunikationstechnologien für Massenmärkte sowie die mit Industrie 4.0 wachsende Komplexität der Kommunikationsnetze sorgt für eine stärkere Trennung zwischen Anbieter und Nutzer von Kommunikationsdienstleistungen. Damit ergibt sich auch die Notwendigkeit, Anforderungen an die Bereitstellung von Kommunikationsdiensten klar und abrechenbar zu formulieren, zu ermitteln und zu prüfen, vor allem, wenn die Bereitstellung der Kommunikationsdienste kostenpflichtig ist. Dafür sind folgende Spezifikationen zu erarbeiten:

- anwendungsorientierte, quantifizierbare Dienstgüteparameter;
- Referenzschnittstelle, auf die sich die Werte der Dienstgüteparameter beziehen;
- Einflussgrößen, die zu berücksichtigen sind;
- Anforderungen an die Ermittlung der Werte der Dienstgüteparameter;
- Methoden zur Ermittlung der Werte der Dienstgüteparameter.

Bei diesen Spezifikationen ist zu berücksichtigen, dass es für die Einhaltung der Dienstgüte mehrere Verantwortliche gibt. Das sind:

- der Hersteller von Funkmodulen;
- der Integrator der Funkmodule in Automatisierungsgeräte (CPS);
- der Anwendungsprogrammierer;
- der Netzwerkausrüster;
- der Netzwerkbetreiber;
- der Betreiber der Produktionsanlage.

Entsprechend sind Anforderungen zu formulieren, die von diesen Akteuren zu beachten sind.

3.8.9 Validierung und Test

Die hohen Anforderungen der industriellen Kommunikation an die Funktionalität und Zuverlässigkeit der Geräte und Systeme machen eine klare Teststrategie erforderlich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Funktionalitäten, die nicht verpflichtend sind, zu Inkompatibilitäten führen können. Weiterhin ist zu beachten, dass unterschiedliche Stack-Architekturen möglich sind, deren Bestandteile von verschiedenen Standardisierungsorganisationen spezifiziert werden. Es sind Festlegungen zu treffen, wie Konformität und Interoperabilität der Kommunikationsimplementierungen nachzuweisen sind. Eine Zertifizierungsstrategie ist wegen der vielen potenziellen Hersteller von industriellen Kommunikationsgeräten angeraten.

3.8.10 Echtzeitfähigkeit

Echtzeit ist eine wesentliche Eigenschaft von CPS-Systemen. Für die zu erwartenden Diskussionen der Thematik in weit vernetzten flexiblen, adaptiven und autonomen Systemen ist es dringend erforderlich, dass die relevanten Konzepte und Eigenschaften (Merkmale) von industriellen Echtzeitsystemen in einer Norm zusammenfassend und einheitlich festgelegt werden.

3.8.11 Interoperabilität zwischen Systemen

Komponenten- und systemübergreifende Kommunikations- und Interaktionsschemata sind bei Industrie 4.0 von zentraler Bedeutung. Dafür müssen die beteiligten Systeme interoperabel entworfen sein und sich während des Betriebs auch so verhalten.

Interoperabilität ist die Fähigkeit von Geräten und Komponenten, auf der Basis von Interaktionen und Informationsaustausch gemeinschaftlich eine Aufgabe zu erfüllen. Interoperabilität umfasst sowohl funktionale als auch nichtfunktionale Eigenschaften. Für die Interoperabilität muss auf der Basis dieser Eigenschaften festgestellt werden, ob diese für die Zusammenarbeit verträglich sind.

Handlungsempfehlungen

- 3.8-7** Ausgewählte Kommunikationsgeräte sind als Industrie 4.0-Komponente zu modellieren und entsprechende Merkmale und Dienste zu spezifizieren.
- 3.8-8** Normen für die Zuverlässigskeitsbewertung von Kommunikationsnetzen und Kommunikationsdiensten sind zu erarbeiten, die eine quantitative, transparente und vertragsichere Bewertung an der Schnittstelle zwischen Hersteller und Nutzer zulassen.

- 3.8-9** Kommunikationsnormen für Industrie 4.0 haben Testspezifikationen bereitzustellen, die zum Nachweis der Kompatibilität und der Interoperabilität von Produkten herangezogen werden können.
- 3.8-10** Zusätzliche Anforderungen an die Informationssicherheit (Security), die sich aus den neuen Eigenschaften der Kommunikationstechnologien ergeben (z. B. Adaptivität der Verbindungen) sind der Security-Normung bekannt zu geben.
- 3.8-11** Konzepte und Eigenschaften (Merkmale) von industriellen Echtzeitsystemen sind in einer Norm zusammenfassend und einheitlich festzulegen.

3.9 Security und IT-Security (IT-Sicherheit)

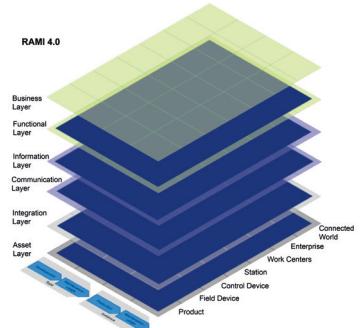
3.9.1 Cybersicherheit für Industrie 4.0

Das Thema Informationssicherheit ist für das verlässliche Funktionieren der industriellen Anwendungen unabdingbar. Die hochverdichtete Vernetzung und das dynamische Zusammenspiel von Komponenten benötigen international abgestimmte Standards zur Beschreibung von einheitlichen Anforderungen und Lösungsansätzen. Industrie 4.0 erfordert eine international abgestimmte Vorgehensweise für Security und Safety.

Heutige Produktionsanlagen sind mit steigender Automatisierung durch vernetzte Rechner-, Mess-, Steuer- und Regelsysteme gekennzeichnet. Damit wird in den beteiligten Industrieanlagen nicht nur die vorhandene Office-IT, sondern auch die Produktion immer mehr zu einem sicherheitskritischen IT-Komplex auf allen Ebenen der Automatisierungspyramide.

Es kooperieren zunehmend Technologiebereiche, die zuvor weitgehend autark und separiert agierten. Für die Cybersicherheit in der Produktion gelten hier spezielle Rahmenbedingungen wie zum Beispiel Langzeittauglichkeit der Sicherheitslösungen, hohe Verfügbarkeits- und Echtzeit-Anforderungen der Anlagen und die Integration der Security in die gewohnten Bedienungs- und Wartungsabläufe. Daher lassen sich die aus dem Office-Bereich bekannten Sicherheitsmechanismen nicht ohne Weiteres in den Produktionsbereich übertragen, auch wenn die Automatisierungstechnik mehr und mehr auf Standard-Hard- und Software (COTS) setzt und als Basis für die Kommunikation offene Standards wie TCP/IP in den Mittelpunkt treten. Hinzu kommen typische Industrie 4.0-Anforderungen an Flexibilisierung der Herstellung und kunden-individuelle Produktion.

Durch die Zunahme der Schnittstellen und Prozesse zwischen Menschen, Maschinen und Organisationenabläufen und die zunehmende prozessbasierte Kommunikation über Domänengrenzen hinweg wird die Komplexität der interagierenden Systeme stark vergrößert. Dies führt zu einer



deutlichen Erhöhung der Angriffsfläche. Zudem muss jede rechtlich relevante Kommunikation zwischen den Partnern im Wertschöpfungsnetzwerk entsprechend abgesichert werden.

Daher gilt es, bei Industrie 4.0 die typischen Sicherheitsrisiken und daraus resultierenden Sicherheitsanforderungen zu erfassen und systematisch zu bearbeiten. Dabei spielen Normen und Standards eine entscheidende Rolle, um global kompatible und konsistente Sicherheitsarchitekturen zu realisieren.

Mit Industrie 4.0 rückt mit zusätzlichen Themenfeldern insbesondere ein systemorientiertes Vorgehen in den Fokus. Ebenen- und domänenübergreifende Konzepte müssen entwickelt und genormt werden. Hierzu genügt es nicht, eine übergeordnete Sicherheitsebene zu etablieren, sondern es erfordert ein ganzheitliches Vorgehen, um die Entwicklung effizient durch Spezifikationen und Normen zu unterstützen.

Im Anhang A1 sind aktuelle Standardisierungsgremien und Dokumente aufgeführt.

3.9.2 Funktionale Sicherheit – IT-Sicherheit

Ein zentraler Aspekt für IT-Sicherheit im Bereich Industrie 4.0 wird das Zusammenspiel zwischen „Funktionaler Sicherheit“ und „IT Sicherheit“ bei der Vernetzung von Automatisierungs- und Produktionssystemen sein.

Zurzeit existieren viele verschiedene Gruppen, die intensiv daran arbeiten, die IT-Sicherheit für Safety-relevante Systeme in den diversen Industriebereichen sinnvoll zu etablieren, wobei zum Teil eigene Sichtweisen und Begriffswelten sowie divergente Ansätze entstehen. Dieser Sachverhalt macht einen umfassenden Informationsaustausch notwendig, um die Entwicklung einheitlicher und standardisierter Lösungen zu ermöglichen.

International erarbeitet die IEC/TC 65/WG 20 den Technical Report IEC 63069, der die Wechselwirkung zwischen funktionaler Sicherheit (Safety) wie in IEC 61508 behandelt und IT-Sicherheit (Security) wie in IEC 62443 spezifiziert. Seitens der DKE wird dieser Themenkomplex in dem Arbeitskreis DKE 931.3 und in einem branchenübergreifend besetzten Arbeitskreis („TBINK Ad-hoc-Arbeitskreis IT-Security“) aufgegriffen, um unter Mitwirkung von vorhandener Expertise aus verschiedenen Normungsgremien Ergebnisse schnell in laufende Normungsaktivitäten einzubringen.

Umfeldanalyse/Normungslandschaft

Der Schutz von Informationen als werthaltige Assets vor Verlust und Missbrauch, die Sicherstellung ihrer zeitgerechten Verfügbarkeit für berechtigte Nutzer und die Einhaltung ihrer Integrität und der Vertraulichkeit sind eine unverzichtbare Grundlage jedes IT-Systems. Mit der Virtu-

alisierung, Flexibilisierung und Verkopplung der firmeninternen Betriebs-, Produktions- und Feldnetzwerke mit dem globalen Netz ergeben sich eine Vielzahl von neuen Herausforderungen an die Informationssicherheit. An vielen Stellen entstehen zurzeit Aussagen, Anforderungen, Festlegungen und Empfehlungen zur Informationssicherheit. Ansprechpartner sind die Landesdatenschutzbeauftragten, BSI sowie nationale und internationale Normungsorganisationen (z.B. IEC, ISO, DKE, DIN) unter aktiver Mitarbeit der relevanten Verbände (VDMA, BITKOM, VDE, VDI, GMA).

Zur Sicherstellung der Anforderungen aus der industriellen Produktion ist es unbedingt erforderlich, dass eine Landkarte erstellt wird, die die Felder, Anforderungen und angebotenen Lösungsmethoden der Informationssicherheit im Umfeld der industriellen Produktion darstellt und strukturiert.

Handlungsempfehlungen

3.9-1 Sicherheit für agile Systeme

Definition von Standards zur technischen Aushandlung von Sicherheitsprofilen (auf der Basis von Fähigkeiten und Eigenschaften) für Industrie 4.0-Kommunikation beziehungsweise Kooperation von Entitäten in verschiedenen Sicherheits-Domänen. Dies enthält:

- Die technische Unterstützung der Informationsklassifizierung und Anforderungen an den Umgang mit entsprechend klassifizierten Daten
- Anforderungen an Identifikation und Authentifizierung
- Bewertung des Grades der Vertrauenswürdigkeit der Kooperationspartner

3.9-2 Vertrauenswürdigkeit des Wertschöpfungsnetzwerkes

Definition von Prozess-Standards für die Sicherheit der Kooperation innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks. Dies enthält:

- Methode zur Bewertung des Grades der Vertrauenswürdigkeit der Kooperationspartner. Beispiele für Mechanismen sind: Herstellererklärungen, Zertifikate, Auditierung
- Regeln zum Austausch von klassifizierten Daten und Information
- Mindestanforderungen bzgl. Sicherheit für B2B

3.9-3 Standardisiertes Rollen- und Berechtigungskonzept für Industrie 4.0-Beteiligte

Zugriff auf Daten und Ressourcen im Rahmen von Industrie 4.0-Kooperationen bedarf standardisierter Regeln. Existierende Konzepte, wie z.B. IEC 62351, können als Ausgangspunkt dienen. Randbedingungen an die Umsetzung sind z.B. Skalierbarkeit und die Möglichkeit der Abbildung auf spezifische vertikale Anforderungen.

3.9-4 Security-Infrastruktur für sichere Inter-Domain-Kommunikation

Sichere Kommunikation benötigt sichere Identitäten (Identifikatoren und Attribute) und Vertrauensanker. Die Generierung und Verwaltung von sicheren Identitäten und die Sicherung deren Vertrauenswürdigkeit erfordern eine gesicherte Infrastruktur. Anforderungen sind u. a. Skalierbarkeit, Resilienz, Wirtschaftlichkeit, Langzeittauglichkeit, (benutzerdefinierte) Vertrauenswürdigkeit über lokale Rechtsräume hinweg und unabhängig von lokalen Rechtsräumen.

3.9-5 Standardisierung eines Security-Engineering-Prozesses für Integratoren und Betreiber

IEC 62443-4-1 definiert einen Security-Engineering-Prozess für Komponenten-Lieferanten; Erweiterungen für die anderen Beteiligten im Wertschöpfungsnetzwerk wie z. B. Betreiber und Integratoren sind erforderlich, um durchgehende und konsistente Sicherheitsarchitekturen umsetzen zu können.

3.9-6 Modell für Sicherheitslevel von zusammengesetzten Produkten auf der Basis der Sicherheitslevel der enthaltenen/interagierenden Komponenten

Die Sicherheitseigenschaften eines Systems werden durch die entsprechenden Eigenschaften der Komponenten (SW sowie HW) und deren Konfiguration in komplexer, meist nichtlinearer Weise bestimmt. Dieses Forschungsthema sollte weiter vertieft werden und bei entsprechender Reife der Standardisierung zugänglich gemacht werden.

3.9-7 Datenschutz/Privacy

Klärungsbedarf der Tauglichkeit vorhandener Normen bezogen auf spezifische Industrie 4.0-Szenarien. So müssen bei automatisierter Kommunikation über Domänengrenzen (z. B. Rechtsraumgrenzen) hinweg die entsprechenden Datenschutzaforderungen und abgeleiteten Sicherheitsanforderungen aufeinander abgestimmt werden.

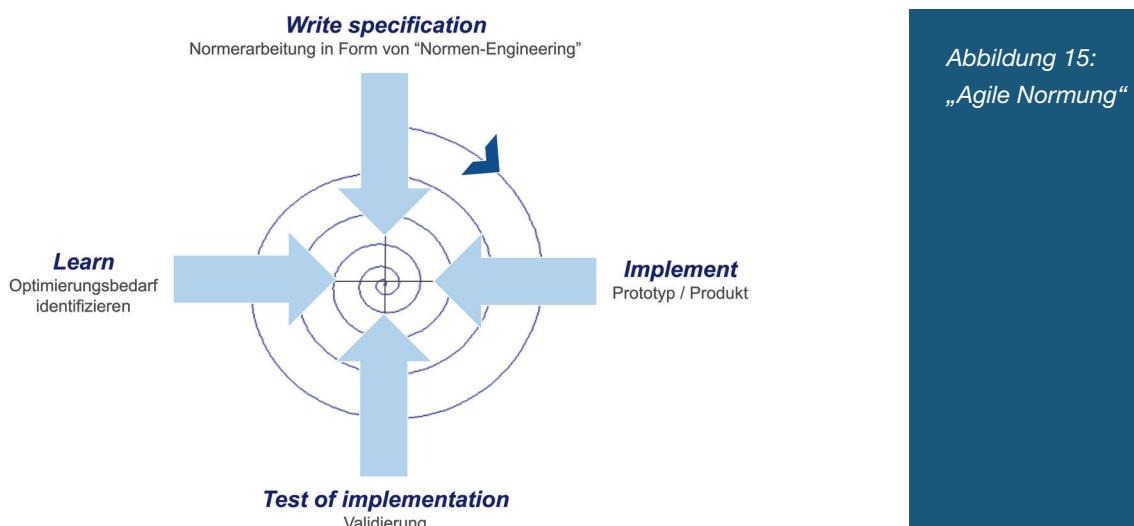
3.10 Open Source

Open Source gewinnt zunehmend Bedeutung im Zusammenspiel mit Normung und Standardisierung. Ähnlich wie im Falle von Normen und Spezifikationen handelt es sich bei Open Source um offene Technologien, die in kollaborativen Prozessen entwickelt, und offen für alle Marktteilnehmer bereitgestellt werden. Dementsprechend ist die Thematik auch als Zielsetzung in die neue Deutsche Normungsstrategie (DNS) aufgenommen worden: „DIN und DKE etablieren Partnerschaften und suchen Wege zur effektiven Zusammenarbeit mit Open Source-Projekten und zur Nutzung von Open Source-Techniken beziehungsweise Methoden in der Normung und Standardisierung.“

Allerdings darf Open Source auch nicht mit Standardisierung gleichgesetzt oder verwechselt werden. In Open Source-Projekten wird kollaborativ Quellcode erstellt und Software entwickelt, die dann als quelloffene Software dem Markt bereitgestellt wird – unter bestimmten Lizenzbedingungen, die sich über die Jahre am Markt etabliert haben und die auf die spezifischen Bedingungen und Anforderungen von Open Source-Projekten zugeschnitten sind⁴⁴.

Open Source-Projekte ergänzen die Normung und Standardisierung auf verschiedene Art und Weise.

- Die Norm/der Standard wird in Open Source-Software umgesetzt: Open Source ist zunehmend ein Weg, um Technologien schnell am Markt zu positionieren – inklusive der Normen und Standards, die dabei jeweils in Open Source implementiert sind.
- Die Spezifikation wird im Rahmen eines Open Source-Projekts entwickelt: Im Bereich von Interoperabilitätsschnittstellen und ähnlichen Interoperabilitätstechnologien finden Entwicklungen in Open Source statt, die zum einen, wie oben erläutert, direkt in quelloffener Form dem Markt zur Verfügung stehen oder wiederum in die Normung und Standardisierung zurückfließen.
- Gemeinsame Entwicklung von Norm- und Open Source-Implementierung: Neben der Verbreitung der Technologien über Open Source fließt im Gegenzug Information über Funktionalitäten und insbesondere über funktionale Lücken in die Normung und Standardisierung zurück, worauf aufbauend sehr schnell und gezielt seitens der Normung reagiert werden kann. Ein derartiges Vorgehen kann in Form des in Abbildung 15 dargestellten Ansatzes der „Agilen Normung“ strukturiert werden.



44 Einen umfassenden Überblick über Open Source – inklusive der unterschiedlichen Lizzen und Lizenziertungsmodelle – bietet die Open Source-Initiative – siehe <https://opensource.org/>.

In Rahmen dieser Wirkungsmechanismen gewinnt Open Source auch im Rahmen von Industrie 4.0 an Bedeutung. Sei es zum einen hinsichtlich Open Source-Technologien, die für Anwendungsfälle von Industrie 4.0 relevant sein beziehungsweise relevant werden können. Open Source kann aber auch ein Weg sein, um Implementierungsszenarien in der Praxis kollaborativ umzusetzen – inklusive der Implementierung entsprechender Normen und Standards. Und schließlich besteht natürlich auch die Möglichkeit, dass quellöffentliche Software unmittelbar Technologien liefert, die die Funktion von Standards wahrnehmen. Beispiele hierfür sind etwa APIs, die Interoperabilitätsstandards setzen.

Open Source – Beispielprojekte mit Relevanz für Industrie 4.0

Es gibt eine Reihe von Open Source-Technologien und Projekten mit unmittelbarer Relevanz für Industrie 4.0 und mit einem engen Bezug zur Standardisierung.

OpenAAS (open Asset Administration Shell)

Bei openAAS geht es um die Veranschaulichung und Erprobung einer Industrie 4.0-konformen Verwaltungsschale. Diese Umsetzung der Industrie 4.0-Komponente in Open Source kann wesentlich zur Verbreitung der Technologie am Markt beitragen und damit die Akzeptanz und die Aufnahme von RAMI 4.0 wesentlich mit befördern.

Für die Ausführung des Projekts wurde ein GitHub-Repository eingerichtet: „Dieses Repository zeigt den aktuellen Entwicklungsstand der Verwaltungsschale und enthält Definitionen, Modelle, Spezifikationen und Prototypen. Die Spezifikationen basieren auf früheren Arbeiten von ZVEI-Arbeitsgruppen. Für die Prototypentwicklung verwenden wir die modellbasierte Laufzeitumgebung ACPLT/RTE sowie den Open Source OPC UA Stack open62541. Es gibt mehrere Basismodelle, die zur Beschreibung der Bestandteile einer AAS und der AAS selbst dienen“⁴⁵. Das entsprechende GitHub Development Repository⁴⁶ bietet auch einen detaillierten Überblick über die Ziele des Projekts und bietet das Einstiegsportal für die Mitwirkung an der Open Source-Entwicklung.

Eclipse IoT

Im Rahmen der Eclipse IoT-Arbeiten werden eine Reihe von Technologien entwickelt, die für Industrie 4.0 und IoT von Bedeutung sind. Diese sind z. B.

- **Eclipse Paho-Projekt:**

Das Projekt stellt Open-Source-Client-Implementierungen von Standard-Messaging-Protokollen (MQTT) im Machine-to-Machine-Bereich für eine Vielzahl von Programmiersprachen bereit.

- **Eclipse OM2M project:**

Es ist eine Open Source-Implementierung des oneM2M- und SmartM2M-Standards und

45 <https://github.com/acplt/openAAS>

46 <http://acplt.github.io/openAAS/>

dient der horizontalen Kommunikation der Geräte untereinander unabhängig vom zugrunde liegenden Netzwerk.

■ **Eclipse Milo project:**

Dieses Projekt bietet alle Tools, die zur Implementierung der OPC Unified Architecture (UA) Client- und/oder Serverfunktionalität erforderlich sind.

Distributed Ledger-Technologien (DLT)/Blockchain

Distributed Ledger, gemeinhin bekannt unter dem Begriff Blockchain, ist eine Datenbanktechnologie, der zunehmend breite Bedeutung beigemessen wird und bei der längst nicht mehr nur an Zahlungsverkehr und Bitcoins gedacht wird. Ihre Stärke liegt vor allem in Bereichen, wo viele Partner gemeinsam Daten teilen und alle Aktionen sicher protokolliert werden müssen.

Die Blockchain ist eine Art dezentrale Datenbank, in der Transaktionen verifiziert, validiert und zu Blöcken zusammengefasst („Block“) werden. Die Blöcke werden dann miteinander verkettet („Chain“). Daraus resultiert eine verkettete Blockstruktur, die linear wächst. Die in der Blockchain befindlichen Daten sind unveränderlich und können nicht mehr manipuliert und gelöscht werden. Jeder Blockchain-Teilnehmer speichert die komplette Blockchain auf seinem Rechner. Werden neue Daten hinzugefügt, wird die Blockchain überall aktualisiert. Das macht Daten fälschungssicher und den Datenaustausch insgesamt sicherer. Damit bietet sich Blockchain im Zusammenhang von Industrie 4.0 beispielsweise für den sicheren und globalen Austausch von sensiblen Informationen wie Design- und Produktions-Parametern an.

Eine für die Industrie wichtige Funktion der Blockchain sind „Smart Contracts“, internetbasierte Verträge, deren Vertragsbedingungen fest programmiert und die in der Blockchain gespeichert sind. Ausgeführt werden sie, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Damit kann die Blockchain-Technologie im Rahmen von Industrie 4.0-Diensten beispielsweise als Plattform für die Generierung, das autonome Aushandeln und Abwickeln von dynamischen Wertschöpfungsketten Einsatz finden.

Die Blockchain-Technologie wird in Open Source-Projekten entwickelt und als offene Technologie bereitgestellt. Prominentes Beispiel hierfür ist Hyperledger, ein Projekt der Linux Foundation, dem mehr als 100 namhafte Firmen aus aller Welt angehören. Es koordiniert und fördert die Entwicklung von Frameworks und Tools für die Blockchain-Technologie in mehreren untergeordneten Projekten, wie beispielsweise

■ **Hyperledger Fabric:**

Ein Framework, mit dem verschiedene Blockchain-Applikationen und Lösungen erstellt werden können. Durch die modulare Architektur können unterschiedliche Komponenten (Consensus Mechanismus, Zugangsberechtigung etc.) sehr einfach hinzugefügt werden.

■ **Hyperledger Composer:**

Eine Sammlung von Collaboration-Tools zum Aufbau von Blockchain-Business-Netzwerken, die es Geschäftsinhabern und Entwicklern ermöglicht, Smart Contracts und Blockchain-Anwendungen zur Lösung von Geschäftsproblemen zu erstellen.

■ **Hyperledger Cello:**

Ein Tool zur Unterstützung einer „Blockchain-as-a-service“-Lösung, um den Aufwand für das Erstellen, Verwalten und Beenden von Blockchains zu reduzieren

Komplementär zu den Open Source-Entwicklungsarbeiten im Bereich Distributed Ledger Technologies/Blockchain wurden Standardisierungsprojekte zu Blockchain gestartet. Im April 2017 ist auf internationaler Ebene das Technische Komitee ISO/TC 307 „Blockchain and Distributed Ledger Technologies“ gegründet worden, das der DIN im „Normenausschuss Informations-technik und Anwendungen (NIA)“ spiegelt. In unterschiedlichen Arbeitsgruppen werden die Themen Terminologie, Referenzarchitekturen, Identitäten, Use Cases, Security und Smart Contracts behandelt. Ebenso hat die ITU-T Aktivitäten im Bereich Blockchain-Standardisierung gestartet. Ferner hat die EU-Kommission CEN beauftragt, eine Landscape-Analyse zu Blockchain-Standardisierung durchzuführen; begleitend dazu wurden bereits verschiedene Workshops abgehalten.

Ausblick

Es ist zu erwarten, dass weitere Open Source-Projekte im Zusammenhang von Industrie 4.0 entstehen werden. Insbesondere Testumgebungen/Testbeds bieten sich für die kollaborative Entwicklung an, doch auch (Referenz-)Implementierungen und Entwicklungen neuer Technologien. DIN und DKE sind für diese neuen Entwicklungen gut positioniert und arbeiten an Partnerschaften mit Open Source-Organisationen, um so ein fruchtbare Zusammenspiel von Normung/Standardisierung und Open Source-Entwicklung weiter zu fördern und konstruktiv auszugestalten.

Normung/Standardisierung und Open Source sind keine Gegensätze, sondern eher komplementär zueinander. Gelegentlich mag es Grenzsituationen geben, inwieweit eine Entwicklung in Open Source als Standardisierung angesehen werden könnte – das Beispiel von APIs und Interoperabilitätslösungen stellt eine solche Grenzsituation dar. Doch gerade hier kann eine gut organisierte Kollaboration von Normung/Standardisierung und Open Source Wege bieten, um die entsprechende Open Source-Entwicklung über die Konsensmechanismen der Normung dieser zuzuführen und für den Markt damit in Form von Normen oder Standards verfügbar zu machen.

Handlungsempfehlung

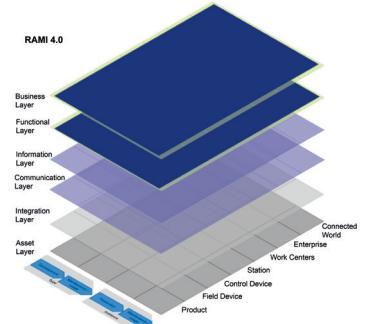
3.10-1 Es wird empfohlen, die vorgestellten Konzepte zur Zusammenarbeit von Normung und Standardisierung mit Open Source durch geeignete Pilotprojekte zu evaluieren und in Form geeigneter Dienstleistungen zur Verfügung zu stellen. Hierbei wird eine Trennung von Anforderungen (in Normen und Standards) und Spezifikation (für die Implementierung in Open Source) empfohlen.

3.11 Use Cases

3.11.1 Use Cases: Nutzen und Motivation

Der Begriff „Use Case“ wird inzwischen mit sehr unterschiedlichen Bedeutungen benutzt. Deshalb ist es wichtig, im Rahmen der Normungsroadmap eine einheitliche Sichtweise auf diesen Begriff einzunehmen. Neben weiteren sind derzeit insbesondere die folgenden Verwendungen zu beobachten:

- „Use Case“ im Sinne eines Geschäfts-Szenarios, in welchem anhand einer Geschäftsmodell-Logik (z. B. Business Canvas) Geschäftsbeziehungen in einem Wertschöpfungsnetz beschrieben werden. Ein Beispiel für „Use Cases“ in diesem Sinne sind die Anwendungsszenarien⁴⁷ der AG2 der Plattform Industrie 4.0⁴⁸.
- „Use Cases“ im Sinne des allgemeinen Verständnisses, wo ein technisches System in seinem Anwendungskontext betrachtet wird. Hier wird die Interaktion eines technischen Systems mit Akteuren (beispielsweise technische Systeme oder Menschen) beschrieben. Ein Beispiel für einen „Use Case“ in diesem Sinn ist die Beschreibung „Industrie 4.0 Plug-and-Produce for Adaptable Factories“, eine Veröffentlichung der AG1 der Plattform Industrie 4.0⁴⁹.
- „Use Cases“ im Sinne konkreter Projekte. Beispiele hierfür sind die Anwendungsbeispiele auf der Landkarte der Plattform Industrie 4.0⁵⁰ oder die Testprojekte des Labs Network Industrie 4.0 (LNI 4.0).



Alle diese Ansätze haben ihre Berechtigung und sind es wert, weiter verfolgt zu werden, jedoch scheint es notwendig, im Rahmen der Normungsroadmap zwischen diesen konzeptionell doch unterschiedlichen Ansätzen genauer zu differenzieren.

Generell besteht Einigkeit darüber, dass „Use Cases“ helfen, auf eine systematische Weise die Herausforderungen samt Konsequenzen, aber auch die möglichen Lösungsansätze der Digitalisierung in der produzierenden Industrie zu entwickeln:

- Insbesondere die Geschäfts-Szenarien bieten für den Anwender eine Hilfestellung, in Form eines Ideen-Generators Impulse für das eigene zukünftige Geschäft zu liefern.
- Die Use Cases dienen dazu, die Anforderungen an die Funktionen, Architektur und Interoperabilität von (zukünftigen) technischen Systemen abzuleiten und bilden deshalb die Basis für eine Standardisierung und Normung.

47 Die einzelnen Anwendungsszenarien haben sich historisch entwickelt. Bezüglich einer Fokussierung auf die Beschreibung von Geschäftsbeziehungen in einem Wertschöpfungsnetz sind sie unterschiedlich konkret.

48 Plattform Industrie 4.0: „Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0“, Oktober 2016

49 Plattform Industrie 4.0: Industrie 4.0 Plug-and-Produce for Adaptable Factories: Example Use Case Definition, Models, and Implementation, Juni 2017

50 Landkarte Industrie 4.0 www.plattform-i40.de/i40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Karte/karte.html

- Die konkreten Projekte geben einerseits Aufschluss darüber, wo aus einer Marktsicht heraus anscheinend der größte Handlungsbedarf liegt. Außerdem zeigen insbesondere die Forschungsprojekte Potenziale und Risiken neuer Technologien und Methoden auf.

3.11.2 Einschätzung des Status quo und Bezug zu anderen Aktivitäten

Einschätzung des Status quo

Es sind 9 Anwendungsszenarien von der Plattform Industrie 4.0 veröffentlicht worden. Neben den veröffentlichten Kurzfassungen können bei der Plattform Industrie 4.0 auch die zugehörigen Langfassungen der Anwendungsszenarien (Umfang zwischen 5 und 10 Seiten) angefordert werden. Diese Beschreibungen folgen einer gemeinsamen Struktur. Die AG2 der Plattform Industrie 4.0 erhebt nicht den Anspruch, dass die Anwendungsszenarien vollständig sind; sie ist offen für die Beschreibung weiterer Anwendungsszenarien. Es wurde deshalb ein Prozess definiert, wie (auch von außerhalb der AG2) weitere Anwendungsszenarien eingebracht werden können:

- Erstellen eines Vorschlags für ein neues Anwendungsszenario in Form einer Kurzbeschreibung auf einer Folie
 - im Rahmen einer Sitzung der AG2 vorstellen
 - Treiber und Team benennen
 - Freigabe durch AG2 zur Bearbeitung durch das Team
- Erstellung von Stichpunkten für das Anwendungsszenario zu folgenden Themen
 - Motivation
 - Betroffene Stakeholder und zugrunde liegendes Wertschöpfungsnetz
 - Disruptives Potenzial und Treiber
 - Nutzen und Herausforderungen
 - Auswirkungen auf Wertschöpfungsketten
 - Bezüge zu den einzelnen AGs der Plattform Industrie 4.0
- Diskussion des Anwendungsszenarios innerhalb der AG2
 - Hinweise zur Überarbeitung und/oder Auftrag zur Ausformulierung einer Langfassung (ca. 5–10 Seiten)
- Ausformulierung der Langfassung durch das Team und Review durch AG2
- Erstellung einer Kurzfassung, Folie, etc. durch Geschäftsstelle der Plattform Industrie 4.0
- Kommunikation (Aufnahme in entsprechende Unterlagen, Veröffentlichungen, etc.)

Allerdings herrscht der Eindruck, dass die wesentlichen Geschäfts-Szenarien bereits beschrieben wurden – oder plakativ ausgedrückt: es wird wohl nicht mehr als 15 Anwendungsszenarien geben.

Es gibt diverse Use Case-Beschreibungen. Diese sind bisher weder zentral erfasst worden (teilweise handelt es sich auch um firmeninterne Dokumente), noch folgen diese Beschreibungen

einer einheitlichen Struktur, noch besteht der Eindruck, dass die Beschreibungen repräsentativ im Hinblick auf eine gewisse Vollständigkeit sind. Außerdem unterscheiden sich die Beschreibungen stark bezüglich ihrer Detaillierungstiefe.

Es gibt eine enorme Vielzahl an konkreten Projekten. Die Beschreibung der Projekte folgt keiner gemeinsamen Struktur. Allein auf der Landkarte der Plattform Industrie 4.0 befinden sich derzeit über 350 Projekte und es gibt auch in anderen Ländern (beispielsweise Frankreich oder Japan) ähnliche Landkarten mit einigen hundert Projekten. Ein Projekt des wissenschaftlichen Beirats hat (basierend auf dem Status der Landkarte in 2016) analysiert, wie diese Anwendungsbeispiele den Anwendungsszenarien der AG2 der Plattform Industrie 4.0 zugeordnet werden können. Auch in China gibt es mehr als 200 Projekte im Umfeld der Standardisierung im Kontext von „Intelligent Manufacturing“. Es gibt derzeit mehr als 30 Testprojekte des Labs Network Industrie 4.0; hier gibt es einen definierten Prozess, wie die Erkenntnisse aus diesen Projekten in die Standardisierung überführt werden (Abbildung 16). Dabei ist zu beachten, dass der Initiator eines Testprojekts festlegt, inwieweit die Ergebnisse eines Testprojekts veröffentlicht und einer Standardisierung zugänglich gemacht werden. Daraufhin initiierte Aktivitäten im Rahmen der Standardisierung erfolgen dann außerhalb des Testprojekts.



Abbildung 16:
Prozess zur Orchestrierung
der Industrie 4.0-
Standardisierung

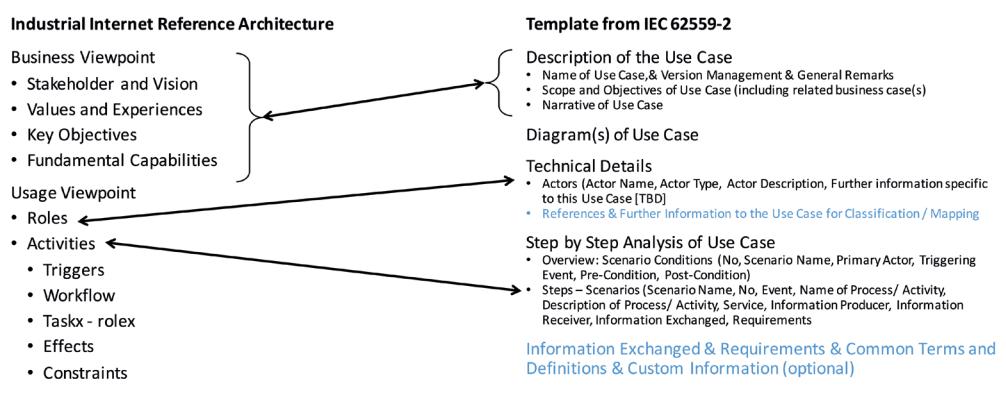
Bezug zu anderen Aktivitäten

Im Rahmen der Plattform Industrie 4.0 wurde das Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0 entwickelt und das Industrie Internet Consortium (IIC) hat die sog. Industrial Internet of Things Reference Architecture (IIRA) entwickelt. Im Rahmen der Joint Working Groups 1 und 2 zwischen der Plattform Industrie 4.0 und dem IIC wurden diese Referenzarchitekturmodelle gegenübergestellt⁵¹ (Abbildung 17). Es wurde herausgearbeitet, dass die Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0 konkrete Ausprägungen des Business Viewpoints der IIRA sind.

51 Architecture Alignment and Interoperability: An Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0 Joint Whitepaper, Dezember 2017

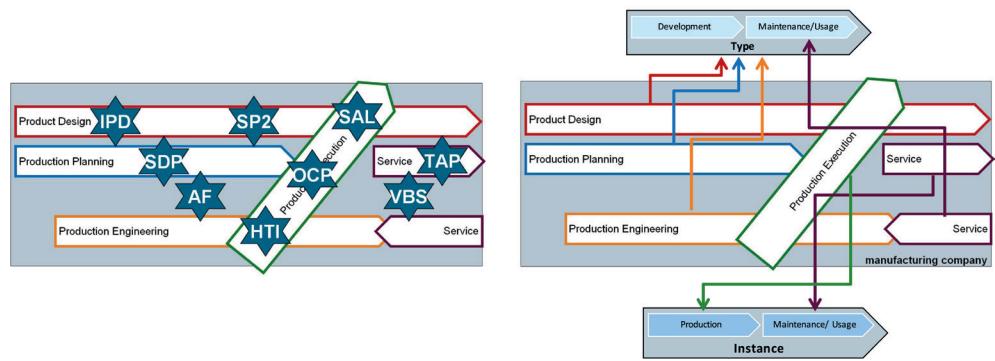
Use Cases sind konkrete Ausprägungen des Usage Viewpoints der IIRA. Dies ist in einer Veröffentlichung der AG2 der Plattform Industrie 4.0, die vom IIC befürwortet wurde, näher beschrieben⁵². Die Use Case-Beschreibung im Rahmen des Usage Viewpoints des IIRA ist leichtgewichtiger als die Beschreibung eines Use Case gemäß IEC 62559-2. Im Kontext der Plattform Industrie 4.0 gibt es derzeit keine Aktivitäten, welche sich dem Thema Use Cases systematisch widmen.

Abbildung 17:
Struktur IIRA versus Struktur
Template IEC 62559-2



Die Anwendungsszenarien wurden in den Wertschöpfungsketten produzierender Unternehmen verankert (Abbildung 18). Als Basis dafür wurden die Wertschöpfungsketten gemäß der Beschreibung des GMA 7.21 Fachausschuss gewählt⁵³. Die RAMI 4.0 Lifecycle und Value Stream-Achse ist eine Abstraktion dieser Wertschöpfungsketten.

Abbildung 18:
Zusammenhang zwischen
Anwendungsszenarien
und RAMI 4.0 Lifecycle
und Value Stream-Achse



52 Exemplification of the Application Scenario Value-Based Service following IIRA Structure, April 2017

53 VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik: Industrie 4.0 Statusbericht Wertschöpfungsketten, April 2014

Im Umfeld von „Smart Grid“ werden Use Cases gesammelt und anhand des Templates von IEC 62559-2 beschrieben. Um dieses Template vollständig auszuarbeiten, ist erfahrungsgemäß ein Umfang von 50+ Seiten erforderlich, siehe die bereits erwähnte Beschreibung „Industrie 4.0 Plug-and-Produce for Adaptable Factories“. Die Wertschöpfungsprozesse und Geschäftsmodelle im Umfeld der Produktion sind allerdings komplexer als im Umfeld von „Smart Grid“. Deshalb erscheint es im Moment zielführend, Use Cases auch anhand des leichtgewichtigeren Usage Viewpoints des IIRA zu beschreiben. Dieses Vorgehen wird im Moment sowohl im Rahmen der deutsch-japanischen Kooperation innerhalb von IEC/TC 65 Smart Manufacturing als auch der chinesisch-deutschen Kommission über Standardisierungscooperation praktiziert. Da es sich beim Usage Viewpoint um eine Abstraktion des IEC Templates handelt, ist eine spätere Detaillierung der Beschreibung gemäß IEC Template problemlos möglich.

3.11.3 Vorschlag für eine übergeordnete Strukturierung

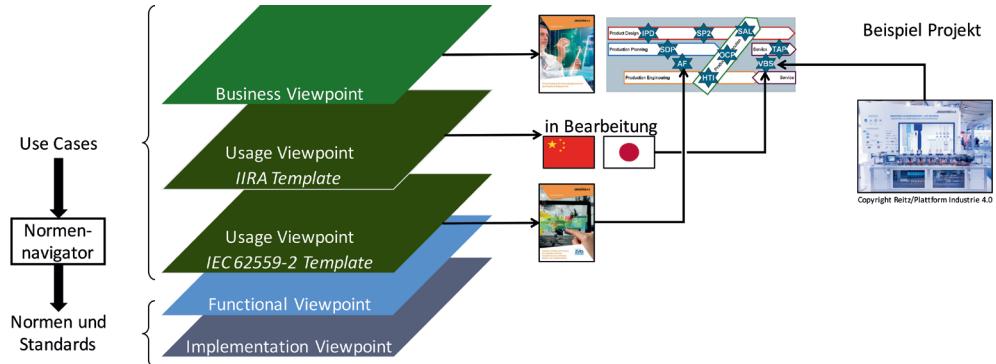
Der erwartete, weitere Zuwachs und die breite Vielfalt an Use Cases machen eine Strukturierung und Kategorisierung der Use Cases unerlässlich. Nur dadurch lässt sich der Überblick über die Use Cases behalten, lassen sich miteinander in Beziehung stehende Use Cases richtig einordnen und eventuell vorhandene oder auch aus neuen Erkenntnissen heraus resultierende Lücken in der Use Case-Landschaft identifizieren. Hierzu werden 3 Ebenen eingeführt:

- **1. Ebene:** Anwendungsszenarien im Sinne von Geschäfts-Szenarien. Diese Anwendungsszenarien werden in bewährter Weise anhand der Wertschöpfungskette gemäß GMA 7.21 strukturiert.
- **2. Ebene:** High-Level Use Cases, die gemäß des Usage Viewpoints des IIRA beschrieben werden. Beispiele hierfür werden gerade bei Top-down-Ansätzen im Rahmen der deutsch-japanischen Kooperation innerhalb von IEC/TC 65 Smart Manufacturing und der chinesisch-deutschen Kommission über Standardisierungscooperation erarbeitet.
- **3. Ebene:** In Anlehnung an die „Smart Grid“-Standardisierungsarbeit werden diese Use Cases gemäß dem Template von IEC 62559-2 beschrieben. Ein bereits existierendes Beispiel ist die bereits erwähnte Beschreibung „Industrie 4.0 Plug-and-Produce for Adaptable Factories“. Diese Use Cases müssen nicht zwingend top-down aus Anwendungsszenarien oder High-Level Use Cases abgeleitet werden, sondern können auch bottom-up aus konkreten Anforderungen oder Projekten entstehen.

Inwieweit weitere Strukturierungsebenen eingeführt werden sollten, ist vom Fortschritt der Arbeit bei der Erstellung von Use Cases abhängig.

Für die zahlreichen konkreten Projekte wird zunächst keine Strukturierung vorgeschlagen. Sofern allerdings ein konkretes Projekt ein Anwendungsszenario beziehungsweise einen High-Level Use Case beziehungsweise einen Use Case oder Aspekte davon adressiert, sollte das Projekt auf das Anwendungsszenario beziehungsweise High-Level Use Case beziehungsweise Use Case (oder mehrere davon) referenzieren, wie Abbildung 19 zeigt.

Abbildung 19:
Strukturierungsvorschlag
für die Use Cases



Es besteht allerdings der Bedarf, einen Bezug von den unterschiedlichsten Use Cases zur Landschaft der Normen und Standards herzustellen. Viele der Normen und Standards adressieren den Functional (beispielsweise IEC 62264/ISA-95) beziehungsweise Implementation (beispielsweise OPC UA) Viewpoint gemäß IIRA. Konzeptionell wird also ein Normennavigator benötigt, der diesen Bezug zwischen Usage beziehungsweise Business Viewpoint und Functional beziehungsweise Implementation Viewpoint herstellt.

Handlungsempfehlungen

- 3.11-1** Definition und Beschreibung von Use Cases sind auf einem präzisen Abstraktionsgrad notwendig, so dass die zur Umsetzung der Use Cases zur Verfügung stehenden Normen und Standards identifiziert werden können und ggf. auch Bearbeitungsbedarf an existierenden Normen und Standards identifiziert werden kann. Deshalb sollte das Vorhaben der Skizze „FitForI4.0“ zur Beschreibung von Use Cases und dem Zuordnen von Normen und Standards für KMUs über einen Normennavigator umgesetzt werden.
- 3.11-2** Die in Deutschland aus dem LNI 4.0 entstandenen Use Cases sollten – sofern der Initiator zustimmt – in die vorgeschlagene Struktur eingeordnet und dann in die internationalen Diskussionen eingebracht werden. Ein international einheitliches Verständnis von Use Cases ist zentraler Ausgangspunkt in der Normungsarbeit.
- 3.11-3** Sofern neue Anwendungsszenarien formuliert werden, sollte die Plattform Industrie 4.0 darüber informiert werden und eine Empfehlung darüber abgeben, inwieweit die Beschreibung den durch die AG2 vorgeschlagenen Qualitätskriterien entspricht. Die Beschreibungen sollten an einer Stelle gesammelt werden.

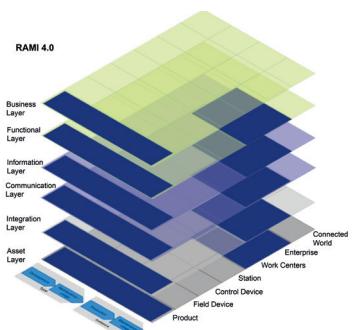
- 3.11-4** Es wird empfohlen, neben den Aktivitäten im Rahmen der deutsch-japanischen Kooperation innerhalb von IEC/TC 65 Smart Manufacturing und der chinesisch-deutschen Kommission über Standardisierungskooperation weitere High-Level Use Cases zu formulieren. Die Beschreibungen sollten an einer Stelle gesammelt werden.
- 3.11-5** Es wird empfohlen, in Anlehnung an die „Smart Grid“-Standardisierungsarbeit weitere Use Cases auf Basis des Templates von IEC 62559-2 zu beschreiben. Die Beschreibungen sollten an einer Stelle gesammelt werden.
- 3.11-6** Für die Beschreibung von Projekten wird kein Template empfohlen. Allerdings sollten solche Beschreibungen Begrifflichkeiten, die von der Plattform Industrie 4.0 bereits geprägt wurden (beispielsweise RAMI 4.0), aufgreifen und nicht unnötigerweise Begriffe überladen.
- 3.11-7** Wird aus einem Projekt heraus ein konkreter Standardisierungsbedarf artikuliert, so sollte dieses Projekt einen Bezug zu Anwendungsszenarien, High-Level Use Cases und/oder Use Cases herstellen. Wenn dies nicht möglich ist, sollte aus dem Projekt heraus zumindest ein zugehöriger High-Level Use Case formuliert werden, so dass dann der Standardisierungsbedarf projektnabhängig formuliert werden kann.

3.12 Servicerobotik

Da es sich bei Industrie 4.0 um kollaborative Plattformen mit kooperierenden (Industrie 4.0) Komponenten handelt, ist die Entwicklung der Servicerobotik von besonderer Bedeutung.

Der Begriff „Servicerobotik“ ist gerade in Abgrenzung zur klassischen Industrierobotik weder selbsterklärend noch eindeutig abgrenzend. Er ist vielmehr historisch gewachsen. Der ISO-Standard 8373⁵⁴ listet unter Servicerobotern all jene Robotersysteme, die nicht im vollautomatisierten Umfeld Anwendung finden. Durch diese Negativ-Definition sind als Serviceroboter sowohl Roboter im privat-individuellen Umfeld als auch Roboter im professionell-beruflichen Kontext, nur eben außerhalb vollautomatischer Fertigungsstraßen, zu verstehen. Entsprechend unterscheidet die ISO 8373 aber auch Studien wie die World Robotics⁵⁵ zwischen „Personal Service Robots“ und „Professional Service Robots“:

1. Für die Anwendung zu nichtkommerziellen Zwecken sind keine besonderen Bedienkenntnisse erforderlich, oftmals ist sogar eine Bedienung durch Laien ausreichend (Personal Service Robots).



54 www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=55890

55 www.worldrobotics.org

2. Für die Anwendung zu kommerziellen Zwecken ist für die Bedienung und den Einsatz des Roboters in der Regel entsprechend geschultes Personal erforderlich (Professional Service Robots).

Die konzentriertesten Anstrengungen im Rahmen von Normen und Standards im Bereich der Servicerobotik werden derzeit als Ausgründung aus dem Komitee ISO TC 184 vom erst 2016 gegründeten ISO Technical Committee (TC) 299 „Robotics“ unternommen (der Arbeitsausschuss NA 060-38-01 AA spiegelt die Arbeiten des TC 299 auf nationaler Ebene). Bis 2016 lagen die Themen des TC 299 noch als Sub-Committee (SC) 2 im TC 184 „Automation systems and integration“. Das TC 299 wird aktiv von der 2014 im Rahmen der euRobotics aisbl gegründeten Topic Group „Standardization“ unterstützt. Damit sollen Fortschritte von aktuellen Forschungsvorhaben direkt in Standardisierungsarbeiten abgebildet werden.

Eine entsprechende strukturelle und organisatorische Darstellung des ISO TC 299 und der derzeit sechs aktiven Arbeitsgruppen sowie deren Ziele und Aktivitäten als auch der relevantesten Normen werden in Anhang A2 veranschaulicht.

Im Zentrum der aktuellen Entwicklungen im Bereich der Servicerobotik steht verstärkt die Schaffung von Plattformen für Servicerobotik-Lösungen in für den Markt relevanten Anwendungsbe reichen. Hintergrund dieser Bemühungen ist, dass für die Erschließung eines Massenmarktes vor allem Anschaffungskosten und der Integrationsaufwand deutlich gesenkt und (intelligente) Fähigkeiten stärker auf konkrete Bedarfe von Nutzern ausgerichtet werden müssen⁵⁶. Insbesondere durch die vereinfachte Wiederverwendung von Softwarekomponenten können Kosteneinsparungen vor allem bei der Systemintegration realisiert werden, die heute den größten Anteil an der Investition von Servicerobotik-Lösungen im professionellen Bereich ausmacht. Servicerobotik-Plattformen, die eine stärker arbeitsteilige Entwicklung von Service-Robotern ermöglichen, versprechen, dass innovative Ideen auf Basis bereits bestehender und wiederverwendbarer Lösungen, verfügbarer Standardkomponenten und Dienstleistungsangeboten schneller und kostengünstiger realisiert werden können.

Auf europäischer Ebene laufen dazu derzeit zwei zentrale Projekte: ROSIN und RobMoSys. Das am 1. 1. 2017 gestartete Projekt RobMoSys⁵⁷ hat zum Ziel, durch die Verwendung modellgetriebener Methoden und Werkzeuge und deren Anwendung auf bereits existierende Technologien, eine Integration der unterschiedlichen Robotik-Komponenten zu gewährleisten und bereits entwickelte Tools für den weiteren Einsatz zu verbessern. Dabei setzt das Konsortium unter anderem auf das von der Hochschule Ulm vorangetriebene Open-Source-Framework SmartSoft⁵⁸.

⁵⁶ www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/paice-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2

⁵⁷ <http://robmosys.eu/>

⁵⁸ www.servicerobotik-ulm.de/drupal/?q=node/19

Das ebenfalls Anfang 2017 gestartete Projekt ROSIN⁵⁹ hat sich zum Ziel gesetzt, die Verfügbarkeit und Qualität von Softwarekomponenten für die Robotik zu verbessern. Dabei setzt das Projekt vor allem auf die Weiterentwicklung des bestehende Robot Operating System ROS und dessen, auf Fabrikanimation spezialisierten Ableger, ROS-Industrial⁶⁰.

Auf nationaler Ebene werden ähnlich gelagerte Ansätze vor allem im Technologieprogramm PAiCE⁶¹ (Platforms | Additive Manufacturing | Imaging | Communication | Engineering) verfolgt. Im Bereich Plattformen für die Servicerobotik finden sich dort mindestens drei relevante Projekte: RoboPORT, RoboTOP und SeRoNet.

Im Projekt RoboPORT⁶² wird eine Plattform entwickelt, auf der verschiedene Akteure gemeinsam Komponenten für Servicerobotik-Anwendungen entwickeln und realisieren. Der in der Softwareentwicklung bereits weit verbreitete Community-Ansatz hat das Potenzial, auch die Entwicklung von Robotik-Hardware zu reformieren. Auf der Plattform werden zahlreiche kollaborative Entwicklerwerkzeuge, eine Bibliothek für OpenSource-Robotik sowie Wissens- und Projektmanagement-Tools bereitgestellt.

Im Projekt ROBOTOP⁶³ wird eine offene Plattform entwickelt, um den Massenmarkt für Roboter in Service-, Logistik- und Fertigungsanwendungen zu erschließen. Auf der Plattform lassen sich intelligent standardisierte und wiederverwendbare Hardware- und Peripherie-Komponenten zu individuellen Servicerobotik-Lösungen kombinieren. Vor der eigentlichen Installation können die Lösungen durch 3D-Simulationen auf ihre Passfähigkeit untersucht werden. So können Angebots- und Engineering-Entwicklungen sowie Kosten für die Planung und Gestaltung von industriellen Robotik-Lösungen deutlich reduziert werden.

Im Projekt SeRoNet⁶⁴ wird eine offene IT-Plattform für Anwender, Systemdienstleister, Robotik- und Komponentenhersteller im Bereich der Servicerobotik entwickelt. Auf der Plattform entwickeln Soft- und Hardwarehersteller, Dienstleister und Kunden in verschiedenen Rollen, gemäß deren individuellen Anforderungen, arbeitsteilig Lösungen für Servicerobotaufgaben. Ziel ist eine deutliche Senkung des Software-Entwicklungsaufwands in der professionellen Servicerobotik durch einen modularen, kollaborativen und kompositionsorientierten Entwicklungsansatz, bei dem Lösungen aus vorgefertigten Bausteinen zusammensetzt werden. Systemintegratoren können sich durch schnellere Entwicklungszyklen neue Märkte, vor allem im KMU-Bereich, erschließen. Gleichzeitig können Endanwender ihre eigenen Softwaredienste über die Plattform

59 <http://rosin-project.eu/>

60 <https://rosindustrial.org/>

61 www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/Foerderprogramme/PAiCE/paice.html, www.din.de/go/paice

62 www.roboport.eu

63 <https://robotop-konfigurator.de/>

64 www.seronet-projekt.de

für andere Unternehmen anbieten. Technische Grundlage für die Zusammensetzbarkeit von Systemen bildet OPC UA mit modellgetriebenen Werkzeugen.

Zentral für das Entstehen eines effizienten und leicht zugänglichen Service-Robotik-Ökosystems ist die Abstimmung zwischen den verschiedenen Initiativen auf standardisierte Bausteine. Dies betrifft insbesondere die maschineninterpretierbare Beschreibung von funktionalen und nicht-funktionalen Eigenschaften der Hardware- und Softwarekomponenten, die Interoperabilität der verschiedenen Komponenten und die Integration verschiedener Schnittstellen sowie Kommunikationsprotokolle. Nur so kann die effiziente Entwicklung neuer, und die Wiederverwendung bestehender, Bausteine realisiert werden.

Solche Themen finden sich teilweise derzeit in der WG 6 des ISO TC 299. Da die Entwicklung von Servicerobotik-Plattformen allerdings sehr schnell voranschreitet und die realistische Gefahr besteht, dass sich eine ähnlich heterogene Landschaft an Schnittstellen und Standards innerhalb der verschiedenen Plattformen und Ökosysteme entwickelt, wie es im Bereich SmartHome zu beobachten war, ist an dieser Stelle unter Umständen eine schnelle Abstimmung der zentralen Entwicklungsprojekte in wesentlichen Aspekten der Interoperabilität als der Normung vorge lagerter Prozess unbedingt empfehlenswert. Im Rahmen von PAiCE (siehe Kapitel 2.3.4) werden diese Bemühungen derzeit aktiv vorangetrieben.

4 MENSCH UND ARBEIT

4.1 Menschengerechte Arbeitsgestaltung

4.1.1 Ausgangssituation

Auch im Kontext von Industrie 4.0 verdient die Rolle des Menschen im soziotechnischen Arbeitssystem besondere Beachtung. Sei es als Akteur im Produktionsablauf, als Bediener von Maschinen, als Instandhalter, Produktionsplaner oder Programmierer – Menschen werden weiterhin zentrale Rollen in der Produktion übernehmen. Um ein ergonomisches, effizientes, flexibles, aber auch nachhaltig erfolgreiches Arbeitssystem zu gestalten, ist es wichtig, den Menschen mit seinen Fähigkeiten, Fertigkeiten, seinem Leistungsvermögen und seinen Leistungsgrenzen in die Gestaltung mit einzubeziehen.

Zu diesem Zweck können die weitreichend akzeptierten Kriterien menschengerechter Arbeit (siehe Abbildung 20) herangezogen werden, die für die Normungsarbeit aus Perspektive der Arbeitswissenschaften handlungsleitend sein sollen.



Abbildung 20:
Kriterien menschengerechter
Arbeit nach Hacker (2005)

Das grundlegende Kriterium der Arbeitsgestaltung ist das der Ausführbarkeit von Tätigkeiten im Rahmen des physischen und mentalen Leistungsvermögens des Menschen. Darüber hinaus muss Arbeit schädigungslos sein, Unfälle und Gesundheitsschäden sind also durch eine angemessene Gestaltung zu vermeiden. Zahlreiche Assistenzsysteme und Automatisierungslösungen ermöglichen heute und in Zukunft die Übernahmen von oder Unterstützung bei ansonsten nicht ausführbaren oder gesundheitsschädigenden Aufgaben. Durch adaptive Technologien ist es möglich, diese Unterstützung individuell auf den jeweiligen Beschäftigten anzupassen. Hinzu

kommt, dass Arbeit beeinträchtigungsfrei, also konkret belastungsoptimal, gestaltet sein soll, sodass Über-, aber auch Unterforderung physischer und psychischer Art vermieden werden.

Die Entwicklungen der Industrie 4.0 wie dynamische cyber-physische Systeme, hohe Informationsverfügbarkeit und komplexe Mensch-Technik-Interaktion können dazu beitragen, Belastungen zu vermindern, bei ungeeigneter Gestaltung aber auch zu gegenteiligen Entwicklungen führen. Im Gegensatz dazu kann Monotonie entstehen, wenn der Mensch eher ein Zuarbeiter der Technik wird und vornehmlich einförmige, wenig komplexe Resttätigkeiten ausführt. Es gilt, beide Belastungsextrema (Über- und Unterforderung) zu vermeiden. Auf der höchsten Ebene gilt es, Arbeit persönlichkeitsförderlich zu gestalten, indem Lernen und Kompetenzentwicklung ermöglicht werden. Durch stetige, individualisierte Qualifizierung der Beschäftigten und Übertragung von Verantwortung für einen Teil des Arbeitssystems kann Lernförderlichkeit erreicht und Dequalifizierung vermieden werden.

4.1.2 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen

Die Norm DIN EN ISO 6385:2016-12 mit dem aktuellen Stand 2016 ist die international akzeptierte Grundlagennorm für Arbeitssysteme und damit die Basis für die ergonomische Gestaltung des Zusammenwirks von Arbeitenden und Arbeitsmitteln in einem Arbeitsraum beziehungsweise am Arbeitsplatz und einer Arbeitsumgebung. Ihre Inhalte haben Gültigkeit für verschiedene Arbeitssysteme, d. h. beispielsweise für Systeme in der Produktion, bei Dienstleistungen und Wissensarbeit oder in der Logistik.

In ihr sind grundsätzliche Konzepte von menschzentrierter Gestaltung und Gebrauchstauglichkeit eines Arbeitssystems verankert, zudem sind zentrale Begriffe für die Arbeitsgestaltung definiert und auch die wesentlichen Bestandteile eines Arbeitssystems benannt, die gestaltet werden müssen (siehe Abbildung 21).

An diesen Elementen orientiert sich auch die vorliegende Kapitelstruktur. Wesentlich sind jedoch nicht nur die einzelnen Gestaltungselemente des Arbeitssystems, sondern, gerade in Zeiten vernetzter, dynamischer und komplexer Produktionssysteme, vor allem die Wechselwirkungen zwischen den Elementen.



*Abbildung 21:
Gestaltbare Elemente
eines Arbeitssystems nach
DIN EN ISO 6385:2016-12*

4.1.3 Wachsende Anforderung: Arbeiten mit Informationen

In der Industrie 4.0 kommt Informationen eine besondere Bedeutung für die Gestaltung von Arbeit zu. Dies gilt sowohl für die Unterstützung von Arbeit durch Informationen (bspw. in der Montage durch auftrags- und situationsspezifische Arbeitspläne) als auch für die Arbeit mit Informationen (bspw. bei der Analyse großer Datenmengen oder der Prozessplanung).

Nach Schlick et al. (2010) lässt sich Arbeit in verschiedene Typen unterteilen, in Abhängigkeit des Anteils energetischer beziehungsweise informatorischer Aspekte (siehe Tabelle 1). Die Ausführung beider Aspekte und damit auch jede Kombination daraus lässt sich durch eine aufgaben- und situationsspezifische Bereitstellung von Informationen unterstützen. Zudem ermöglichen bspw. die Mensch-Roboter-Interaktion oder Exoskelette eine energetische Unterstützung mechanischer oder motorischer Tätigkeitsanteile. Im Kontrast dazu stehen kombinative und kreative Tätigkeiten, bei denen Informationen verarbeitet werden, wenn es gilt, komplexe Abläufe zu verstehen und in sie einzugreifen, zum Beispiel, um den Workflow einer Fertigung zu planen oder Roboter für den aktuellen Einsatzzweck zu programmieren. Da Automatisierung und intelligente Systeme einen Großteil der wenig informationsintensiven Routinetätigkeiten übernehmen werden und bei mechanischer und motorischer Arbeit gute Möglichkeiten zur Reduzierung von Fehlbelastung und Optimierung physischer Anforderungen entstehen, führt der Mensch zukünftig vermehrt Aufgaben aus, die entweder informatorisch und ggf. energetisch unterstützt sind oder in denen in Ausnahmefällen adäquat reagiert und geplant werden muss und Problemlösen und kreatives Denken entscheidend sind. Entsprechende problemlösende Aufgaben sind gekennzeichnet durch situativ veränderliche kognitive sowie physische Aufgabenanteile, wodurch die kognitiven Aufgabenanforderungen, insbesondere bei der Diagnose von Problemen beziehungsweise Störungen, hoch sind und den Aufbau handlungsleitenden Wissens erfordern. Um den Menschen zu befähigen, diese Aufgaben wahrzunehmen und im Nicht-Routinefall

handlungsfähig zu sein, kommt der Förderung von Lernen und persönlicher Weiterentwicklung eine besondere Rolle zu. Daher widmet sich der letzte Abschnitt dieses Kapitels speziell der Lernförderung in der Industrie 4.0.

Typ der Arbeit	Energetische Arbeit			Informatorische Arbeit	
	Mechanisch	Motorisch	Reaktiv	Kombinativ	Kreativ
Was verlangt die Erledigung der Aufgabe vom Menschen?	Kräfte abgeben	Bewegungen ausführen	Reagieren und Handeln	Informationen kombinieren	Informationen erzeugen
	„Mechanische Arbeit“ im Sinne der Physik	Genaue Bewegung bei geringer Kraftabgabe	Informationen aufnehmen und darauf reagieren	Informationen mit Gedächtnisinhalten verknüpfen	Verknüpfen von Informationen zu „neuen“ Informationen
Welche Organe oder Funktionen werden beansprucht?	Muskeln, Sehnen, Skelett, Atmung	Sinnesorgane, Muskeln, Sehnen, Kreislauf	Sinnesorgane, Reaktions- und Merkfähigkeit sowie Muskeln	Denk- und Merkfähigkeit sowie Muskeln	Denk-, Merk- sowie Schlussfolgerungsfähigkeit
Beispiel	Tragen	Montieren	Auto fahren	Konstruieren	Erfinden

Tabelle 1: Arbeitsformen und ihre Zusammensetzung aus Grundtypen (Schlick et al. 2010 modifiziert nach Rohmert 1983)

4.1.4 Schnittstellen zu nicht normungsrelevanten Bereichen

Vorschriften und Regeln zu Sicherheit und Gesundheit

Für die Gestaltung von Arbeitssystemen ist die Entwicklung und Berücksichtigung von Normen und arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen nicht hinreichend. Anforderungen an Arbeitsplätze und Arbeitsmittel sind national und europäisch gesetzlich reguliert. Grundsätzlich zu unterscheiden sind hierbei gesetzliche Anforderungen, die sich einerseits auf die Gestaltung und das Inverkehrbringen von Produkten und Arbeitsmitteln und andererseits auf den betrieblichen Arbeitsschutz beziehen.

Bei Produkten und Arbeitsmitteln hat die europäische Maschinenrichtlinie (2006/42/EG, 2009/127/EG) eine herausgehobene Bedeutung. Diese ist in Deutschland durch das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) und die darauf gestützte Maschinenverordnung (9. ProdSV) national umgesetzt. Im Bereich der Maschinensicherheit sind durch die Europäische Kommission mandatierte, harmonisierte Normen von besonderer Relevanz. Diese lösen bei ihrer Anwendung die

Vermutung aus, dass die Gestaltung einer Maschine den rechtlichen Erfordernissen entspricht. Sachverhalte, die nicht in harmonisierten Normen geregelt sind, müssen im Rahmen der stets erforderlichen Risikobeurteilung bewertet werden und ggf. sind entsprechende Maßnahmen zu treffen.

Neben der Maschinenrichtlinie existieren eine Zahl weiterer europäischer Richtlinien inklusive nationaler Umsetzungen, die bei der Gestaltung von Industrie 4.0-Technologien zu berücksichtigen sind. Beispiele sind die Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit 2014/30/EU oder auch die Niederspannungsrichtlinie (Elektrische Betriebsmittel) 2014/35/EU.

Für den betrieblichen Arbeitsschutz ist in Deutschland das Arbeitsschutzgesetz maßgeblich, welches auch eine wesentliche nationale Umsetzung des europäischen Arbeitsschutzrechtes darstellt. Zentrales Instrument des Arbeitsschutzgesetzes ist die Gefährdungsbeurteilung, welche die Arbeitsbedingungen und die damit verbundenen Risiken für die Gesundheit der Beschäftigten zum Gegenstand hat. Für die komplexen Technologien und Mensch-Maschine-Systeme der Industrie 4.0-Technologien gilt, dass sowohl bei der Risikobeurteilung durch den Hersteller des Arbeitsmittels wie ebenfalls bei der betrieblich durchzuführenden Gefährdungsbeurteilung auch schwieriger zu entdeckende Gefährdungsfaktoren, die z.B. aus Bedienkonzepten resultieren, berücksichtigt werden müssen.

Das deutsche Arbeitsschutzgesetz wird national durch Verordnungen konkretisiert, die rechtlich bindende Vorschriften sind. Von entscheidender Bedeutung für die Gestaltung und Umsetzung von Industrie 4.0-Arbeitssystemen sind die Betriebssicherheitsverordnung wie auch die Arbeitsstättenverordnung. Deren Berücksichtigung unterstützt die sichere und gesunde Anwendung von Arbeitsmitteln im Betrieb sowie die Gestaltung einer sicheren und gesunden Arbeitsumgebung. Zur weiteren Konkretisierung der Verordnung werden staatliche Technische Regeln erstellt, in denen möglichst genaue Kriterien der Gestaltung enthalten sind. In diesem Zusammenhang sind in Deutschland auch die Vorschriften der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) zu beachten, die durch Regeln und Informationen konkretisiert werden.

Hiermit ist das in Deutschland gültige Vorschriften- und Regelwerk zum Arbeitsschutz und somit auch zur Arbeitsgestaltung in der Industrie 4.0-Welt lediglich skizziert, Vorhaben oder Realisierungen erfordern jeweils fachkundige und spezifische Prüfungen des Regelwerks. Empfehlenswert ist, dies zeitlich vor Investitions- und Umsetzungsentscheidungen zu tun.

Aspekte des Datenschutzes

Industrie 4.0-Technologien zeichnen sich typischerweise durch umfängliche Sensorik, Aktorik und mächtige Steuerungssoftware aus. Hierdurch können Wechselwirkungen mit den Anforderungen des Datenschutzes und den Persönlichkeitsrechten von Beschäftigten entstehen, z.B.: Bei der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter, im elaboriertesten Fall bei der gleichzeitigen Kollaboration eines Menschen mit einem smarten Roboter an einem Werkstück, werden Informationen über individuelle Verhaltensweisen des Menschen, ggf. auch über menschliche

Eigenschaften wie z. B. Körpermaße, durch die Software des Arbeitssystems verarbeitet. Dies ist bspw. Voraussetzung für eine individuelle und situative Anpassung von Arbeitsgeschwindigkeit oder auch für eine ergonomisch günstige Ausrichtung des Arbeitssystems. Gleichzeitig entstehen möglicherweise automatisch Informationen über Pausenzeiten, Fehlhandlungen und Produktivität. Eine kontinuierliche, systematische Überwachung der Beschäftigten mithilfe intelligenter Sensoren ist jedoch von juristischer Relevanz, da Persönlichkeitsrechte der Beschäftigten (z. B. das Recht auf informationelle Selbstbestimmung) eingeschränkt werden und Rückschlüsse auf die Arbeitsweise möglich sind, ohne dass dies für die Beschäftigten erkennbar ist. Zudem können aus der Verfügbarkeit personenbezogener Daten für den Arbeitgeber Fürsorgepflichten für selbigen entstehen.

Die Grundprinzipien des Datenschutzes wie

- Zweckfeststellung beziehungsweise Zweckbindung von Daten,
- Erforderlichkeit,
- Transparenz,
- Datenvermeidung und Datensparsamkeit

erfordern bei der Gestaltung des Arbeitssystems sorgfältige Berücksichtigung. Da das Datenschutzrecht für Daten, die im Beschäftigungsverhältnis erhoben werden, keine abschließenden Regelungskonzepte bietet, können Betriebs- und Dienstvereinbarungen sinnvoll sein.

4.1.5 IT-Security: Die Rolle des Menschen

Die Sicherheit der IT-Infrastruktur eines Unternehmens ist auch vom Faktor Mensch abhängig. Als Nutzer von Unternehmens-IT stehen den Beschäftigten Zugänge zur Verfügung, die einerseits durch menschliche, unbeabsichtigte Fehler, fahrlässiges oder bewusstes Fehlverhalten oder auch durch kriminellen Einfluss zu großen Schäden und auch personenbezogenen Sicherheitsrisiken führen können. Typisch menschliches Verhalten wie Neugier oder mangelnde Aufmerksamkeit wird von kriminellen Akteuren genutzt, um Angriffe auf ein IT-System auszuführen.

Typische Schwachstellen sind

- eine unzureichende Absicherung durch zu einfache Passwörter,
- Phishing-Betrug, das sind z. B. getarnte E-Mails oder gefälschte Internetseiten, die einen unerlaubten Systemzugang oder Datenabfluss ermöglichen, oder
- Social Engineering, das ist z. B. das Erschleichen von vertraulichen Zugangsdaten durch eine persönliche Kontaktaufnahme mit Beschäftigten mit der Vortäuschung einer falschen Identität oder Funktion.

Insbesondere die Folgen kriminell motivierter Angriffe sind nur schwer abschätzbar. Für Unternehmen entsteht somit die Aufgabe, Vorgaben und Verhaltensregeln für den Umgang mit der Unternehmens-IT sowie mit vertraulichen Daten zu formulieren.

An erster Stelle ist eine Gestaltung von Softwaresystemen in der Art erforderlich, dass diese den Nutzer in der Wahrnehmung von Risiken und adäquatem Verhalten unterstützen. Hierzu sind Informationen und Unterweisungen erforderlich, die die Beschäftigten in die Lage versetzen, Risiken und Angriffe frühzeitig zu erkennen und sich sicher zu verhalten. Darüber hinaus ist eine grundsätzliche Sensibilisierung für das Thema bei der gesamten Belegschaft mit IT-Zugang erforderlich.

4.1.6 Use Cases

Komplexe Mensch-Maschine-Schnittstellen

Der Wandel zur Industrie 4.0 ist weder auf bestimmte Branchen noch auf einzelne Unternehmensbereiche beschränkt, so dass alle Formen von Arbeit – in unterschiedlichem Ausmaß und in unterschiedlicher Art und Weise – Veränderungen unterliegen und durch bedarfsgerechte Assistenzsysteme unterstützt werden können. Der nachfolgend beschriebene Use Case soll hilfreich sein, um die Implikationen für eine menschzentrierte Gestaltung der innovativen Arbeitssysteme besser greifbar zu machen. In den nachfolgenden Abschnitten wird an passenden Stellen dieser Use Case in Bezug genommen.

Die Digitalisierung bietet umfassende technische Möglichkeiten, sowohl energetische als auch informatorische Typen von Arbeit (siehe auch Tabelle 1) mit Assistenzsystemen zu unterstützen: Einerseits gibt es Assistenzsysteme für energetische Tätigkeitsanteile, wie bspw. Exoskelette⁶⁵ oder die Mensch-Roboter-Interaktion, andererseits stehen informatorische Assistenzsysteme, bspw. zur Aufbereitung erfahrungsbasierter Aufgabenbeschreibungen und deren Darstellung, zur Verfügung. Eine beispielhafte Technologie hierfür ist die Datenbrille.

Die Möglichkeiten zur Unterstützung einer konkreten Arbeitstätigkeit lassen sich aus den Möglichkeiten zur Unterstützung der beiden Grundtypen der Arbeit bedarfsgerecht zusammenstellen. Der folgende fiktive und modellhafte Use Case integriert Aspekte dieser Funktionen.

Use Case „Assistenzsystem“

Beschreibung

Das Anwendungsfeld ist die Endmontage des Innenraumes bei der Automobilproduktion durch eine/n Montagemitarbeiter/in. Als Technologie kommen zur Anwendung:

- eine Form von Exoskelett/Orthose als dynamische Sitzunterstützung zur Erleichterung des Sitzens und der Bewegungsabläufe (mechanisch/motorische Arbeit)

⁶⁵ Ein Exoskelett (Außenskelett, altgriechisch exo, deutsch ‚außen‘ und skeletós ‚ausgetrockneter Körper‘) ist eine Stützstruktur für einen Organismus, die eine stabile äußere Hülle um diesen bildet.

- ein handhabungsunterstützender, kollaborativer Roboter zum Handling und Einbau großer Teile der Fahrzeugginneneinrichtung (z. B. Sitzbank, Armaturenbrett) (mechanisch/motorische Arbeit)
- eine situativ nutzbare Datenbrille zur Informationsbereitstellung für variantenspezifische Montage und Qualitätssicherungshinweise, gleichzeitig durch Kameratechnik zur Prozessdokumentation und situativ zur Aufnahme (auch verbal) von Verbesserungsvorschlägen oder ähnlichen Informationen durch das Montagepersonal. Zusätzlich sind Kommunikationsmöglichkeiten mit Vorgesetzten, Spezialisten etc. möglich (reaktive, kombinative und kreative Arbeit)

Beteiligte Akteure

Akteure sind: Montagepersonal, Montageleitung, Arbeitssystemplaner, Arbeitsablaufplaner, Montagesteuerung, Personal zur Wartung und Instandhaltung von Mechanik und Elektrik, Personal zur Wartung und Instandhaltung der Hard- und Software der assistiven Systeme und Funktionen.

Auslöser

Auslöser des Montageprozesses ist der Ablauf des Produktionsplanes.

Invarianten

Um einen Stopp des Montagebandes bei Ausfall eines technischen Hilfsmittels zu vermeiden, soll der Montageablauf auch ohne robotische und assistive Systeme möglich bleiben.

Ergebnis

Bauteil des Innenraumes (z. B. Sitzbank, Armaturenbrett) ist montiert.

Standardablauf

- Fahrzeug und Innenraumbauteil stehen am Band zur Verfügung
- Person mit Orthese-Stuhl und Handhabungsroboter führt Bauteil, kraftunterstützt durch die Systeme in Fahrzeug ein
- Grob-/Feinpositionierung des Bauteils durch Mensch-Roboter-Kollaboration
- Verschraubung
 - Optional: Variantenspezifische Information kann mittels der Datenbrille abgefragt werden
 - Dokumentation des Arbeitsschrittes durch Kamerasystem der Datenbrille
 - Optional: Erfassen eines Verbesserungsvorschlags (Bild oder Sprache) über die Datenbrille

Alternative Ablaufschritte

Bei Ausfall der Unterstützung durch die Orthese oder den kollaborativen Roboter wird der Montagevorgang mit Hilfe einer zweiten Montagekraft durchgeführt.

4.2 Gestaltung des Arbeitssystems

Durch die Lösungen der Industrie 4.0 eröffnen sich für die Unternehmen neuartige Flexibilisierungspotenziale zur Gestaltung der Arbeits- und Wertschöpfungsprozesse. Die Ausschöpfung dieser Flexibilisierungspotenziale wird durch die Gestaltung des Arbeitssystems realisiert, also die Gestaltung (oder Entwicklung) der einzelnen Elemente des Arbeitssystems nach DIN EN ISO 6385:2016-12 sowie deren Kombination miteinander. Für die Planung, Einführung und den Betrieb von Lösungen der Industrie 4.0 ist ein systematisches und strategisches Vorgehen zwingend erforderlich, da sich – aufgrund der Komplexität der Arbeitssystemgestaltung sowie der engen Vernetzung von Lösungen der Industrie 4.0 mit dem gesamten Wertschöpfungsprozess – mit einem intuitiven beziehungsweise punktuellen Vorgehen nachhaltige Lösungen nicht erreichen lassen.

Darüber hinaus kann Industrie 4.0 nur dann erfolgreich und nachhaltig in einem Arbeitssystem eingeführt werden, wenn dieses einen gewissen Reifegrad hat⁶⁶. Dies bestätigen auch verschiedene aktuelle Studien: Die Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 der acatech⁶⁷ benennt als wichtigste Kompetenzbedarfe bei Unternehmen mit 60,6 % die Datenauswertung und -analyse, gefolgt vom Prozessmanagement (53,7 %). Erst danach folgen IT-spezifische Kompetenzen. Ergebnis der Studie „Industrie 4.0 im Mittelstand“ von Deloitte⁶⁸ zu konkreten Industrie 4.0-Projekten im Mittelstand in den letzten 12 Monaten war, dass 86 % der Befragten Prozessoptimierungen durchführten. Vor diesem Hintergrund ist die Gestaltung des Arbeitssystems immer parallel zur technischen Planung einer Lösung der Industrie 4.0 durchzuführen.

Die DIN EN ISO 6385:2016-12 definiert die Gestaltung von Arbeitssystemen als einen iterativen und strukturierten Prozess, der eine Anzahl von Gestaltungsphasen umfasst und zu einer Neugestaltung oder einer Umgestaltung führt. Der Gestaltungsprozess des Arbeitssystems sollte dabei alle Phasen des Lebenszyklus eines Arbeitssystems von der Konzeption über die Entwicklung, Umsetzung und Ausführung, Nutzung, Instandhaltung und Betreuung bis zur Außerbetriebnahme beinhalten. Die DIN EN ISO 6385:2016-12 empfiehlt, den Prozess durch ein multidisziplinäres Gestaltungsteam durchzuführen und weist ferner darauf hin sicherzustellen, dass bei der Realisierung der Neugestaltung eines Arbeitssystems geeignete Verfahren und Techniken angewendet werden.

Neben der DIN EN ISO 6385:2016-12 sind in verschiedenen weiteren Normen relevante normative Einzelaussagen zum Prozess der Arbeitssystemgestaltung enthalten: So benennen z. B. die Normen DIN EN ISO 27500:2017-07, DIN ISO 45001:2017-06 oder DIN EN ISO 9000 ff. Rahmenbedingungen zur Arbeitssystemgestaltung, während z. B. die Norm DIN EN 16710-2:2016-10 Analysemethoden zur Arbeitssystemgestaltung vorstellt.

66 vgl. [Stowasser (2015)], S. 8

67 [acatech (2016)], S. 13

68 Deloitte (2016)], S. 9

Konkrete Hinweise für die betriebliche Umsetzung fehlen aufgrund der Komplexität des Themas in allen Normen, sodass diese betriebsspezifisch abgeleitet werden müssen.

Handlungsempfehlungen

Die vorhandenen Normen sind allgemein gefasst und behandeln nicht die spezifische Realisierung von Lösungen der Industrie 4.0. Vor diesem Hintergrund ist

4.2-1 eine Überprüfung und bedarfsweise Revision der normativen Grundlagen für die Gestaltung der technologischen Prozesse als Element der Arbeitssystemgestaltung erforderlich.

4.2-2 Die Formulierung von Mindeststandards für die Berücksichtigung der soziotechnischen Aspekte ist hierbei zu prüfen. Dies kann zu Ergänzungen, zum Teil auch zu Änderungen bestehender Normen führen.

Die relevanten Aussagen zur Arbeitssystemgestaltung sind derzeit wie beschrieben auf verschiedene Normen verteilt, sodass es dem betrieblichen Planer erschwert wird, diese aufzufinden und bei der Planung von Lösungen der Industrie 4.0 adäquat zu berücksichtigen. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn Planer oder Planungsteam aus einem technischen Hintergrund kommen und bislang noch nicht mit der Arbeitsgestaltung befasst waren. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen,

4.2-3 dem betrieblichen Planer ein Dokument zur Verfügung zu stellen, in dem alle prozessrelevanten Aussagen zur Industrie 4.0 zusammengefasst werden. Dies sollte zunächst in einem Leitfaden zur Arbeitssystemgestaltung für Lösungen der Industrie 4.0 realisiert werden, da so einerseits eine zeitnahe Hilfestellung für Unternehmen zur Verfügung gestellt werden kann und andererseits der Tatsache Rechnung getragen werden kann, dass die Technologien der Industrie 4.0 derzeit vielfach noch in der Entwicklung sind.

4.2-4 Ein orientierender Leitfaden könnte iterativ den aktuellen Entwicklungen angepasst werden und in eine Norm überführt werden, sobald sich die technologische Entwicklung rund um die Industrie 4.0 stabilisiert hat.

Literatur:

Stowasser, S. (2015). *Deutschland 2015, Deutschland 2020 – wo wachsen wir hin?* Betrieb Praxis & Arbeitsforschung 22(223), 4–9.

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften in Kooperation mit Fraunhofer IML und equeo (2016) Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Abgerufen am 04. September 2017 von www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/acatech_DOSSIER_Kompetenzentwicklung_Web.pdf

Deloitte (2016) Industrie 4.0 im Mittelstand. Abgerufen am 04. September 2017 von www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Mittelstand/industrie-4-0-mittelstand-komplett-safe.pdf

4.3 Gestaltung der Arbeitsorganisation

Die Arbeitsorganisation unterteilt sich in die Ablauf- und die Aufbauorganisation. Im Rahmen der Ablauforganisation sind die Abläufe im Unternehmen dahingehend zu organisieren, dass die Herstellung von Produkten beziehungsweise die Erbringung von Dienstleistungen gewährleistet ist. Im Rahmen der Aufbauorganisation sind Aufbaustrukturen zu gestalten, mit denen die vorgesehene Ablauforganisation ermöglicht und unterstützt wird.

Normen thematisieren die Arbeitsorganisation entweder aus menschzentrierter Sicht (ISO 27500:2016, EN ISO 27500:2017) oder vor dem Hintergrund spezifischer Themen, bspw. Qualitätsmanagement (DIN EN ISO 9001:2015), Projektmanagement (ISO 21500:2012, DIN ISO 21500:2016) oder Geschäftsmodellentwicklung (DIN SPEC 91300). Dabei werden meist Anforderungen beschrieben, denen eine Organisation mit ihren Spezifika im jeweiligen Umfeld genügen sollte.

Durch die Digitalisierung kann insbesondere die Handhabung von Informationen und Informationsflüssen technisch unterstützt und verändert werden, so dass Informationen zunehmend sowohl horizontal und vertikal als auch inner- und überbetrieblich integriert werden. Auf dieser Grundlage lassen sich organisatorische Aufgaben (bspw. die Personaleinsatzplanung) teilweise oder vollständig an technische Unterstützungssysteme übertragen. Gleichzeitig lassen sich physisch stark belastende Tätigkeitsanteile an technische Systeme übertragen – dies kann teilweise (bspw. bei der Mensch-Roboter-Kollaboration) oder vollständig (bspw. bei fahrerlosen Transportsystemen) geschehen. Die Mensch-Roboter-Kollaboration ist dabei so zu organisieren, dass die spezifischen Stärken von Mensch (bspw. Kreativität, Fingerfertigkeit) und Roboter (bspw. Präzision, Kraft) gezielt genutzt werden. Dadurch entstehen Freiräume, die sowohl für die Erhöhung der Ganzheitlichkeit von Arbeitsaufgaben entlang des Arbeitsablaufs beziehungsweise Wertschöpfungsprozesses als auch für Aktivitäten der kontinuierlichen Verbesserung (bspw. Weiterentwicklung der Organisation) nutzbar sind. Letztere können durch statistische Auswertungen großer Datenmengen (Big Data) unterstützt werden.

Auf dieser Grundlage basieren auch Ansätze wie Predictive und Preventive Maintenance, die darauf ausgerichtet sind, Störungen zu vermeiden und dazu erforderliche Tätigkeiten zu geeigneten Zeitpunkten einzuplanen, so dass vorzuhaltende Kapazitäten für die Störungsbehebung verringert werden können. Die so verbesserte Planbarkeit von Arbeitsvolumina ermöglicht es, dass Unternehmen vorausschauend und strategisch agieren können (anstatt „nur“ zu reagieren). In diesem Zusammenhang wird auch eine Flexibilisierung von Arbeitszeiten und -orten ermöglicht beziehungsweise verbessert. Zu deren Gelingen sind angepasste und teilweise dezentrale

Führungs-, Abstimmungs- und Kollaborationsprozesse erforderlich, die das gesamte Spektrum von Präsenz im Unternehmen über Präsenz in virtuellen Räumen bis hin zu eingeschränkter Erreichbarkeit abdecken und die informatorische Reichhaltigkeit jeweils genutzter Kommunikationswege beziehungsweise -medien berücksichtigen. Auf dieser Grundlage können die Ablauforganisation in Abhängigkeit der Auftragslage agil rekonfiguriert werden und ergonomische Aspekte, wie bspw. altersgerechte Arbeitsgestaltung, verstärkt berücksichtigt werden, so dass sich die Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten über das gesamte Arbeitsleben verbessert. Gleichermaßen lassen sich Lern- und Qualifizierungsinhalte auslastungsabhängig einplanen und in Arbeitstätigkeiten integrieren.

Die Aufbauorganisation beziehungsweise Aufbaustuktur ist so zu gestalten, dass sie vor dem Hintergrund der hohen Entwicklungsdynamik im Bereich der Digitalisierung und eines ebenso dynamischen Marktumfelds flexibel ist und Entscheidungen auf kurzen Wegen ermöglicht werden. Dezentrale und funktionsorientierte Ansätze bieten sich dazu an und unterstützen kooperationsorientierte projektbezogene Arbeitsweisen. Ein Beispiel dazu ist das Aufbrechen von „Silodenken“. Die Aufbauorganisation in Unternehmen, die digitale Transformationsprozesse erfolgreich durchgeführt haben, wird geprägt sein durch Querschnitts-Arbeitsgruppen beziehungsweise Teams.

Für den einleitend beschriebenen Use Case bedeuten diese Entwicklungen, dass bspw. bei der Personaleinsatzplanung mehr Kriterien bessere Berücksichtigung finden können als bisher. Neben Anwesenheit und Qualifikation lassen sich bspw. ergonomische Aspekte systematisch berücksichtigen, um Beanspruchungswechsel einzuplanen; Gleiches gilt für Erfahrungs-/Lernsituationen und Übungsgrade, die sich in Abhängigkeit der Auslastungssituation gezielt einplanen beziehungsweise erhalten/steigern lassen. Somit lassen sich die Leistungsfähigkeit der Arbeitspersonen in der Montage erhalten/erhöhen, Lernen/Üben in deren Arbeitsprozess integrieren und gleichzeitig mit der Planung betraute Personen entlasten. Dies ermöglicht, die Ganzheitlichkeit von Montageaufgaben bspw. durch Ergänzung weiterer (Teil-)Verrichtungen zu verbessern und insbesondere Planern, Prozesse im Rahmen kontinuierlicher Verbesserungen weiterzu entwickeln. Dazu können bereichsübergreifend Daten bspw. aus dem Qualitätsmanagement (häufig auftretender Mangel) mit konkreten (Teil-)Verrichtungen (Verschraubung zu fest/lose) oder Bauteileigenschaften (Material zu dünn/spröde) verknüpft werden und gezielt Handlungsbedarfe beziehungsweise -ansätze abgeleitet werden. Planerische Tätigkeiten wie die Gestaltung des beispielhaften Montagearbeitssystems lassen sich im Gegensatz zu Montagetätigkeiten häufig ortsunabhängig und zeitlich entkoppelt ausführen. Dazu sind organisationale Strukturen erforderlich, die eine Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den an der Gestaltung/Entwicklung beteiligten Personen (bspw. aus Produktionsplanung, Arbeitsplanung, IT, Personalentwicklung, Qualitätssicherung etc.) ermöglichen und sicherstellen. Die Kommunikation und Vereinbarung von Zielen für die Montage zwischen Führungskräften und Fachexperten sorgt dabei für eine Abstimmung der Tätigkeiten mit der strategischen Ausrichtung des Unternehmens. Auf dieser Grundlage ermöglicht eine Dezentralisierung von Entscheidungen eine Erhöhung der Agilität von Planungs- und Entwicklungsprozessen und trägt dazu bei, die Entwicklungsdauer oder Änderungsplanungen (bspw. bei Modellwechseln) für das Montagearbeitssystem zu verkürzen.

Handlungsempfehlungen

Aus den skizzierten teilweise sehr dynamischen und noch andauernden Entwicklungen ergeben sich verschiedene Ansatzpunkte für die Normung.

- 4.3-1** Vorgehensweisen zur Gestaltung der Arbeitsteilung im Rahmen der Mensch-Roboter-Kollaboration
- 4.3-2** Vorgehensweisen zur situativen Integration der Mensch-Roboter-Kollaboration in bestehende Arbeitsprozesse – bspw. bei hoher Auslastung
- 4.3-3** Vorgehensweisen zur Transformation organisationaler Strukturen in Abhängigkeit von Qualifikationsstrukturen im Unternehmen (Polarisierte Organisation vs. Schwarmorganisation – Vor- und Nachteile – Gestaltung von Mischformen – Auswirkungen auf die Arbeitsgestaltung/-bedingungen, Personalentwicklung etc.)
- 4.3-4** Beschreibung menschzentrierter Aspekte der Führung – Aufgaben eines Chief Digital Officers (CDO)
- 4.3-5** Weiterentwicklung beziehungsweise Ausgestaltung des Change Management für Digitalisierungsprozesse
- 4.3-6** Normative Verankerung und strategische Planung von Digitalisierungsmaßnahmen im Unternehmen
- 4.3-7** Kennzahlen zur Beschreibung der Qualität digital unterstützter Prozesse
- 4.3-8** Gestaltung digitaler FreigabeprozEDUREN
- 4.3-9** Prozessentwicklung durch Integration von Cloud-Technologien
- 4.3-10** Vorgehensweisen zur Verknüpfung und gezielten Auswertung großer Datenmengen (von der Datenhandhabung bis ggf. zur statistischen Analyse)
- 4.3-11** Beispielhafte Darstellungen (Use Cases) zu allen genannten Punkten

4.4 Gestaltung der Aufgaben und Tätigkeiten

Normen, die u. a. Begriffsdefinitionen und Anforderungen an die Gestaltung von Aufgaben und Tätigkeiten stellen, sind beispielsweise: DIN EN 614-2, DIN EN ISO 9241-112 und DIN EN 894-1.

Die DIN EN 614-2 beschreibt die Anforderungen der Aufgabengestaltung bei Maschinen. Hauptaugenmerk liegt auf den Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben des Maschinenbedieners. DIN EN ISO 9241-112 beinhaltet sechs

Grundsätze der Informationsdarstellung sowie zahlreiche Empfehlungen für deren Anwendung; diese müssen in Verbindung mit den Grundsätzen für die Benutzer-System-Interaktion und den zugehörigen Empfehlungen aus ISO 9241-110 angewendet werden, u.a. der Aufgabenangemessenheit. Die DIN EN 894-1 verdeutlicht die ergonomischen Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen. Hierbei werden die Anforderungen unter verschiedenen Betriebszuständen berücksichtigt und zielen auf die Förderung des Mensch-Maschine-Systems bei der Aufgabendurchführung.

Bei der Gestaltung von zukünftigen Arbeitsaufgaben in der Industrie 4.0 werden Funktionen zwischen Menschen und/oder Maschinen weiterhin aufgeteilt werden; die Funktionszuweisung wird jedoch flexibler und dynamischer erfolgen müssen. Technische Systeme können zukünftig Arbeitsaufgaben von Menschen komplett oder teilweise übernehmen (und umgekehrt) beziehungsweise der Beschäftigte wird bei seiner Arbeitsaufgabe durch ein Assistenzsystem in Teilen seiner Arbeitsaufgabe unterstützt. Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine kann hierbei sehr unterschiedlich ausgestaltet werden. Dementsprechend ergeben sich Handlungsebenen unterschiedlichen Grades, wie z.B. vom autonomen Funktionieren der Maschine über eine Teilung des jeweiligen Handlungs- und Entscheidungsspielraums bis zum selbstständigen Entscheiden des Menschen.

Die Digitalisierung bietet umfassende technische Möglichkeiten, informatorische und energetische Arbeit (siehe hierzu Kapitel 4.1.3) mit Assistenzsystemen zu unterstützen. Darunter kann man zum einen Assistenzsysteme für energetische Tätigkeitsanteile, wie z.B. Exoskelette oder die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), fassen. Normen, die Anforderungen an Roboter(-systeme) formulieren sind u.a.: ISO/TS 15066 oder DIN EN ISO 10218-2. Zum anderen gibt es informatorische Assistenzsysteme, wie z.B. zur Aufbereitung erfahrungsbasierter Aufgabenbeschreibungen und deren Darstellung über Datenbrillen. Daneben existieren weiterhin auch andere Arbeitssysteme, z.B. Überwachungstätigkeiten im Leitstand, siehe hierzu DIN EN ISO 11064-1.

Um auf das Beispiel MRK zurückzukommen, sind hierbei unterschiedliche Varianten möglich, die bei der Aufgabengestaltung berücksichtigt werden müssen. Folgende fünf Fälle können grundsätzlich unterschieden werden:

1. Der Roboter übernimmt die vollständige Aufgabenbearbeitung und der Mensch überwacht den Prozess.
2. Roboter und Mensch übernehmen jeweils teilweise die Aufgabenbearbeitung (50/50-Lösung).
3. Der Mensch übernimmt die vollständige Aufgabenbearbeitung und zieht den Roboter bei Bedarf hinzu.
4. Der Mensch führt/leitet den Roboter mit einem digitalen Arbeitsmittel.
5. Der Mensch programmiert den Roboter, richtet ihn ein und nimmt ihn in Betrieb. Fall 1 schließt hieran an.

Die Fälle 1 bis 3 können dynamisch variiert vorkommen. Beim Einsatz der MRK muss die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine neu gestaltet werden. Die Aufgaben werden sinnvollerweise so aufgeteilt, dass der Roboter die monotonen beziehungsweise schweren Arbeitsschritte übernimmt, so dass der Mensch sich auf verbleibende Tätigkeiten konzentrieren kann, in denen er dem Roboter überlegen ist, wie z.B. komplexe Fügevorgänge oder flexible Arbeitsschritte. Den Menschen körperlich oder psychisch beeinträchtigende Anteile der Arbeitsaufgabe werden also vom Roboter übernommen. Stärken des Menschen, wie z.B. Intuition, Flexibilität, Wahrnehmen, Denken, Entscheiden und Handeln werden mit Vorteilen des Roboters (schnelle, kraftvolle, ausdauernde, reproduzierbare und präzise Bewegungen) verbunden.

Handlungsempfehlungen

Es ist davon auszugehen, dass sich vermehrt Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungsaufgaben für den Menschen ergeben werden. Die neuen Anforderungen an Arbeitsaufgaben werden vornehmlich darin gesehen, dass z.B. weitergehende IT-Kenntnisse erforderlich werden, wie z.B. für die Zusammenarbeit mit dem Roboter und zur Nutzung digitaler Hilfsmittel wie Datenbrillen, Apps oder Smartphones. Die Einbindung kollaborativer Roboter erhöht den Handlungsspielraum und neue Gestaltungs- und Qualifikationsbedarfe entstehen. Auch der Umgang mit Informationen und ihre Verarbeitung, inhaltliche Flexibilität, lebenslanges Lernen, Veränderungsdynamik, indirekte technikgestützte Kommunikation und erhöhter Abstimmungsbedarf werden bei der Gestaltung von Aufgaben und Tätigkeiten Berücksichtigung finden müssen. Die digitale Vernetzung wird weiterhin dazu führen, dass Beschäftigte je nach Arbeitsaufgabe verstärkt System- und Prozesszusammenhänge verstehen können müssen.

Konkret wird bei ausgewählten Normen folgender Anpassungsbedarf gesehen:

- 4.4-1** In der DIN EN 894-1 werden keine Bezüge nach Struktur und Inhalt einer Aufgabe hergestellt und es wird nicht deutlich, wie sich die Aufgabengestaltung auf die Anzeigengestaltung auswirkt und inwieweit die Anzeigengestaltung begrenzt ist, sofern bestimmte Aufgaben zugewiesen sind. Die DIN EN 894-1 ist daher bzgl. neuer Formen der Mensch-Maschine-Interaktion beziehungsweise Mensch-Maschine-Funktionsteilung zu ergänzen, u.a. auch im Hinblick auf unterschiedliche Betriebsarten (Wartung, Störungsbeseitigung, Instandhaltung). Daran ausgerichtet sind erforderliche Informationen, eine (ergonomische) Darstellung und Informationsaufbereitung zu gestalten.
- 4.4-2** In der DIN EN 614-2 ist das Arbeiten an/mit mehreren Maschinen nicht explizit berücksichtigt. Die daraus entstehende dynamische Funktionsallokation gilt es in Zukunft in Betracht zu ziehen.

- 4.4-3** Zukünftig ist die Technik zur Unterstützung aufgabenangemessener Kommunikationsstrukturen und -prozesse zu gestalten, und zwar zwischen Menschen innerhalb Prozessleitwarten, für mobiles Arbeiten und mit anderen Abteilungen. Dies betrifft die Normen DIN EN 894-1 ff. sowie die Normenreihe 9241.
- 4.4-4** Mit dem Wechsel zwischen autonomem (Roboter-)Betrieb und kollaborierendem (Roboter-)Betrieb geht ein Aufgabenwechsel für den Beschäftigten einher, der bisher nicht mit ergonomischen Anforderungen an die Gestaltung beschrieben wird, siehe DIN EN ISO 10218-2.
- 4.4-5** Es ist zukünftig zu berücksichtigen, dass Maschinen auch Eigenschaften des Menschen erkennen und sich anpassen können sollen, Anpassungs- beziehungsweise Ergänzungsbedarf wird hierbei für die DIN EN ISO 6385 gesehen.

4.5 Gestaltung der Produkte, Arbeitsmittel und Schnittstellen

Smart Devices – Geräte, die mit Diensten vernetzt sind – gehören heute zur normalen Lebenswelt von Schülern, Arbeitern, Angestellten und Managern. Und das, selbst wenn der Arbeitsalltag ein analoger ist – der Griff zum Smartphone, das Online-Spiel oder der Streaming-Dienst sind Teil des Alltages. Die Digitalisierung wird über den arbeitenden Menschen in die Industrie getragen. Dabei verschwimmen die Grenzen von Produkt, System und Diensten und man steht vor einer weiterhin hochdynamischen Entwicklung von neuen Arbeitstechnologien, die wiederum neue, unbekannte Interaktionen zwischen Mensch und Maschine mit sich führen. Von daher kann es nicht überraschen, wenn in der Ergonomie der Mensch-System-Interaktion nicht mehr zwischen Produkt, System oder Dienstleistung unterschieden wird – die zu erreichenden Qualitäten in Effektivität, Effizienz und auch in der Zufriedenstellung der Nutzer gelten für alle gleich. Die Konsequenz ist, dass alle Arbeitsmittel und die damit verbundenen Produkte diesem Anspruch nach Ergonomie unterworfen werden müssen und somit die zu gestaltenden Schnittstellen zwischen Menschen und Systemen nicht nur funktional oder technisch zu erbringen sind. Themen wie „Bring-your-own-device“ oder „User Experience“, die einen verstärkten Raum in der Diskussion und auch in der Normung (siehe Definition von „User Experience“ in ISO 9241-210:2010) einnehmen, belegen, dass eine erfolgreiche und wirtschaftliche Anwendung von Systemen in hohem Maß von der erlebten Qualität der Benutzung dieses Systems abhängt.

Wenn es um die Neubestimmung von Produkten, Arbeitsmitteln und Schnittstellen im Kontext der Industrie 4.0 geht, sind neue Technologien wie Smart Devices, virtuelle, gemischte oder augmentierte Realität oder intelligente Assistenten kein in sich geschlossener Selbstzweck. Vielmehr erfordern diese Arbeitsmittel neue Konzepte der Schnittstellengestaltung und damit auch neue Benutzungsmodelle. Unternehmen, die im Umfeld von Industrie 4.0 aktiv sind (oder solche, die es werden wollen), gehen mit der bewussten Gestaltung neuer Benutzungserlebnisse einen Veränderungsprozess, der ganzheitlich alle Aspekte des Definierens von Systemen betrifft. Dazu

bedarf es einer weitreichenden Harmonisierung der unterschiedlichen Domänen, also der Übertragung der grundlegenden Konzepte der Ergonomie der Mensch-Maschine-Interaktion auf die Produkte und Arbeitsmittel, die in der heutigen Arbeitswelt Fuß fassen. Das betrifft Produkte wie 3D-Brillen, Gesteuerung, Systemsteuerungen über Sprache und Spracherkennung, Assistenzsysteme und intelligente Analysewerkzeuge oder auch neuartige Daten-Visualisierungen. In der Konsequenz ist ein hochgradig automatisiertes Arbeitsmittel wie ein Roboter eben auch nur ein weiteres interaktives System – auch hier können die Kriterien der ergonomischen Systemgestaltung angewendet werden.

Der Weg zu diesem Ziel liegt in der Durchdringung von bestehenden Planungs- und Entwicklungsprozessen mit dem Ansatz der menschzentrierten Gestaltung. Diese Herangehensweise bei der Gestaltung und Entwicklung von Produkten, Arbeitsmitteln und deren Schnittstellen zielt darauf ab, Gebrauchstauglichkeit sicherzustellen, indem sie sich auf die Verwendung eines Systems durch den Menschen konzentriert und Kenntnisse und Techniken aus den Bereichen der Arbeitswissenschaft/Ergonomie und der Gebrauchstauglichkeit anwendet (nach ISO 9241-210:2010).

Die Normenreihe DIN EN ISO 9241 liefert ein weitreichendes Fundament für das Themenfeld der Gestaltung von Produkten, Arbeitsmitteln und Schnittstellen. Dabei sind auch gerade die Definitionen von Begriffen und Grundkonzepten nicht zu vernachlässigen, die einen wichtigen Beitrag in diesem sehr heterogenen Umfeld von Lösungsräumen leisten. Die Norm DIN EN ISO 9241-210 beschreibt die Aktivitäten bei der menschzentrierten Gestaltung von Mensch-System-Interaktionen, sie fordert u.a. das iterative, agile Vorgehen, das auf dem regelmäßigen Einbezug und Rückmeldung der Benutzer beruht. Diese Norm benennt auch ausdrücklich, dass die gebrauchstaugliche Gestaltung auch kreativer Methoden bedarf und macht somit klar, dass moderne Technologien und ihre Anwendung nicht mehr nur funktional gesehen werden können. Darüber hinaus fordert diese Norm ein interdisziplinäres Team für die Gestaltungsaufgaben, definiert „User Experience“ und beschreibt, wie dieses Konzept aufgegriffen werden kann.

Daneben liefert DIN EN ISO 9241-112 umfangreiche Prinzipien der Informationspräsentation, die so grundlegende Gültigkeit haben, dass sie auch in virtuellen oder augmentierten Schnittstellen Anwendung finden müssen. DIN EN ISO 9241-110 umfasst die Dialogprinzipien der Mensch-System-Interaktion wie Aufgabenangemessenheit oder Steuerbarkeit. In weiteren Teilen der Reihe der ISO 9241 werden spezifische Arbeitsmittel wie Tastaturen und Bildschirme oder auch spezifische Teilbereiche der Interaktion wie visuelle Schnittstellenelemente und Dialogtechniken behandelt.

Handlungsempfehlungen

Die aktuelle Ausstattung in der Normung ist noch nicht hinreichend, um umfassend Empfehlungen und Anforderungen für die Gestaltung von Produkten, Arbeitsmitteln und Schnittstellen im Kontext Industrie 4.0 beizusteuern.

- 4.5-1 Oft scheint noch das Modell des „Bildschirmarbeitsplatzes“ durch, mit der Sichtweise einer eher statischen Aufbereitung von Informationen und Interaktionen, die mit den Herausforderungen neuer, dynamischer Systeme nicht vollständig vereinbar sind. So beschäftigt sich Systemgestaltung der Industrie 4.0 mit Systemen, die ggf. nicht mehr auf einen Bildschirm angewiesen sind, bis hin zu komplexen Modellen, die auf eine Vielzahl von unterschiedlichen Anzeigen zugreifen.
- 4.5-2 Steuerung von Produkten über Gesten und/oder Sprache, die Interaktion in einem virtuellen Raum und das Anzeigen von dynamischen Daten – wann und wo immer der Benutzer diese Daten benötigt – erfordern eine Neubewertung der bestehenden Informationen in der Normenreihe ISO 9241. Zu berücksichtigen ist, dass gesicherte Erkenntnisse noch im Entstehen sind.
- 4.5-3 Gleichermaßen gilt für die Umsetzung von Interaktionen und die Darstellung von Informationen in virtuellen Umgebungen wie auch in augmentierten Systemen.

4.6 Gestaltung von Arbeitsumgebung, Arbeitsraum, Arbeitsplatz

Die DIN EN ISO 6385:2016-12, die auch im einleitenden Kapitel erwähnt wird, enthält Begriffsdefinitionen sowie Anforderungen an eine menschengerechte Gestaltung von Arbeitsumgebung, Arbeitsraum und Arbeitsplatz unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen Elementen des Arbeitssystems (wie beispielsweise Arbeitsmitteln). Die **Arbeitsumgebung** umfasst demnach physikalische, chemische, biologische, organisatorische, soziale und kulturelle Faktoren, die einen Arbeitenden umgeben. Die Norm enthält u. a. folgende Anforderungen an die Arbeitsumgebung:

- Negative Effekte auf die Gesundheit, Sicherheit und das Wohlbefinden der Arbeitenden minimieren
- Fähigkeit und Bereitschaft zur Durchführung von Aufgaben erhalten
- Objektive und subjektive Bewertungen berücksichtigen
- Anerkannte Grenzen für die Aufrechterhaltung von Gesundheit, Sicherheit und Wohlbefinden einhalten
- Positive Unterstützungsmöglichkeiten berücksichtigen
- Beeinflussbarkeit durch Arbeitende ermöglichen

Der **Arbeitsraum** ist der Raum, der einer oder mehreren Personen innerhalb des Arbeitssystems zur Durchführung der Arbeitsaufgabe zugeordnet wird. Der **Arbeitsplatz** bezeichnet die Kombination und räumliche Anordnung der Arbeitsmittel innerhalb der Arbeitsumgebung unter den durch die Arbeitsaufgaben erforderlichen Bedingungen. In der Norm sind u. a. folgende Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsraum und Arbeitsplatz festgelegt:

- Einnahme einer stabilen als auch einer beweglichen Körperhaltung ermöglichen
- Bereitstellen einer sicheren und stabilen Basisfläche, von der aus Körperkräfte angewendet werden können
- Körpermaße, Körperhaltung, Muskelkraft und Körperbewegungen berücksichtigen

Spezifische Aspekte der Arbeitsumgebung werden in existierenden Normen behandelt (z. B. die Beleuchtung von Arbeitsstätten in DIN EN 12464-1:2011-08). Daneben existieren VDI-Richtlinien (z. B. VDI 2058 Blatt 3 Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten). Wesentliche Anforderungen sind in den Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) enthalten, welche die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) konkretisieren.

Bei der Gestaltung von Arbeitsraum und Arbeitsplatz sind unter anderem Körpermaße und Muskelkraft der Arbeitenden zu berücksichtigen. In den Gremien ISO/TC 159/SC 3 Anthropometry and biomechanics und NA 023-00-03 Gemeinschaftsausschuss Anthropometrie und Biomechanik sind dazu aktuell die folgenden Aspekte in der Diskussion beziehungsweise Entwicklung:

- Aktualisierung der Daten zu Körpermaßen
- Nutzung neuer Technologien (z. B. 3D Body Scan, digitale Ergonomie) zur Erhebung von Daten sowie Anforderungen an die Technologien als Voraussetzung zur Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen

In Verbindung mit adaptiven Arbeitsmitteln soll somit eine individuelle Anpassung des Arbeitsplatzes an die/den Arbeitende/n ermöglicht werden.

Auch die Beleuchtung von Arbeitsplätzen wird durch technologische Entwicklungen beeinflusst. Künstliche, biologisch wirksame Beleuchtung soll z. B. eine angenehme und produktive Arbeitsumgebung schaffen. Der FNL 27, ein Unterausschuss des Normenausschusses Lichttechnik bei DIN hat dazu die DIN SPEC (Fachbericht) 67600:2013-04 Biologisch wirksame Beleuchtung – Planungsempfehlungen veröffentlicht. Das KAN-Positionspapier zum Thema künstliche, biologisch wirksame Beleuchtung und Normung⁶⁹ behandelt die Thematik aus der Perspektive des Arbeitsschutzes. Unter anderem wird darauf verwiesen, dass im Bereich künstlicher, biologisch wirksamer Beleuchtung Belange des betrieblichen Arbeitsschutzes betroffen sind. Weitere arbeitsschutzrelevante Forschung wird als notwendig erachtet. In Normen können z. B. Produktanforderungen an Komponenten für Beleuchtungsanlagen beschrieben werden.

69 www.kan.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Basisdokumente/de/Deu/KAN-Position_Beleuchtung_2017.pdf

Handlungsempfehlungen

Bei der Gestaltung von Arbeitsraum und Arbeitsplatz sollte der mögliche Einsatz neuer Technologien wie Exoskelette/Orthosen (s. Use Case in Kapitel 4.1.6) in Betracht gezogen werden, welche eine aktive Unterstützung des Arbeitenden erlauben, wenn beispielsweise starke Muskelkräfte benötigt werden.

- 4.6-1** Es ist zu prüfen, ob bestehende Daten zu Muskelkraft hinsichtlich dieser möglichen Unterstützung ergänzt werden sollen.
- 4.6-2** Berücksichtigt werden sollte ebenfalls, dass mobile, kollaborative Roboter oder Exoskelette/Orthosen oder Datenbrillen eventuell zu neuartigen Gefährdungen führen können. Anforderungen an z.B. Fluchtwege oder die zulässige Verdeckung der realen Arbeitsumgebung müssen definiert werden.
- 4.6-3** Anforderungen an die Sicherheit dieser Technologien sowie die Wechselwirkungen mit dem Arbeitsraum müssen definiert werden.
- 4.6-4** Im Zusammenhang mit der Industrie 4.0 werden häufig auch mobile Computer-technologien beschrieben, welche ein ortsunabhängiges Arbeiten erlauben. Die Gestaltung mobiler Arbeit ist besonders herausfordernd, da der/die Gestalter/in oft wenig Einfluss auf die Gestaltung der verwendeten Arbeitsmittel nehmen kann.
- 4.6-5** Die Arbeitsumgebung umfasst daneben auch soziale und kulturelle Faktoren, die einen Arbeitenden umgeben. Es ist daher zu prüfen, ob sich der Einsatz neuer Technologien auf diese Aspekte auswirkt und z.B. bestimmte kulturelle Prägungen zu einem unterschiedlichen Umgang mit diesen Technologien führen und daher in der Gestaltung zu berücksichtigen sind.

4.7 Lernförderliche Arbeitsgestaltung und Kompetenzentwicklung

Arbeitsaufgaben, die nicht nur ausführbar, schädigungslos und beeinträchtigungsfrei gestaltet sind, sondern auch Möglichkeiten zur persönlichen Entwicklung und Entfaltung bieten, erfüllen die wesentlichen Kriterien der menschgerechten Arbeitsgestaltung (vgl. Kapitel 4.1.1) und gelten als gesundheits- und lernförderlich – sowie infolgedessen als motivierend und produktiv⁷⁰.

In Normen wird Lernförderlichkeit meist im Zusammenhang mit ergonomischer Gestaltung thematisiert. So kann die Auseinandersetzung mit den Anforderungen einer Arbeitsaufgabe und die damit einhergehende psychische Belastung und Beanspruchung zur Initiierung eines

70 [Schlick et al. 2010, Hacker 1994, Luczak & Schmidt 2009, Patterson et al. 2004]

Lernprozesse führen und damit lernförderlich sein (DIN EN ISO 10075-1:2018-01). Zudem geben vorhandene Normen Hinweise zur Softwaregestaltung, um Dialoge zwischen Mensch und technischem System lernförderlich aufzubauen (DIN EN 29241-ff./ISO 9241-ff.).

Am Beispiel des in Kapitel 4.1.6 skizzierten Use Case bedeutet dies, dass die Ausführung der Montageaufgabe und die damit verbundene mentale Auseinandersetzung einen Lernprozess darstellen. Dabei kann der Mensch die Ausführung der Aufgabe erlernen, es können Bewegungsabläufe kontinuierlich verbessert werden und das Wissen über Bauzusammenhänge und mögliche Fehlerquellen sowie das Systemverständnis können zunehmen.

Die hohe Entwicklungsdynamik der Digitalisierung führt dazu, dass sich Arbeitsaufgaben und teilweise auch organisationale Strukturen schneller verändern als bisher. Dementsprechend unterliegen auch die Anforderungen (Qualifikationen, Kompetenzen, Fertigkeiten etc.) an den Menschen dynamischeren Veränderungen. Folglich nimmt die Bedeutung von Kompetenzen zum Umgang mit neuen oder veränderten Arbeitssituationen ebenso zu wie die Bedeutung der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Wissens (lebenslanges Lernen) bei allen Beteiligten – Führungskräften und Mitarbeitern. Gleichzeitig bietet die Digitalisierung stark erweiterte Möglichkeiten, um Arbeit lernförderlich zu gestalten beziehungsweise um arbeitsplatzbezogenes Lernen über entsprechende Lernsituationen in den Prozess der Arbeit zu integrieren. Dazu zählen erfahrungsbasierte Aufgabenbeschreibungen ebenso wie die regelmäßige Zuordnung bestimmter Aufgaben, um einen hohen Übungsgrad zu erhalten oder um inkrementelle Änderungen an der Arbeitsaufgabe zu erlernen. Es ist anzustreben, auf diese Weise die mit der Digitalisierung verfolgten Effizienz- und Innovationsziele der Unternehmen und die mitarbeiterbezogenen Ziele einer lern- und kompetenzförderlichen Arbeitsgestaltung und eines „Lernens durch Arbeit“ in Einklang zu bringen. In diesem Zusammenhang ist eine Unternehmenskultur erforderlich, die Lernen als Chance begreift und mit kontinuierlichen Verbesserungsaktivitäten verzahnt. Solche aufgaben- und prozessnahen Lern- und Beteiligungsprozesse können wesentlich dazu beitragen, dass Unternehmen ihre Produkt- und Prozessinnovationen und ihre Personalentwicklung miteinander in Einklang bringen, so dass ihre spezifischen Fachkräftebedarfe zumindest teilweise aus der eigenen Belegschaft gedeckt werden können.

Für den Use Case bedeutet dies beispielsweise, dass Arbeitsbeschreibungen auf der Datenbrille angezeigt werden können und dabei in ihrem Umfang individuell an die Erfahrung des jeweils tätigen Menschen angepasst werden können. Dabei erhalten weniger erfahrene Personen detaillierte Angaben, um die Aufgabe verstehen und erlernen zu können (Vermeidung von Überforderung aufgrund fehlender Informationen), während die Angaben für erfahrenere Personen auf Schlüsselinformationen wie aktuelle Veränderungen oder Sonderausstattungen beschränkt werden (Vermeidung von Unterforderung aufgrund bekannter Informationen).

Handlungsempfehlungen

Aus den skizzierten, teilweise sehr dynamischen und noch andauernden Entwicklungen ergeben sich verschiedene Ansatzpunkte für die Normung.

- 4.7-1** Bei Konstruktion und Design der technischen Systeme, insbesondere bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen sind die Aspekte einer lernförderlichen Gestaltung zu berücksichtigen. Hierbei gilt es vorausschauend, die betrieblichen Prozesse (Steuerungs- und Informations-/Kommunikations- sowie Feedbackprozesse) zu berücksichtigen.
- 4.7-2** Vorgehensweisen zur Etablierung lebenslangen Lernens sollten als Teil kontinuierlicher Verbesserung beschrieben werden (bspw. bestehendes Fachwissen durch inkrementelles Lernen aktualisieren).
- 4.7-3** Vorgehensweisen zur Stärkung von Problemlösungskompetenzen bspw. im Umgang mit neuen/veränderten Arbeitssituationen sollten beschrieben werden.
- 4.7-4** Eine Methodik zur Identifikation des zu vermittelnden Wissens und bedarfsgerechte didaktische Konzepte sind zu beschreiben.
- 4.7-5** Ansätze zur gezielten Integration lernförderlicher Aspekte in Arbeitsprozesse und -systeme sind zu entwickeln und mit Anwendungsbeispielen zu unterfüttern.

4.8 Fazit

Die Realisierungen von Arbeitssystemen der Industrie 4.0 in Forschung und Praxis belegen die Wichtigkeit einer fokussierten Betrachtung der Rolle des Menschen. Eine etwaige Vernachlässigung auch nur einzelner Faktoren einer menschengerechten Gestaltung kann zu erheblichen Beeinträchtigungen von Funktionalität, Zuverlässigkeit und Produktivität führen, vor allem aber Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten gefährden. In der komplexen betrieblichen Realität wirken stets zahlreiche Einflussfaktoren zusammen, so dass eine systematische Darstellung und Analyse der Interaktionen von Mensch und Technik erforderlich sind. Die etablierten Kriterien menschengerechter Arbeit eignen sich hier als Bewertungsmaßstab und es liegen bewährte Normen vor, die grundsätzlich die systematische Bearbeitung der verschiedenen Aspekte ermöglichen. Aspekte von Industrie 4.0-Arbeitssystemen wie neuartige Schnittstellen und Interaktionen, technische Flexibilität und Komplexität erfordern aber spezifische Erneuerungen und Erweiterungen in der Normung zur Ergonomie

5 RECHTLICHE HERAUSFORDERUNGEN⁶⁹

Die Industrie 4.0 stellt die Rechtswissenschaft und Rechtsanwendung vor neue Herausforderungen. Diese aktuelle industrielle Revolution basiert zentral auf Vernetzung, Kollaboration und Autonomisierung von Systemen. Neue Arten von Vertragsschlüssen, Vernetzung und Austausch von Daten, spezielle Fehlerquellen im kollaborativen Produktionsprozess, verändertes Erschaffen von Werken und ein anderes Arbeitsumfeld spielen im Rahmen dieser Entwicklung aus rechtlicher Perspektive die zentrale Rolle. Das ist zumindest insofern auch für die Normung relevant, als nicht nur das Recht den Rahmen vorgibt, in dem sich Normen und Standards bewegen (dürfen), sondern auch, weil Normen und Standards in das Recht zurückwirken und insofern diese rechtlichen Wirkungen bei ihrer Gestaltung berücksichtigt werden sollten. So wird etwa der Fahrlässigkeitsmaßstab im Zivilrecht, aber auch im Strafrecht, erheblich durch derartige außerrechtliche Regelungen geprägt.

Sowohl Vertragsgegenstände als auch die Bedingungen für die Verträge verändern sich. Produkte werden in Kollaboration hergestellt, Dienstleistungen über Plattformen angeboten beziehungsweise gesucht, Informationen in Clouds gespeichert, etc. Um die Verträge den Entwicklungen anpassen zu können, ist ein erhebliches Maß an Vertragsfreiheit erforderlich. Zugleich besteht in Deutschland auch B2B ein hoher Schutz durch Regelungen zur Begrenzung von AGB, insbesondere durch eine entsprechende Rechtsprechung. Das erscheint angesichts der neuen Entwicklungen problematisch und bedarf gesetzgeberischer und praktischer Änderung.

Verträge werden zudem nicht mehr nur von natürlichen oder juristischen Personen abgeschlossen; gelegentlich werden hierfür elektronische Agenten eingesetzt. Das lässt sich im bestehenden Recht jedoch zumindest derzeit abbilden; dabei ist aber zu berücksichtigen, dass diese Agenten jedenfalls zu selbständig agieren, um als bloße Werkzeuge der Parteien angesehen werden zu können. Zum Teil wird hier davon ausgegangen, es handle sich bei dem Einsatz selbständiger elektronischer Agenten um eine Art „Blanketterklärung“.

Auch im Rahmen von Industrie 4.0 werden nicht alle Produkte fehlerfrei hergestellt, nicht alle Verträge umfassend und ohne Pflichtverletzung erfüllt werden. Somit wird es auch weiterhin zu Haftungsfällen kommen, sowohl zivilrechtlicher als auch strafrechtlicher Art. Aufgrund der Kollaboration, Vernetzung und Autonomisierung werden jedoch eine angemessene Zurechnung sowie ein klarer Nachweis der Fehlerursache und somit das Auffinden eines Adressaten für die Haftungsansprüche erschwert. Das benachteiligt den Geschädigten, weshalb über neue Lösungsmöglichkeiten diskutiert wird, von Versicherungen über die garantierte Übernahme aller Schädigungen durch die entsprechenden Industriezweige bis hin zur Konstruktion einer „elektronischen Person“, die analog zur schon existierenden juristischen Person in Vertretung der beteiligten Parteien als Ansprechpartner dienen könnte. Das ändert jedoch nichts an der

71 Vgl. zu den Einzelaspekten im Detail die auch hier verwendete Publikation der AG Rechtliche Rahmenbedingungen (Plattform Industrie 4.0). <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Arbeitsgruppen/arbeitsgruppen.html;jsessionid=5D48A42783FAD0B374B3AD4E39BE1C91> und: www.plattform-i40.de/SiteGlobals/I40/Forms/Suche/Servicesuche_Formular.html?resourceId=132148&input_=130600&pageLocale=de&templateQueryString=Recht&sortOrder=score+desc&submit>Anfrage+senden. Weitere Publikationen folgen.

problematischen, da zwangsläufig auf ein Individuum bezogenen Frage der strafrechtlichen Haftung. Bezuglich der in beiden Rechtsgebieten relevanten Bestimmung der Fahrlässigkeit des jeweiligen Beitrags sind neue Probleme zu diskutieren, wie etwa die Notwendigkeit konkreter Vorhersehbarkeit der Schädigung oder die Reichweite des erlaubten Risikos. Insofern spielen nicht-staatliche Standards als erste Orientierung eine zentrale Rolle.

Im Rahmen der Vernetzung wird auch die IT-Sicherheit herausgefordert. Auch in diesem Kontext ist erforderlich, zum einen die Menschen vor IT-Systemen, zum anderen aber auch die Anlagen und Produkte vor unbefugtem Zugriff zu schützen. Es ist notwendig, die Funktionalität von IT-Systemen zu garantieren sowie Manipulationen auszuschließen, den Zugang zu beschränken und die Echtheit der Quelle sicherzustellen. Dies wird erschwert, denn im Kontext von Industrie 4.0 wird eine extrem große Menge Daten ausgetauscht, verschickt, an verschiedenen Stellen gespeichert, bearbeitet, etc. Dazu gehören voraussichtlich auch Informationen über Produktionsprozesse, Arbeitnehmer, Kunden, Endverbraucher, etc. Zum Teil handelt es sich um für die Unternehmen sensible Informationen, deren Veröffentlichung wettbewerbliche Probleme bergen könnte. Der Schutz von Knowhow ist in vielen Wirtschaftszweigen existentiell für die Konkurrenzfähigkeit von Unternehmen – insofern liegt aufgrund des entsprechenden Eigeninteresses der Handlungsauftrag primär bei den Unternehmen selbst.

Zum Teil geht es aber auch um persönliche Daten, etwa der Arbeitnehmer oder der Kunden, die von den Regeln des Datenschutzes erfasst werden – unter anderem der im Mai 2018 in Kraft tretenden Europäischen Datenschutzgrundverordnung. Diese Regelungen sind ebenfalls nicht vollständig in der Lage, die aktuellen Veränderungen beim Umgang mit Informationen und Daten im Rahmen von Industrie 4.0 einzufangen; auch hier ist langfristig der Gesetzgeber gefordert. Immer wieder wird beispielsweise diskutiert, wem „die Daten gehören“, ohne dass hierfür bisher zufriedenstellende Antworten gefunden werden konnten.

Doch gerade mit Blick auf die Kollaboration bei der Herstellung von Produkten geht es nicht nur um den Schutz von Informationen – ganz generell ist zu klären, wem welche Rechte an den Produkten zukommen. Zu diskutieren könnte etwa sein, wer im Rahmen einer kollaborativen Herstellung beziehungsweise einer Entwicklung auf einer Plattform überhaupt als Urheber eines Werks im Sinne des Urheberschutzes anzusehen ist. Auch, wer gegebenenfalls für Neuerungen ein Patent anmelden kann beziehungsweise für welche Neuerungen überhaupt das Patentrecht anzuwenden ist (vgl. hierzu etwa die Diskussion um Patente an Software). Auch insofern werden Anpassungen des bestehenden Rechts erforderlich sein; so ist etwa eine genaue Ausdifferenzierung der Urheberschaft oder ein spezifisches Teilen des Patents denkbar. Generell wird zu überlegen sein, ob auf Verkörperung gerichtete Patente in der klassischen Form noch zeitgemäß sind oder das Patentrecht grundlegend angepasst werden müsste.

Ein weiterer Rechtsbereich, der durch Industrie 4.0 herausgefordert wird, ist das Arbeitsrecht. Auch insofern werden vertragliche – aber auch gesetzliche und tarifliche – Neugestaltungen des Vertragsverhältnisses erforderlich werden. So werden sich Arbeitszeiten ändern, möglicherweise

erscheint angesichts einer verstärkten Digitalisierung bestimmter Arbeitsbereiche ohnehin eine Verkürzung von Arbeitszeiten und andere Gestaltung der Arbeitswelt erstrebenswert – diese inhaltliche Gestaltung kann aber nicht das Recht vornehmen, dieses müsste solchen Bedürfnissen gegebenenfalls nachfolgen. Auch werden über Plattformen und andere Formen der Interaktion klassische Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Verhältnisse wahrscheinlich zurückgehen, was langfristig eine Stärkung von Freien Mitarbeitern, Scheinselbständigen und auch Selbständigen erfordert. Der Begriff des „Beschäftigten“ wird in diesem Kontext neu zu definieren sein. Zunehmende Kollaboration und Vernetzung, auch zwischen Unternehmen, werden zudem veränderte Weisungsstrukturen mit sich bringen. Schließlich werden auch insofern die persönlichen Daten der Betroffenen besonderen Schutzes bedürfen.

KARTELLRECHT MIT HINWEIS

Die Entwicklung „Industrie 4.0“ stellt das Recht wie gezeigt vor zahlreiche Herausforderungen; diese sind nicht auf ein Rechtsgebiet beschränkt, so dass es für ihre Bewältigung die Zusammenarbeit von Rechtswissenschaftlern und Experten aus verschiedenen Bereichen bedarf. Viele klassische Regime – Vertragsgestaltung, Haftung, Weisungsverhältnisse, Datenschutz – sind auf individuelles Handeln, klare Zurechnung und eindeutige Zugehörigkeiten zugeschnitten. Diese Konzepte werden durch Vernetzung und Kollaboration verstärkt aufgelöst. Solange das Recht flexibel bleibt, durch entsprechende Auslegung angepasst und gesetzgeberische Aktivitäten erneuert wird, lassen sich diese Herausforderungen bewältigen.

6 WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Standardization Council Industrie 4.0

www.sci40.de

Plattform Industrie 4.0

www.plattform-i40.de

Labs Network Industrie 4.0

www.lni40.de

Normungsorganisationen

- DIN-Bereich Industrie 4.0
www.din.de/go/industrie4-0
- DKE-Bereich Industrie 4.0
www.dke.de/de/themen/industrie-4-0
- ISO
www.iso.org
- IEC
www.iec.org
- CEN-CENELEC
www.cencenelec.eu

Industrieverbände

- Bitkom-Bereich Industrie 4.0
www.bitkom.org/industrie40
- VDE-Bereich Industrie 4.0
www.vde.com/topics-de/industry
- VDI-GMA
www.vdi.de/industrie40
- VDMA- Bereich Industrie 4.0
www.industrie40.vdma.org
- ZVEI-Bereich Industrie 4.0
www.zvei.org/themen/industrie-40

Politik

- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/industrie-40.html
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung
www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie
- Europäische Kommission
ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digitising-european-industry
- G20
www.g20-insights.org

7 RELEVANTE NORMEN UND STANDARDS

Das Thema Industrie 4.0 berührt eine Vielzahl an Fachdisziplinen. Fachbereiche mit großer Relevanz zu Industrie 4.0 sind z.B. der Maschinenbau, die Automatisierungstechnik, die Bereiche Informations- und Kommunikationstechnik, Ergonomie, Sicherheitstechnik, Dienstleistung, Instandhaltung und Logistik. Um einen gremien- und organisationsübergreifenden Überblick existierender Normen und Standards zu geben, haben Experten verschiedener Fachdisziplinen ca. 700 internationale Normen und Standards identifiziert, die als sogenannte Vorzugsstandards bezeichnet werden. Diese Vorzugsstandards sollen insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen eine Hilfestellung bieten, die sich mit der Herausforderung konfrontiert sehen, relevante Normen und Standards zu identifizieren und diese korrekt anzuwenden.

Übersicht: Normen und Standards zu Industrie 4.0

www.din.de/go/industrie4-0

www.dke.de/Normen-Industrie40

8 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AAL	Ambient Assisted Living
acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
AK_STD	Arbeitskreis Standardisierung
B2B	Business-to-Business
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BZKI	Begleitforschung für zuverlässige Kommunikation in der Industrie
CDD	Common Data Dictionary
CEN	Comité Européen de Normalisation/European Committee for Standardization
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique/ European Committee for Electrotechnical Standardization
COTS	components-off-the-shelf
CPPS	Cyber Physical Production System
CPS	Cyber Physical System
DEI	Digitising European Industry
DG CONNECT	Directorate General CONNECT
DG GROW	Directorate General GROW
DG RTD	Directorate General Research and Innovation
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIN SPEC	DIN-Standard

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

DNS Deutsche Normungsstrategie

EBN Entwicklungsbegleitende Normung

EDDL Electronic Device Description Language

EN Europäische Norm

ERP Enterprise Resource Planning

ETSI European Telecommunications Standards Institute

EU Europäische Union

GL Grundlagen

GMA VDI/VDE Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik

GUI Graphic User Interface

HTTP Hypertext Transfer Protocol

IACS Industrial Automation and Control System

IEC International Electrotechnical Commission

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IKT Informations- und Kommunikationstechnologie

IML Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik

IOSB Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung

IPA Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung

IP45G Informationsplattform für 5G – Industrielles Internet

ISA International Sociological Association

ISO International Organization for Standardization

IT Informationstechnik

ITA Industry Technical Agreement

ITG	Informationstechnische Gesellschaft im VDE
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector
JIS	Joint Initiative on Standardization
JTC	Joint Technical Committee der IEC und ISO
JWG	Joint Working Group
KMU	Klein- und Mittelständische Unternehmen
LNI 4.0	Labs Network Industrie 4.0
M2M	Machine-2-machine
MOM	Manufacturing operations management
MRK	Mensch-Roboter-Kollaboration
NAMUR	Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie
DNS	Deutsche Normungsstrategie
OMG	Object Management Group
OPC UA	Open Platform Communications – Unified Architecture
OpenAAS	Open Asset Administration Shell
PAiCE	Platforms, Additive Manufacturing, Imaging, Communication, Engineering
PAS	Publicly Available Specification
PPP	Public Private Partnership
RAMI 4.0	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
RoboPORT	Crowd-Engineering-Plattform für Robotik
RM-SA	Referenzmodell-Systemarchitektur
ROSIN	Qualitätsgesicherte ROS-Industrial-Softwarekomponenten
SCI 4.0	Standardization Council Industrie 4.0
SDO	Standards Developing Organizations

SemAnz40	Semantische Allianz 4.0
SEG 7	Standardization Evaluation Group 7
SeRoNet	Service Roboter Netzwerk
SG	Strategiegruppe/Strategy Group
SMCC	Smart Manufacturing Coordinating Committee
SMB	Standardization Management Board (IEC)
SOA	Service-orientierte Architektur
SyC	System Committee
TACNET 4.0	Taktiles Internet – Konsortium
TC	Technical Committee
TCP	Transmission Control Protocol
TR	Technical Report
TS	Technical Specification
UK	Unterkomitee
UML	Unified Modelling Language
VDE	Verband der Elektrotechnik Eletronik Informationstechnik e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDI/VDE GMA	VDI/VDE Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
W3C	World Wide Web Consortium
WG	Working Group
XML	Extensible Markup Language
ZDKI	Zuverlässige drahtlose Kommunikation
ZVEI	ZVEI Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

9 AUTORENTTEAM

Dr. Lars Adolph, BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund

Ernst Ammon, Schaeffler AG, Herzogenaurach

Udo Bausch, Bosch Rexroth AG, Lohr am Main

Prof. Dr. Susanne Beck, Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität, Hannover

Dr. Heinz Bedenbender, VDI – Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf

Alexander Bentkus, Standardization Council Industrie 4.0, Frankfurt am Main

Meik Billmann, ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie. e. V.,
Frankfurt am Main

Dr. Andre Braunmandl, BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bonn

Prof. Dr. Lennart Brumby, Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim, Eppelheim

Dr. Mikko Börkircher, Metall NRW, Düsseldorf

Prof. Dr. Michael Clasen, Hochschule Hannover, Hannover

Jan de Meer, Smart Space Lab GmbH, Berlin

Prof. Dr. Christian Diedrich, ifak – Institut für Automation und Kommunikation e. V., Magdeburg

Dr. Dagmar Dirzus, VDI – Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf

Filiz Elmas, DIN – Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

Prof. Dr. Ulrich Epple, RWTH Aachen Lehrstuhl für Prozessleittechnik, Aachen

Guido Focke, thyssenkrupp AG, Essen

Marc Fliehe, Verband der TÜV e. V., Berlin

Dr. Norman Franchi, Technische Universität Dresden

Dr. Jochen Friedrich, IBM, Mannheim

Jessica Fritz, DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik im DIN und VDE, Frankfurt am Main

Dr. Jens Gayko, DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik im DIN und VDE,
Frankfurt am Main

Heinz-Uwe Gerhardt, Bosch, Ehingen

Marcel Graus, RWTH, Aachen

Jürgen Hagedorn, B.A.D Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH, Bonn

Anton Hauck, bayme vbm – Bayerische M+E Arbeitgeber, München

Roland Heidel, Kommunikationslösungen e.K., Kandel

Dr. Günter Hörcher, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart

Dr. Tim Jeske, ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V., Düsseldorf

Lutz Jännicke, Phoenix Contact GmbH & Co KG, Blomberg

Britta Kirchhoff, BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund

Dr. Wolfgang Klasen, Siemens AG, München

Eckehardt Klemm, Phoenix Contact GmbH & CO KG, Blomberg

Thomas Köpp, Südwestmetall – Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e.V., Stuttgart

Wolfgang Kötter, GITTA mbH

Dr. Christian Krug, VDI – Verein Deutscher Ingenieure Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

Yves Leboucher, Standardization Council Industrie 4.0, Frankfurt am Main

Dr. Michael Lemke, Huawei Technologies, Berlin

Dr. Ulrich Löwen, Siemens AG, Erlangen

Clemens Lutsch, Centigrade GmbH, Haar

Gisela Meister, Giesecke & Devrient GmbH, München

Jens Mehrfeld, BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bonn

Theo Metzger, Bundesnetzagentur, Mainz

Doris Meurer, UBA – Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Olga Meyer, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart

Dr. Stephan Middelkamp, HARTING AG & Co. KG, Espelkamp

Dr. Christian Mosch, VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.,
Frankfurt am Main

Prof. Dr. Kai Rannenberg, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Dr. Lutz Rauchhaupt, ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg

Dr. Georg Rehm, DFKI – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Berlin

Gunther Reischle-Schedler, IBM, Ehningen

Ingo Rolle, DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik im DIN und VDE, Frankfurt am Main

Stefan Sagert, VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.,
Frankfurt am Main

Johannes Schmidt, Institut für Angewandte Informatik e.V. (InfAI), Leipzig

Dr. Gerhard Steiger, Normenausschuss Maschinenbau im DIN, Frankfurt am Main

Patricia Stock, Refa Institut, Berlin

Alina Tausch, BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund

Detlef Tenhagen, HARTING AG & Co. KG, Espelkamp

Dr. Mathias Uslar, OFFIS – Institut für Informatik, Oldenburg

Wei Wei, IBM, Düsseldorf

Dr. Steffen Wischmann, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin

ANHANG

A1 Industrie 4.0-relevante Gremien und Konsortien weltweit

Nationale Gremien und Konsortien	Normen und Standards	
DIN/DKE	DIN SPEC 27070 Referenzarchitektur eines Security Gateways zum Austausch von Industriedaten und Diensten DIN SPEC 16593-1 RM-SA – Referenzmodell für Industrie 4.0 Servicearchitekturen – Teil 1: Grundkonzepte einer interaktionsbasierten Architektur	DIN SPEC 91345 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) DIN SPEC 16592 Kombinieren von OPC Unified Architecture und Automation Markup Language
VDI/VDE GMA	VDI/VDE 3682 VDI/VDE 3695 VDI 4499 VDI 5600	Formalized process description Engineering of facilities Digital Factory MES
Automation ML e. V.		Engineering data IEC 62714
eCl@ss e. V.	IEC 61987 IEC 62683	Sensors Switch Gears
ProSTEP e. V.		Mechanics STEP + APxxx
PLC Open e. V.		PLC Technologies IEC 61131
IEC	IEC 61360 IEC 61387 IEC 62683 IEC 62832 IEC 62443	Rules for Properties Sensors Prop. Switch Gears Prop. Digital Factory Security in Automation

Internationale Gremien und Konsortien Normen und Standards

ISO	ISO 15745-1 ISO 15926 ISO 10165 ISO 19439 ISO 29002-5 ISO 13849	Integration framework Life cycle data Management information Enterprise modelling Identification Functional safety
ISO/IEC JTC 1		Security/IoT ISO/IEC 2700x
IEC/ISO JWG 21		IEC/ISO Reference Model
CEN/CLC		EN Standards
IEEE		TSN 802.xx IoT Technologies
ITU-T		IoT Standardization Radio spectrum
ITU-R		
ETSI		EN-Standards SDR VNF/Radio/ 4G, 5G/Security/M2
Industrial Networks		Profile & Protocol Families IEC 61784 IEC 61158/IEC 61784 IEC 61800-7
OASIS		OpenDoc Technologies ISO/IEC 263007 Cloud-Technologies AMQP, MQTT
Object Management Group (OMG)		Programming Middleware UML/CORBA/OMA
3GPP		Mobile Networks (4G, 5G)
oneM2M		IoT technologies
OPC-Foundation		IEC 62541 Services OPC UA and Companions

IETF	Internet Technologies Protocols/Routing IETF RFC 3987
NIST	Calibration/Measurement Standards
Underwriters Laboratories	Certification/Safety Standards
W3C	Certification/Safety Standards

A2 Normungsaktivitäten Cybersicherheit

A2.1 Aktive Standardisierungsgremien

Die Entwicklung konsensbasierter Normen wird von den zuständigen Gremien langfristig und nachhaltig vorangetrieben. In Deutschland sind dies insbesondere DIN und DKE, in Europa CEN, CENELEC, ETSI sowie international ISO und IEC. Neben diesen mit Mandat bedachten Normungsgremien beteiligen sich weitere Gremien durch Ausarbeitung von Standards und Richtlinien am Vereinheitlichungsprozess für Industrie 4.0 und tragen zur Verbreitung der Informationen bei:

Organisation	Gremien-Bezeichnung	Gremientitel	Arbeitsgebiet
DIN	NA 043-01-27 AA	IT-Sicherheitsverfahren	Spiegelkomitee zu ISO/IEC JTC 1/SC 27 IT Security techniques
DIN	NA 043-01-17 AA	Karten und persönliche Identifikation	Spiegelkomitee zu ISO/IEC JTC 1/SC 17 Cards and security devices for personal identification
DIN	NA 043-01-37 AA	Biometrie	Spiegelkomitee zu ISO/IEC JTC 1/SC 37 Biometrics
DIN	NA 043-02-01 AA	Arbeitsausschuss Maßnahmen gegen Produktpiraterie	Spiegelkomitee zu ISO/TC 292
DKE	DKE/GK 914	Funktionale Sicherheit elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Systeme (E, E, PES) zum Schutz von Personen und Umwelt	Spiegelkomitee zu IEC/TC 65/SC 65A/WG 14 Energy Efficiency in Industrial Automation (EEIA)

DKE	UK 931.1	IT-Sicherheit in der Automatisierungs-technik	Spiegelkomitee zu IEC/TC 65/WG 10 Security for industrial process measurement and control – Network and system security
DKE	AK 952.0.15	DKE-ETG-ITG Informationssicherheit in der Netz- und Stationsleittechnik	Spiegelkomitee zu IEC/TC 57/WG 15 Data and communication security
DKE	AK 353.0.11	Backendkommunikation für Ladeinfrastruktur	Spiegelkomitee zu IEC/TC 69/JWG 11 Management of Electric Vehicles charging and discharging infrastructures und Spiegelkomitee zu IEC/TC 69/ WG 9 Electric vehicle charging roaming service
DKE	TBINK AK	IT-Security and Security by Design	Plattform zur Koordination diverser Normungsaktivitäten zum Thema „IT-Security & Funktionale Sicherheit“
DKE	UK 967.1	Elektro- und Leittechnik für kern-technische Anlagen	Spiegel zu IEC/SC 45A Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities
ISO/IEC	JTC 1/SC 27	IT Security Techniques	Generische IT-Sicherheit/Informationssicherheits-Managementsysteme
ISO/IEC	JTC 1/SC 17	Cards and security devices for personal identification	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identification and related documents, ■ Cards, ■ Security devices and tokens <p>and interface associated with their use in inter-industry applications and international interchange</p>
ISO/IEC	JTC 1/SC 37	Biometrics	Standardization of generic biometric technologies pertaining to human beings to support interoperability and data interchange among applications and systems
IEC	TC 65/WG 10	Industrial-process measurement, control and automation	Industrial communication networks – Security for industrial and control systems
ETSI	TC Cyber	Technical Committee (TC) Cyber Security ETSI	Develop and maintain the Standards, Specifications and other deliverables to support the development and implementation of Cyber Security standardization within ETSI
ISA	ISA 99	Industrial Automation and Control Systems Security	<p>IT-Sicherheit von industriellen Automatisierungssystemen</p> <p>Zuarbeit zu IEC/TC 65/WG 10</p>

ISO	TC 39/SC 10	Safety	Safety with regard to Machine tools
ISO	TC 292/WG 4	Authenticity, Integrity and Trust for Products and Documents	Prozesse und Verfahren gegen Produktpiraterie
ISO	ISO TMBG SMCC	Smart Manufacturing Coordination Committee	Koordination der Standardisierungsaktivitäten zu Smart Manufacturing

Tabelle. Derzeitige Normungslandschaft (Status quo in Bezug auf IT-Sicherheit)

A2.2 Aktuelle Dokumente

ISO/IEC 2700x

Die Norm ISO/IEC 27001 beschreibt die grundlegenden Anforderungen an das Management- system für Informationssicherheit (ISMS) einer Organisation. Weitere Standards aus der ISO/IEC 2700x-Reihe sind Ergänzungen der ISO/IEC 27001. In ISO/IEC 27006 werden beispielsweise Anforderungen an Stellen beschrieben, die ein ISMS auditieren beziehungsweise zertifizieren. Eine solche Zertifizierung von Unternehmen oder Organisationen eignet sich auf globaler Ebene zum Nachweis über die Einhaltung von IT-Sicherheit. Die Zielgruppe der Normenfamilie ist die Unternehmens-IT. Die Reihe der Standards wird kontinuierlich gepflegt und erweitert.

IEC 62443 Industrial communication networks – Security for industrial and control systems

Seit 2015 werden die europäischen Normen der Reihe EN 62443 und deutschen Normen der Reihe DIN EN 62443 (VDE 0802) herausgegeben. Eine wichtige Rolle bei der Beschreibung der Normungslandschaft wird die Normenreihe IEC 62443, wie bereits beschrieben, einnehmen. Inwiefern alle abzudeckenden Bereiche hierbei hinreichend abgedeckt sind, muss zukünftig im Detail noch erarbeitet werden.

Aus der Aufzählung von Normen, Standards und Richtlinien werden im Folgenden einige wichtige Vertreter näher erläutert.

Eine zentrale Rolle für die IT-Sicherheit im Bereich Industrie 4.0 wird die Normenreihe IEC 62443 „Security for Industrial Automation and Control Systems“ einnehmen. Diese wird von der IEC/TC 65 in enger Kooperation mit der ISA 99 („International Society of Automation“) spezifiziert und befasst sich mit der IT-Sicherheit in der Automatisierungstechnik auf prozessualer als auch auf funktionaler Ebene. Die Europäische Normungsorganisation CENELEC hat beschlossen, die Normen der Reihe IEC 62443 zur **IT-Sicherheit** in industriellen Automatisierungssystemen.

Die Normenreihe ist in vier Parts unterteilt.

Part 1 beschreibt einleitende und generelle Aspekte an die IT-Sicherheit in der Automatisierungstechnik.

- **IEC 62443-1-1** (veröffentlicht 2009 als Technical Specification): Part 1-1 führt eine Terminologie, allgemeine Security-Konzepte, Foundational Security Requirements und Security Level ein.
- IEC 62443-1-2 (in Arbeit): Part 1-2 beschreibt ein Abkürzungsverzeichnis und Glossary.
- IEC 62443-1-3 (Entwurf zurückgewiesen): Part 1-3 beschreibt prozessuale Schritte zur Definition und Anwendung von Metriken zur Bestimmung der Konformität zu Security-Anforderungen.
- IEC 62443-1-5 (in Arbeit): Part 1-5 beschreibt die Verwendung der IEC-Dokumente zur Bewertung des Schutzes von Anlagen in Betrieb durch sog. „Protection Levels“.

Part 2 beschreibt Security-Anforderungen an die Organisation und Prozesse des Betreibers.

- IEC 62443-2-1 (veröffentlicht 2010 als International Standard): Part 2-1 beschreibt Anforderungen zur Etablierung eines IT-Security Management-Rahmenwerks. Die Elemente betreffen Leitlinien, Vorgehensweisen, Umsetzungen in der Praxis und das Personal. Die Norm enthält weiterhin einen Leitfaden zur Entwicklung dieser Elemente.
- IEC 62443-2-2 (geplant): Part 2-2 soll ein Leitfaden zur Umsetzung eines IT-Security Management-Rahmenwerks beschreiben.
- IEC 62443-2-3 (veröffentlicht 2015 als Technical Report): Part 2-3 beschreibt Anforderungen an ein Patch Management sowohl für Hersteller als auch Nutzer industrieller Komponenten und Systeme einschließlich eines Austauschformats.
- **IEC 62443-2-4** (veröffentlicht 2015 und 2017 als International Standard): Part 2-4 beschreibt Anforderungen an Prozesse und Organisation für Integratoren und Service-Dienstleister für industrielle Automatisierungs- und Steuerungssysteme.

Part 3 beschreibt Anforderungen zur Etablierung eines sicheren industriellen Automatisierungs- und Steuerungssystems.

- **IEC 62443-3-1** (veröffentlicht 2009 als Technical Report): Part 3-1 beschreibt und bewertet existierende Sicherheitsmaßnahmen, -technologien und -tools im Kontext von IACS. Diese dienen beispielsweise zur Authentisierung und Autorisierung, zum Filtern, Sperren und zur Zugriffskontrolle, zur Verschlüsselung, zur Validierung von Daten, zur Auditierung, Monitoring und umfassen auch Betriebssysteme und physische Maßnahmen.
- IEC 62443-3-2 (in Arbeit): Part 3-2 beschreibt Anforderungen zur Umsetzung eines Zellenschutzkonzeptes auf Basis einer Bedrohungs- und Risikoanalyse.
- **IEC 62443-3-3** (veröffentlicht 2013 als international Standard): Part 3-3 beschreibt die Security-Anforderungen an ein System auf Basis der sieben Foundational Requirements in Bezug zu den vier definierten Security Levels.

Part 4 beschreibt Security-Anforderungen für industrielle Komponenten, die in einem sicheren industriellen Automatisierungs- und Steuerungssystem eingesetzt werden.

- **IEC 62443-4-1** (2017 als Final Draft International Standard): Part 4-1 beschreibt Anforderungen an einen sicheren Entwicklungsprozess für industrielle Komponenten. Es werden Anforderungen und Leitlinien für die Erhebung von Security-Anforderungen, ein sicheres Design, die sichere Implementierung, eine Validierung der Implementierung, Patch Management und Phase-out beschrieben.
- IEC 62443-4-2 (in Arbeit): Part 4-2 beschreibt die Security-Anforderung an industrielle Komponenten auf Basis der sieben Foundational Requirements in Bezug zu den vier definierten Security Levels.

VDI/VDE Richtlinie 2182

Die Richtlinie beschreibt Abhängigkeiten zwischen Herstellern von Automatisierungslösungen, Maschinenbauern und System-Integratoren sowie den Betreibern von Fertigungs- und Prozessanlagen. Diese Akteure sind im Industrie 4.0-Kontext Teil eines Wertschöpfungsnetzwerkes, das es unter den Gesichtspunkten der IT-Sicherheit zu bewerten gilt. Die Richtlinie verfolgt einen risikobasierten Ansatz, der die Automatisierungslösung zunächst als Betrachtungsgegenstand bezeichnet. Dieser Betrachtungsgegenstand ist im Fokus bei der Anwendung des Vorgehensmodells der VDI/VDE 2182. Der Betrachtungsgegenstand durchläuft verschiedene Lebenszyklusphasen (Herstellung, Integration, Betrieb). Hier muss beachtet werden, dass eine Lebenszyklusphase nicht zwangsläufig auf eine einzelne Organisation beschränkt ist. So ist allgemein bekannt, dass der Hersteller der Automatisierungslösung das Produkt nicht nur entwickelt, sondern auch fertigt. Somit schlüpft der Hersteller oft auch in die Rolle eines Betreibers. Im Rahmen von Industrie 4.0 können diese Lebenszyklusphasen durch eine Vielzahl von Organisationen abgebildet werden, die in Wertschöpfungsnetzwerken verbunden sind.

Die im Blatt 1 der Richtlinie definierte Methodik kann auf bereits existierende und auf in Entstehung befindliche Automatisierungslösungen angewendet werden. Das darin beschriebene Vorgehensmodell basiert auf einem prozessorientierten und zyklischen Ansatz. Das Modell besteht dabei aus mehreren Prozessschritten.

Der gesamte Prozess selbst muss zu bestimmten Zeiten (zeitlich und/oder ereignisgesteuert) durchlaufen werden, um die Informationssicherheit des Betrachtungsgegenstandes über dessen gesamten Produkt- beziehungsweise Anlagen-Lebenszyklus sicherzustellen.

Im Fokus im Rahmen der Risikoanalyse ist der Betrachtungsgegenstand, dessen spezifische beziehungsweise typische Einsatzumgebung im Rahmen einer Strukturanalyse zunächst definiert werden muss. Die Strukturanalyse bildet demnach die Grundlage für eine Abarbeitung der einzelnen Prozessschritte. Weitere Grundlage bildet die Definition der Anlässe, bei welchem Ereignis respektive nach welchen Zeitabschnitten der Prozess zu starten ist. Hiermit wird klar, dass der Prozess auf einem zyklischen, iterativen Modell beruht. Eine weitere essenzielle Grund-

lage bildet die Definition der Rollen, also derjenigen Personen, die in den jeweiligen Prozessschritten aktiv beteiligt sind und dabei eine bestimmte Aufgabe (unter anderem Verantwortlichkeit) übernehmen müssen.

Die Ergebnisse wie auch der Entscheidungsweg eines jeden Prozessschrittes müssen dokumentiert werden. Am Ende steht eine Prozessdokumentation zur Verfügung, die Nachvollziehbarkeit gewährleistet und letztlich Grundlage für eine Auditierung bildet.

Der beschriebene Prozess unterstützt den Anwender der Methodik bei der Bestimmung und Validierung einer angemessenen und wirtschaftlichen Sicherheitslösung für einen konkreten Betrachtungsgegenstand.

Die Richtlinie wird vom VDI/VDE-GMA Fachausschuss 5.22 betreut.

BSI IT-Grundschutz

Mit dem IT-Grundschutz stellt das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) eine umfangreiche Bibliothek von Standards zum Informationssicherheitsmanagement und ergänzender praxisnaher Dokumente zur Verfügung. Seit bereits 20 Jahren werden diese bereitgestellt und aktualisiert. Im Herbst 2017 wurden diese einer grundlegenden Modernisierung unterzogen. Dabei wurden Inhalte fokussiert und verschlankt sowie neue Themen und Aspekte aufgenommen. Die Dokumente richten sich an alle Unternehmensgrößen und sollen insbesondere auch kleine und mittelständische Unternehmen bei der Umsetzung unterstützen.

Insbesondere der Einstieg in das Sicherheitsmanagement soll vereinfacht werden.

Der IT-Grundschutz interpretiert die sehr allgemein gehaltenen Anforderungen der ISO-Standards der 2700x-Reihe und hilft den Anwendern in der Praxis bei der Umsetzung mit vielen Hinweisen, Hintergrundinformationen und Beispielen. Zudem ist der IT-Grundschutz kompatibel mit der ISO 2700x-Reihe, sodass eine Zertifizierung nach ISO 2700x auf Basis des IT-Grundschutz möglich ist. Ein weiterer Vorteil des BSI IT-Grundschutzes ist die freie Verfügbarkeit der Informationen im Internet. Alle Dokumente sind in Deutsch verfügbar.

Nachfolgend eine Übersicht der BSI-Standards zur Informationssicherheit:

- **200-1: Managementsysteme für Informationssicherheit (ISMS)**

Dieser BSI-Standard beschreibt die grundlegenden Anforderungen an ein ISMS. Darüber hinaus wird dargestellt, welche Komponenten es enthält und welche Aufgaben bewältigt werden müssen.

- **200-2: Vorgehensweise nach IT-Grundschutz**

Dieser BSI-Standard beschreibt die Vorgehensweise zur Umsetzung des IT-Grundschutzes. Hierbei steht neben der bekannten Vorgehensweise der Standardabsicherung noch die Basis- und die Kern-Absicherung zur Verfügung. Bei der Ersteren handelt es sich um eine

erste grundlegende Absicherung in der Breite. In der zweiten Vorgehensweise werden besonders schützenswerte Daten und Systeme betrachtet.

■ **200-3: Risikoanalyse auf der Basis von IT-Grundschutz**

Dieser BSI-Standard beschreibt das Vorgehen bei der im IT-Grundschutz vorgesehenen Risikoanalyse und das dazugehörige Risikomanagement.

■ **200-4: Notfallmanagement**

Der Standard zum Notfallmanagement zeigt einen systematischen Weg für den Aufbau, die Überprüfung und die Weiterentwicklung eines Notfallmanagements auf. Die zugrunde gelegten Konzepte sollen die Widerstandsfähigkeit der eigenen Institution erhöhen und die Kontinuität der Kerngeschäftsprozesse und Fachaufgaben bei Krisen und Notfällen sichern (vgl. BSI (Hrsg.) (2008d)).

Die bisherigen IT-Grundschutz-Kataloge wurden in das IT-Grundschutz-Kompendium überführt. In diesem sind die IT-Grundschutzbausteine zusammengefasst. Die Bausteine beschreiben die Gefährdungen und Sicherheitsanforderungen für ein Thema und liefern konkrete Empfehlungen zur Umsetzung. Für den Bereich der industriellen Automation gibt es zudem auch spezifische Bausteine, die auf die Besonderheiten im Bereich der industriellen Automation eingehen.

Namur-Arbeitsblatt NA 115 – „IT-Sicherheit für Systeme der Automatisierungstechnik: Randbedingungen für Maßnahmen beim Einsatz in der Prozessindustrie“

Bei der Veröffentlichung NAMUR (Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie) NA 115 (Namur-Arbeitsblatt) „IT-Sicherheit für Systeme der Automatisierungstechnik: Randbedingungen für Maßnahmen beim Einsatz in der Prozessindustrie“ aus dem Jahr 2006 handelt es sich um Erfahrungsberichte und Arbeitsunterlagen aus Sicht der Chemie- und Pharma industrie, die keinen Normencharakter haben. Deutlich dargestellt wird die Prioritätenreihe folge der Schutzziele für Prozess-IT: 1. Verfügbarkeit, 2. Integrität, gefolgt von Authentizität, Vertraulichkeit, Nichtabstreichbarkeit und Überprüfbarkeit. IT-Sicherheit ist in den letzten Jahren ein wichtiges Thema beim Einsatz von Systemen der Automatisierungstechnik geworden. Das hat seine Gründe zum einen in der gegenüber früher erweiterten Funktionalität der Systeme mit einer immer stärkeren Integration in die IT-Landschaft der Unternehmen, zum anderen hat es seine Ursachen in dem Übergang von proprietären Systemen zu Systemen, die auf Basis von Hardware und Betriebssystemen aus der Standard-IT aufgebaut sind.

Während die stärkere Integration der Systeme die Möglichkeiten für einen Angriff erhöht, ist die Verwendung von Standard-IT-Komponenten als Basis für die Systeme der Grund dafür, dass Angriffe zunehmend erfolgversprechend sind. Letztendlich sind die Systeme der Automatisierungstechnik heute den gleichen Bedrohungen ausgesetzt wie die klassischen IT-Systeme. Ziel dieses NAMUR-Arbeitsblattes ist es, aus Anwendersicht die Randbedingungen im Bereich Automatisierungstechnik für IT-Sicherheitsprodukte darzulegen. Das NAMUR-Arbeitsblatt richtet sich an Hersteller und Systemintegratoren. Es soll ihnen für die Anwendung von Maßnahmen beziehungsweise für das Design neuer Systeme die spezifischen Randbedingungen in der

Prozessindustrie vermitteln. Es richtet sich auch an Anwender, die die entsprechenden Kriterien bei Kaufentscheidungen berücksichtigen sollten. Thema des NAMUR-Arbeitsblattes sind sowohl Maßnahmen für heutige Systeme als auch die Entwicklung zukünftiger Systeme der Automatisierungstechnik unter dem Gesichtspunkt IT-Sicherheit.

Industrial Control System Security Compendium

Das im Jahre 2013 vom BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) herausgegebene Kompendium hat das Ziel, ein Grundlagenwerk zur IT-Sicherheit von Industrial Control Systems (ICS) zu schaffen. Das ICS-Kompendium soll als Basis für den Austausch an der Schnittstelle zwischen IT- und Cyber-Sicherheitsexperten auf der einen und Industriespezialisten auf der anderen Seite dienen und richtet sich demnach an beide Zielgruppen gleichermaßen. Der Inhalt wird sich neben ICS-Grundlagen mit einem Best-Practice Guide für Betreiber, mit der Methodik für Audits von ICS-Installationen, dem noch notwendigen Forschungs- und Entwicklungsaufwand auch mit dem Normen- und Standardumfeld beschäftigen. Hier sollte es von Seiten der Normung zukünftig darum gehen, das sektorspezifische Knowhow aus den internationalen Normungsgremien mit den Arbeiten des BSI zu synchronisieren, um ein Auseinanderlaufen der Aktivitäten auf nationaler und internationaler Ebene zu verhindern.

Im Jahr 2014 wurde vom BSI zusätzlich das „ICS Security Kompendium – Testempfehlungen und Anforderungen für Hersteller von Komponenten“ herausgegeben. Diese Ergänzung richtet sich an die Hersteller von ICS-Komponenten und stellt eine Hilfestellung zur Etablierung eines Security by Design-Ansatzes bei der Entwicklung von ICS-Komponenten durch Hinweise zu IT-Sicherheitstests und Maßnahmen zur Vermeidung von Schwachstellen zur Verfügung.

A3 Normungsaktivitäten Servicerobotik

WG 1 – Vocabulary and coordinate systems

Ziel ist die Erarbeitung von grundlegenden Terminologien und Definition von Robotik und autonomen Systemen. ISO 8373 wird dabei kontinuierlich aktualisiert, um neue Bereiche (wie die Medizinrobotik) zu erfassen. Daneben werden auch Terminologien (z. B. für Navigation und Wahrnehmung) für die mobile Robotik erarbeitet (ISO 19649).

Relevante Standards:

- ISO 8373 – Robots and robotic devices – Vocabulary (2012)
 - ISO 9787 – Robots and robotic devices – Coordinate systems and motion nomenclatures (2013)
 - ISO/CD 19649 – Robots and robotic devices – Vocabulary for mobile robots (2016)
-

WG 2 – Personal care robot safety

ISO 13482 bietet erste Sicherheitsstandards für persönliche Pflegeroboter. Dafür werden derzeit Leitfäden erarbeitet, die Herstellern dabei helfen sollen, diese Standards zu erfüllen und für ihre Produkte zu verifizieren.

Relevante Standards:

- ISO 13482 – Robots and robotic devices – Safety requirements for personal care robots (2014)
 - ISO/CD TR 23482-1 – Technical report: Validation criteria for personal care robots (committee draft)
 - ISO/CD TR 23482-2 – Application guide for ISO 13482 to be published as a technical report (committee draft)
-

WG 3 – Industrial safety

Zentral war die Erarbeitung von ISO/TS 15066, welche Obergrenzen für auftretende Kontaktkräfte und -drücke für potenzielle Kollisionen während der Mensch-Roboter-Kollaboration definiert. Anschließend sollen spezifische Sicherheitsbestimmungen für Be- und Entladeoperationen im Zusammenspiel von Mensch und Roboter sowie für roboter-ähnliche automatische Maschinen erarbeitet werden.

Relevante Standards:

- ISO 10218-1 – Robots and robotic devices – Safety requirements – Part 1: Robots
(published in 2011, periodic review started)
 - ISO 10218-2 – Robots and robotic devices – Safety requirements – Part 2: Robot systems and integration (published in 2011, periodic review started)
 - ISO TS 15066 – Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Collaborative operation (published in 2015)
 - ISO/NP TR 20218-1 – Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Industrial robot system end of arm tooling (end-effector) (in Vorbereitung)
 - ISO/DTR 20218-2 – Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 2: Industrial robot system manual load stations (committee draft)
-

WG 4 – Service robots

Die Arbeitsgruppe koordiniert in erster Linie die Standardisierungsbemühungen der anderen Arbeitsgruppen und arbeitet eng mit dem IEC zusammen⁷³. Dabei soll vor allem durch kontinuierliche Marktbeobachtungen der Bedarf an neuen Normen und Standards im Bereich der Servicerobotik analysiert werden. Daneben wurden und werden Standards für Testmethoden zur Messung der Performance von Servicerobotern erarbeitet (bspw. zur Fortbewegung oder Objekterkennung).

Relevante Standards:

- ISO 18646-1 – Robots and robotic devices – Performance criteria and related test methods for service robot – Part 1: Locomotion for wheeled robot (2016)
 - ISO/CD 18646-2 – Robots and robotic devices – Performance criteria and related test methods for service robot – Part 2: Navigation (committee draft)
 - ISO/NP 18646-3 – Robots and robotic devices – Performance criteria and related test methods for service robot – Part 3: Manipulation (new work item)
-

72 Das IEC veröffentlichte unter anderem den derzeitigen Standard für Staubsauger- und Rasenmäherroboter unter IEC 60335-2-2 und IEC 60335-2-107.

JWG 5 – Medical robot safety

Die gemeinsame Arbeitsgruppe von ISO und IEC erarbeitet Sicherheits- und Performance-standards für Chirurgieroboter sowie für Medizinroboter im Bereich Rehabilitation.

Relevante Standards:

- IEC/TR 60601-4-1 – Medical electrical equipment – Part 4.1: Guidance and interpretation – Medical electrical equipment and medical electrical systems employing a degree of autonomy (2017)
 - IEC/CD 80601-2-77 – Medical Electrical Equipment – Part 2-77: Particular requirements for the basic safety and essential performance of medical robots for surgery (committee draft)
 - IEC/CD 80601-2-78 – Medical Electrical Equipment – Part 2-78: Particular requirements for the basic safety and essential performance of medical robots for rehabilitation, compensation or alleviation of disease, injury or disability (committee draft)
-

WG 6 – Modularity

Die Arbeitsgruppe wurde erst 2014 neu gegründet und arbeitet an Standards, um die Wieder-verwendbarkeit von Hard- und Software sowie die Interoperabilität von Komponenten zu erhöhen.

Relevante Standards:

- ISO/AWI 22166-1 – Robotics – Part 1: Modularity for service robots – Part 1: General requirements
-

DIN e.V.

Am DIN-Platz · Burggrafenstraße 6
10787 Berlin · Telefon: +49 30 2601-0
E-Mail: presse@din.de
Internet: www.din.de

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Stresemannallee 15 · 60596 Frankfurt
Telefon: +49 69 6308-0 · Telefax: +49 69 08-9863
E-Mail: standardisierung@vde.com
Internet: www.dke.de