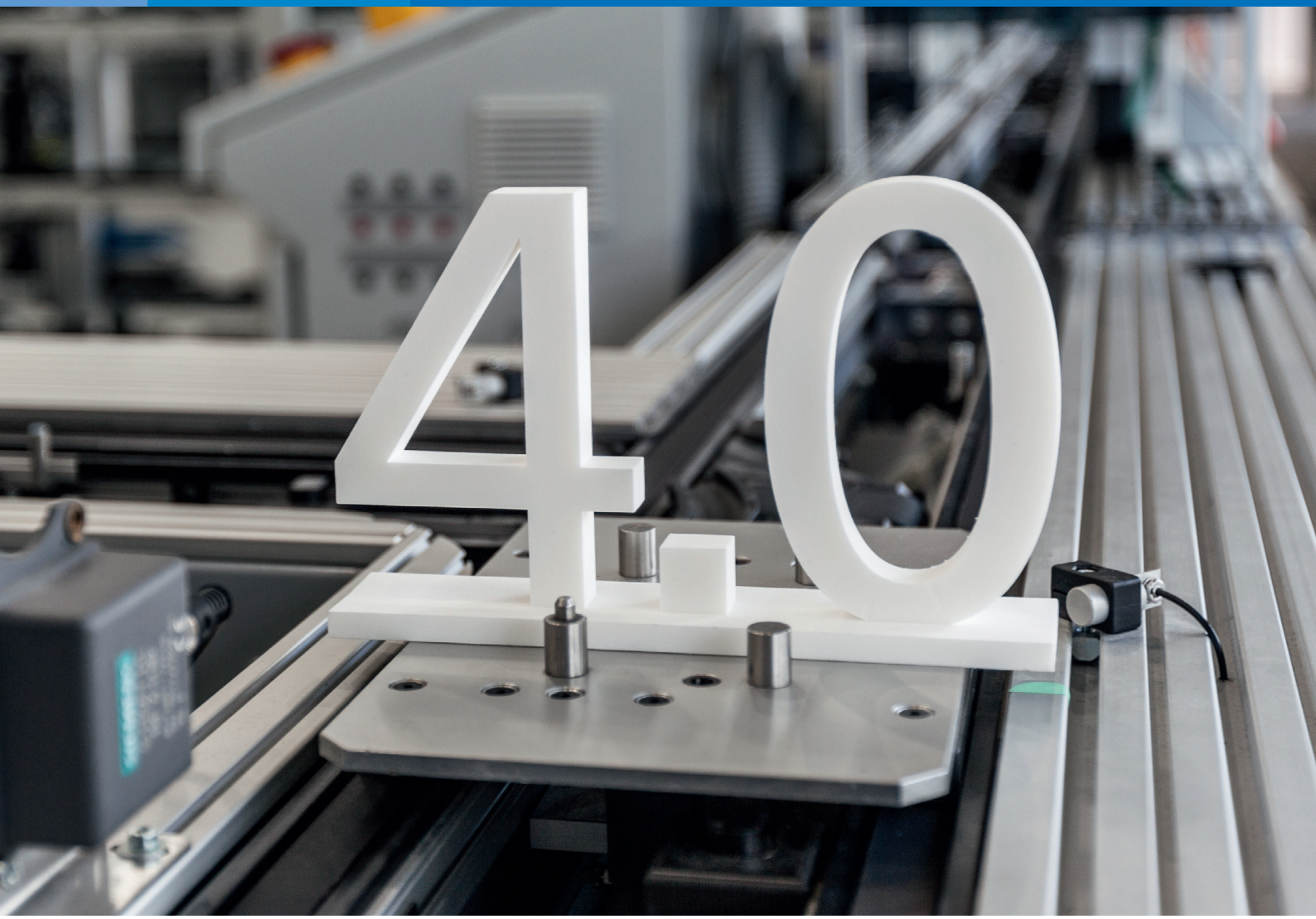
DIN/DKE – Roadmap

DEUTSCHE NORMUNGS-ROADMAP

Industrie 4.0

Version 2



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 im 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: Oktober 2015

Fotonachweis Titelbild: Fraunhofer IPA

1 Executive Summary/Zusammenfassung . . . 7

2 Einleitung . . . 8
2.1 Zukunftsprojekt Industrie 4.0 . . . 8
2.2 Ziele von Industrie 4.0 . . . 8
2.3 System von Systemen – Herausforderungen für Technologien und Normung . . . 9
2.4 Umsetzungsaspekte . . . 9
2.5 Normung und Standardisierung als Innovationstreiber . . . 11
2.6 Der Weg zu Normen und Standards . . . 13
2.7 Entwicklungsbegleitende Normung . . . 15

3 Ziele der Normungs-Roadmap Industrie 4.0 . . . 20

4 Das aktuelle Umfeld . . . 21
4.1 Zusammenarbeit der Normungs- und Standardisierungsgremien . . . 21
4.1.1 DIN/DKE-Steuerkreis Industrie 4.0 . . . 21
4.1.2 Plattform Industrie 4.0 . . . 22
4.1.3 Zusammenarbeit auf internationaler Ebene . . . 22
4.2 Normung und Standardisierung in der Automatisierungstechnik . . . 24
4.3 Normung und Standardisierung in der Informationstechnik . . . 26
4.4 Frequenzspektren für Funkkommunikation . . . 28

5 Themenbereiche und Normungsbedarf . . . 31
5.1 Normungsbedarf zu Industrie 4.0 . . . 31
5.2 Referenzmodelle . . . 32
5.2.1 Referenzmodelle allgemein . . . 32
5.2.1.1 Beschreibung und Nutzen von Referenzmodellen . . . 32
5.2.1.2 Empfehlung: Beschreibung der Referenzmodelle in eigenen Normen . . . 33
5.2.1.3 Empfehlung: Einheitlicher Aufbau der Beschreibung von Referenzmodellen . . . 33
5.2.1.4 Empfehlung: Breitflächige Nutzung . . . 33

5.2.2 Systemarchitektur . . . 33
5.2.2.1 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) . . . 33
5.2.2.2 Empfehlung: Einordnung von bestehenden Normen und Standards sowie von Normungsaktivitäten in das Übersichtsmodell RAMI4.0 . . . 34
5.2.2.3 Empfehlung: Erstellung einer Liste bestehender Modelle, Einordnung bestehender Modelle in das Übersichtsmodell RAMI4.0 . . . 35
5.2.2.4 Empfehlung: Einordnung neuer Modelle in das Übersichtsmodell RAMI4.0 . . . 35
5.2.2.5 Empfehlung: Merkmale, Semantik, Ontologien . . . 36
5.2.3 Referenzmodelle der leittechnischen Funktionen . . . 37
5.2.3.1 Ausgangssituation . . . 37
5.2.3.2 Anwendungsbereiche . . . 37
5.2.3.3 Empfehlung: Einheitliche Funktionalität über alle Ebenen der Automatisierung . . . 38
5.2.4 Referenzmodelle der technisch-organisatorischen Prozesse . . . 38
5.2.4.1 Ausgangssituation . . . 38
5.2.4.2 Anwendungsbereiche . . . 39
5.2.4.3 Empfehlung: Entwicklung eines Rahmens zur einheitlichen Beschreibung von technisch-organisatorischen Prozessen . . . 39
5.2.4.4 Empfehlung: Erstellung von Normen zu technisch-organisatorischen Prozessen . . . 39
5.2.5 Referenzmodelle für Lebenszyklus-Prozesse . . . 39
5.2.5.1 Ausgangssituation . . . 39
5.2.5.2 Empfehlung: Beschreibung von Lebenszyklus-Vorgängen in flexiblen, adaptiven Systemen . . . 40
5.3 Use Cases . . . 40
5.3.1 Ausgangssituation . . . 40
5.3.2 Empfehlung: Einheitliches Beschreibungsmuster . . . 42
5.3.3 Empfehlung: Referenzliste von wichtigen Use Cases zur Charakterisierung des Begriffs „Industrie 4.0“ . . . 42
5.3.4 Empfehlung: Use Cases zur Verdeutlichung des Normungsbedarfs im Bereich der nichtfunktionalen Eigenschaften . . . 42
5.4 Grundlagen . . . 43
5.4.1 Ausgangssituation . . . 43
5.4.2 Empfehlung: Begriffe . . . 43

5.4.3 Empfehlung: Begriffe der Automatisierungstechnik und der IT in Beziehung setzen . . . 44
5.4.4 Empfehlung: Kernmodelle beschreiben . . . 44
5.4.5 Empfehlung: Spezifikation der in Normen zu verwendenden Modellierungssprachen . . . 45
5.5 Nichtfunktionale Eigenschaften . . . 45
5.5.1 Ausgangssituation . . . 45
5.5.2 Empfehlung: Terminologie der nichtfunktionalen Eigenschaften definieren . . . 46
5.5.3 Empfehlung: Klare Adressierung der nichtfunktionalen Eigenschaften in Normen . . . 46
5.5.4 Empfehlung: Sicherheit (Safety) . . . 47
5.5.5 Empfehlung: Security und IT-Security (IT-Sicherheit) . . . 47
5.5.6 Empfehlung: Informationssicherheit . . . 48
5.5.7 Empfehlung: Zuverlässigkeit, Robustheit . . . 48
5.5.8 Empfehlung: Instandhaltbarkeit (Maintainability) . . . 49
5.5.9 Empfehlung: Echtzeit: Festlegung der Konzepte und Begrifflichkeiten in einer Norm . . . 50
5.5.10 Empfehlung: Interoperabilität zwischen Systemen . . . 50
5.6 Entwicklung und Engineering . . . 50
5.6.1 Ausgangssituation . . . 50
5.6.2 Anwendungsbereiche . . . 51
5.6.3 Empfehlung: Transparente und nahtlose Datenbasis und Entwicklungswerkzeuge für den gesamten Produktlebenszyklus . . . 51
5.6.4 Empfehlung: Frühzeitige Unterstützung von qualifizierten IT-Entwicklungen durch Normung und Standardisierung in der Automatisierung . . . 52
5.6.5 Empfehlung: Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei kooperierenden Systemen . . . 52
5.6.6 Empfehlung: Industrielles Lokationsmanagement . . . 52
5.7 Kommunikation . . . 53
5.7.1 Ausgangssituation leitungsgebundene Kommunikation . . . 53
5.7.2 Ausgangssituation funkbasierte Kommunikation . . . 53
5.7.3 Empfehlung: Netzwerkmanagement . . . 54
5.7.4 Empfehlung: Infrastrukturkomponenten . . . 54
5.7.5 Empfehlung: Topologie . . . 55
5.7.6 Empfehlung: EMV . . . 55

5.7.7 Empfehlung: Arbeiten zur Erlangung von exklusiven Spektren für die Industrieautomation . . . 55
5.7.8 Empfehlung: Koexistenz von Funkanwendungen . . . 56
5.7.9 Empfehlung: Funktechnologien . . . 57
5.7.10 Empfehlung: Integration von Funkkommunikation . . . 57
5.8 Additive Fertigung . . . 58
5.9 Der Mensch in der Industrie 4.0 . . . 59
5.9.1 Ausgangssituation . . . 59
5.9.2 Empfehlung: Normen und Standards zur menschengerechten Arbeitsgestaltung für die Industrie 4.0 weiterentwickeln . . . 62
5.9.3 Empfehlung: Technikgestaltung – Adaptive Gestaltung von Arbeitssystemen der Industrie 4.0 . . . 62
5.9.4 Empfehlung: Konzepte für eine funktionale Arbeitsteilung Mensch – Maschine . . . 63
5.9.5 Empfehlung: Gestaltung der Interaktion zwischen Menschen und technischen Systemen . . . 63
5.9.6 Empfehlung: Instandhaltung . . . 65
5.10 Normungsprozesse . . . 66
5.10.1 Ausgangssituation . . . 66
5.10.2 Empfehlung: Open-Source-Entwicklung . . . 67
5.10.3 Empfehlung: Modularisierung der Festlegungen . . . 67
5.10.4 Empfehlung: Formalisierung der Festlegungen . . . 67
5.10.5 Empfehlung: Kategorisierung der Normen . . . 68
5.10.6 Empfehlung: Explizite Normung der Kernmodelle . . . 68
5.10.7 Empfehlung: Formal korrekte und vollständige Beschreibung der Referenzmodelle . . . 68
5.10.8 Empfehlung: Getrennte Beschreibung der konzeptionellen und technologischen Festlegungen . . . 68
5.10.9 Empfehlung: Austausch von Dokumenten . . . 69
5.10.10 Empfehlung: Qualifizierung, Lehrinhalte, Aus- und Weiterbildung zur Anwendung der Normen . . . 69
6 Weiterführende Informationen . . . 71
7 Relevante Normen und Standards . . . 72
8 Abkürzungsverzeichnis . . . 73
9 Autorenteam . . . 77

1 EXECUTIVE SUMMARY/ ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Digitalisierung der industriellen Produktion müssen unterschiedlichste Systeme verschiedener Hersteller verlässlich und effizient zusammenwirken. Die global agierenden Anwender erwarten, dass sie überall auf der Welt auf ihre gewohnten Produkte und Lösungen zurückgreifen können. Um diese globale Einsatzfähigkeit und die systemübergreifende Durchgängigkeit sicherzustellen, wurde in der industriellen Automation die internationale Normung immer als sehr wichtig angesehen und nachhaltig vorangetrieben. Heute sind für wichtige Themenstellungen in der industriellen Automation Normen vorhanden oder befinden sich in der Entstehung. Durch neue Technologien und neue Anforderungen entsteht jedoch immer wieder neuer Normungsbedarf. Die Zukunftsinitiative Industrie 4.0 hat zum Ziel, die Potenziale, die sich aus

- der massiven Nutzung des Internets,
- der Integration von technischen Prozessen und Geschäftsprozessen,
- der digitalen Abbildung und Virtualisierung der realen Welt und
- der Möglichkeit „intelligenter“ Produkte und Produktionsmittel

ergeben, offensiv zu nutzen. Dazu wird die Entwicklung einer Vielzahl von neuen Konzepten und Technologien erforderlich. Die Umsetzung dieser neuen Konzepte und Technologien in die industrielle Praxis kann jedoch nur gelingen, wenn sie durch konsensbasierte Normen und Standards abgesichert wird, da nur diese die notwendige Investitionssicherheit und das Vertrauen bei Herstellern und Anwendern schaffen. Um frühzeitig die Normungsthematik aufzugreifen, wurde der DIN/DKE-Steuerkreis Industrie 4.0 gegründet. Die wesentliche Aufgabe des Steuerkreises ist es, das Thema Industrie 4.0 aus Sicht der Normung strategisch, konzeptionell und organisatorisch weiterzuentwickeln. Der Steuerkreis identifiziert konkrete Normungsbedarfe, koordiniert deren Umsetzung und treibt grundsätzliche Konzepte voran.

Zur Weiterentwicklung und Fortschreibung der ersten Version der Normungs-Roadmap zu Industrie 4.0 wurde der Arbeitskreis „Normungs-Roadmap“ unter dem DIN/DKE-Steuerkreis eingerichtet. Die vorliegende Normungs-Roadmap ist das zentrale Kommunikationsmedium des DIN/DKE-Steuerkreises zum Austausch mit Normungsgremien, Industrie, Verbänden, Forschungseinrichtungen und Ministerien. Sie ist Wegweiser für Akteure aus verschiedenen technologischen Sektoren und unterstützt damit bereits forschungs- und entwicklungsbegleitend die Marktakzeptanz der neuen Technologien und Verfahren.

Ziel der vorliegenden Normungs-Roadmap ist es, allen Akteuren eine Übersicht über die relevanten Normen und Standards im Bereich von Industrie 4.0 zu geben sowie das aktuelle Umfeld in der Normung und Standardisierung aufzuzeigen. Darüber hinaus enthält sie Handlungsempfehlungen und skizziert die Normungsbedarfe in den Themenbereichen der Industrie 4.0.

Die Normungs-Roadmap ist ein Medium der Kommunikation zwischen allen Akteuren, Kommentare und Ergänzungen sind gerne erwünscht.

2 EINLEITUNG

2.1 Zukunftsprojekt Industrie 4.0

„Deutschland ist einer der konkurrenzfähigsten Industriestandorte und gleichzeitig führender Fabrikausrüster weltweit. Das liegt nicht zuletzt an der Spezialisierung auf die Erforschung, Entwicklung und Fertigung innovativer Produktionstechnologien und der Fähigkeit, komplexe industrielle Prozesse zu steuern.“ Diese einleitenden Sätze aus den Umsetzungsempfehlungen des von der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft gebildeten Arbeitskreises „Industrie 4.0“ kennzeichnen treffend die Wichtigkeit dieses Industriebereichs für die Bundesrepublik. Sie gelten gleichermaßen für viele andere Industrieregionen in Europa. Auch die Spitzenqualität der produzierenden Industrie fußt wesentlich auf hochwertiger Produktionstechnologie. Es ist notwendig, diese Stellung im internationalen Wettbewerb zu verteidigen und auszubauen.

Das von der Bundesregierung vorgestellte Zukunftsprojekt Industrie 4.0 soll der Wichtigkeit der Produktionstechnik und der sie unterstützenden IKT-Branche Rechnung tragen. Die Bundesministerien für Bildung und Forschung (BMBF) und für Wirtschaft und Technologie (BMWi) koordinieren dazu ihre Förderaktivitäten. Begleitet werden diese durch die Plattform Industrie 4.0, deren Leitung zu Beginn des Jahres 2015 durch das BMWi und BMBF übernommen wurde. Damit wurden die Arbeiten der Verbändeplattform Industrie 4.0 des VDMA, ZVEI und BITKOM an die Plattform Industrie 4.0 übertragen und das Thema auf eine breitere politische und gesellschaftliche Basis gestellt.

Aus Sicht der Produktionstechnik, also der Anwender der neuen Technologien, ist noch keineswegs gesichert, ob es sich um eine weitere Revolution oder doch eher um eine Evolution der bestehenden Konzepte handeln wird. Von allen anerkannt ist jedoch die Notwendigkeit der Einführung der neuen Technologien und entsprechender neuer Konzepte, um die zunehmende Komplexität und Granularität bei steigenden Qualitäts- und Flexibilitätsanforderungen im Umfeld volatiler Märkte beherrschen zu können.

2.2 Ziele von Industrie 4.0

Das grundlegende Ziel ist die Nutzbarmachung der in den Informations- und Kommunikationstechnologien erreichten und in der nahen Zukunft zu erwartenden Fortschritte für die produktionstechnischen Unternehmen.

Daher muss deren zunehmende und konsequente Einbettung in die Produktionssysteme vorbereitet werden – und zwar in immer kleineren Teilsystemen und Komponenten. Mechatronische Systeme werden zu Cyber-Physical Systems (CPS) durch zusätzliche Kommunikationsfähigkeit und (Teil-)Autonomie im Verhalten auf äußere Einwirkungen und intern gespeicherte Vorgaben. Daraus abgeleitete Ziele sind die Anpassungsentwicklungen der IKT für Produktionsanwendungen: Robustheit, Ausfallsicherheit, Informationssicherheit, Echtzeitfähigkeit.

Weiterhin gilt es, die zunehmende Verbesserung von Energie- und Ressourceneffizienz sowie die Anpassung der Industrie an die sozialen Anforderungen durch den demografischen Wandel zu erreichen.

2.3 System von Systemen – Herausforderungen für Technologien und Normung

Mit Industrie 4.0 wird eine neue emergente Struktur beschrieben, in der Produktions- und Logistiksysteme als CPPS (Cyber-Physical Production Systems) das weltweit verfügbare Informations- und Kommunikationsnetzwerk intensiv für einen weitgehend automatisierten Informationsaustausch nutzen und in der Produktions- und Geschäftsprozesse aufeinander abgestimmt sind. In einem so weit gespannten Umfeld spielen für diese Struktur eine Vielzahl von Modellen, Systemen und Konzepten aus den unterschiedlichsten Domänen eine wichtige Rolle. Sie sind jedoch nicht der Kern des Industrie-4.0-Konzepts selbst. Industrie 4.0 kann auf der Grundlage der bestehenden Strukturen als eine zusätzliche Integrationsebene angesehen werden, die jedoch gerade die Grundlage für die neue emergente Struktur ist und damit die neue Qualität schafft. Zudem wird mit Industrie 4.0 eine zunehmende Vernetzung bisher weitgehend autarker Systeme, z. B. aus den Bereichen Produktion, Logistik, Energieversorgung[1] oder Gebäudemanagement, erwartet. Es entsteht ein System von Systemen.

Für die Begriffsbildung und Normung ergibt sich hier eine besondere Schwierigkeit. Eigentlich genügt es, ausschließlich die zusätzliche Integrationsebene und ihr emergentes Verhalten zu beschreiben. Dazu muss als Grundlage jedoch die bestehende Systemlandschaft in sich schlüssig, vollständig und weltweit genormt beschrieben sein. Dies ist nicht durchgehend der Fall. Vor diesem Hintergrund müssen ergänzend zu Industrie 4.0 die relevanten Modelle der klassischen Architektur integriert und abgerundet werden.

2.4 Umsetzungsaspekte

Die in den Produktionsprozessen bearbeiteten Halbzeuge und Produktteile sollen „künstliche Intelligenz“, zumindest aber Informationen über sich einschließlich geeigneter Kommunikationsmöglichkeiten haben, werden also selbst CPS sein. Diese „intelligenten Produkte“ werden in den Gesamtprozess eingebunden und sollen im Extremfall nicht nur ihren Logistikweg durch die Produktion, sondern den ganzen, sie betreffenden Produktionsablauf steuern.

Der Dezentralisierung der digital hinterlegten Informationen wird konsequenterweise eine Dezentralisierung der Steuerung folgen. Die heutige Bit-für-Bit-Programmierung wird bei der

1 Z. B. IEC/TC 65/WG 17 „System interface between industrial facilities and the smart grid”.

weiteren Komplexitätszunahme nicht mehr realisierbar sein. Aktuelle Produktionssysteme stoßen schon an die Grenzen der Programmierbarkeit. Die Berücksichtigung der in steigender Zahl und Auflösung verfügbaren Sensorinformationen und die sichere Echtzeit-Koordination vieler Aktoren kann nicht mehr in allen Funktionsabläufen getestet werden. Mit Simulationen kann die Vielfalt der Tests weiter erhöht werden, aber die absolute Kontrolle musste bereits aufgegeben werden. Programmierung wird zukünftig durch ein System von Regeln ersetzt werden, dem die Teilsysteme innerhalb der ihnen vorgegebenen Grenzen und der von den anderen Teilsystemen gemeldeten aktuellen Situationen flexibel folgen werden.

Als weiterer sehr wichtiger Aspekt ist zu berücksichtigen, dass nicht wie in den frühen Konzepten der Automatisierung der Mensch aus den Produktionszusammenhängen „hinausoptimiert" wird, sondern im Gegenteil eine immer wichtigere Rolle erhält: Die CPPS versorgen ihn mit verdichteten, aus den komplexen Zusammenhängen geeignet abgeleiteten und personalisiert vermittelten Informationen als Grundlage für seine Einflussnahme auf die Prozesse. So entsteht nicht nur eine neue Form der Kooperation von Maschinen und Maschinenteilen untereinander, sondern auch der Maschinen mit den Menschen.

Aber nicht nur in der Fabrik, auch in den Wertschöpfungsnetzwerken werden die CPS und CPPS zu einer Autonomisierung der Teilprozesse beitragen. Dies unterstützt sowohl die kurzfristige Flexibilität wie auch die mittelfristige Wandelbarkeit in der Reaktion auf die immer kürzer und heftiger werdenden äußeren Einflüsse und verbessert damit die Resilienz der Produktion.

Die Realisierung von Industrie 4.0 erfolgt gemäß den Umsetzungsempfehlungen[2] des Arbeitskreises „Industrie 4.0" der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft mit einer dualen Strategie: Vorhandene Basistechnologien und Erfahrungen sollen auf die Besonderheiten der Produktionstechnik angepasst und Lösungen für neue Standorte und neue Märkte erforscht und entwickelt werden. Es soll dabei auf drei Merkmale fokussiert werden:

- Horizontale Integration: echtzeitoptimierte Ad-hoc-Wertschöpfungsnetzwerke
- Vertikale Integration: Geschäftsprozesse und technische Prozesse
- Durchgängigkeit des Engineerings über den gesamten Lebenszyklus

Aufgrund der mittlerweile hohen Anzahl informationstechnischer Lösungen hat sich als wesentliches Problem in vielen Branchen ein immer höherer, oft wirtschaftlich nur schwer zu vertretender Aufwand bei Wartung, Pflege, Änderungen und Neuimplementierungen ergeben. Werkzeuge mit den unterschiedlichsten Datenmodellen, unzähligen Schnittstellenprotokollen und Versionen führen zwangsläufig zu schwindender Transparenz und damit zu immer größeren Problemen bei der Stabilität der Gesamtsysteme. Die Lösung kann allerdings nicht darin bestehen, ein weltübergreifendes einheitliches Datenmodell oder vereinheitlichte Schnittstellen zu verordnen. Es muss eine Lösung entwickelt werden, die einerseits größtmöglichen Entwicklungsspielraum gewährt und andererseits die geschilderten Probleme verringert. Ein erfolgversprechendes

2 Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0, April 2015.

Konzept hierfür ist die service-orientierte Architektur, in der die geschilderte regelbasierte und situationsgesteuerte Kooperation von Maschinen und Menschen organisiert ist.

2.5 Normung und Standardisierung als Innovationstreiber

Normen und Standards schaffen eine sichere Grundlage für die technische Beschaffung, stellen die Interoperabilität im Anwendungsfall sicher, schützen Umwelt, Anlagen und Verbraucher durch einheitliche Sicherheitsnormen, sind eine zukunftssichere Grundlage für die Produktentwicklung und unterstützen die Kommunikation unter allen Beteiligten durch einheitliche Begriffe und Konzepte.

Für das Gelingen des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 ist die Normung und Standardisierung von zentraler Bedeutung. Industrie 4.0 erfordert eine nie dagewesene Integration der Systeme über Domänengrenzen, Hierarchiegrenzen und Lebenszyklusphasen hinweg. Dies ist nur auf der Grundlage von konsensbasierten Normen und Standards möglich. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und der Normung und Standardisierung ist erforderlich, um die notwendigen Voraussetzungen für eine durchgreifende Innovation zu schaffen: methodische Fundierung und Funktionalität, Stabilität und Investitionssicherheit, Praxistauglichkeit und Marktrelevanz.

Die Normungsarbeit ist eine Gemeinschaftsaufgabe, die in Selbstverwaltung von den interessierten Kreisen (Anwender, Arbeitsschutz, Gewerkschaften, öffentliche Hand, regelsetzende Institutionen, sonstige Nicht-Regierungsorganisationen, Umweltschutz, Verbraucherschutz, Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung), deren Experten und den Mitarbeitern von DIN und DKE erfüllt wird. Die Anwendung von Normen ist freiwillig; es sei denn, sie werden in Gesetzesbezug genommen.

Ausgangspunkt ist ein Bedarf aus den Reihen der interessierten Kreise. Dabei steht es den interessierten Kreisen frei, sich an der Erarbeitung zu beteiligen bzw. in der Umfragephase ihre Stellungnahme abzugeben. Daher stehen Entwürfe von Normen frei zugänglich zur Verfügung.

Normen und Standards werden einhergehend mit dem zunehmenden weltweiten Handel vorrangig international oder europäisch erarbeitet. Dafür wurden diverse Verträge zwischen den Normungsorganisationen der verschiedenen Ebenen abgeschlossen. Bei neuen Themen wird geprüft, ob der Normungsgegenstand für die europäische oder internationale Normung in Betracht kommt.

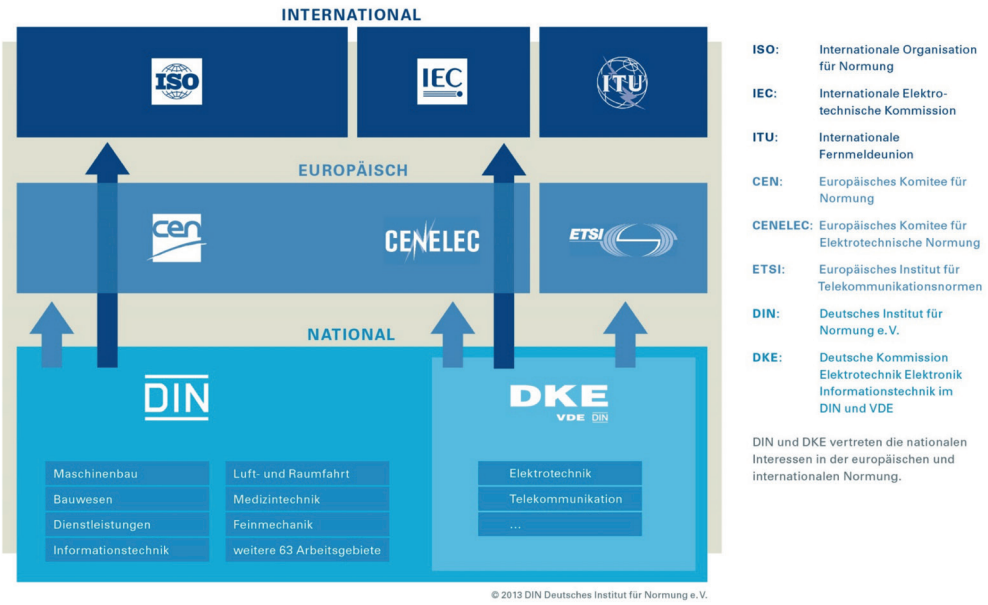
Normung ist ein konsensbasierter Prozess, bei dem ein allgemein anerkanntes Dokument erarbeitet wird, welches Festlegungen für allgemeine und wiederkehrende Anwendungen enthält. Die verschiedenen Dokumente, die bei DIN und DKE erstellt werden, lassen sich nach dem Grad des Konsens unterscheiden. Eine Norm (DIN, DIN EN, DIN EN ISO, DIN ISO, DIN EN IEC) wird

nach dem Konsensprinzip unter Einbeziehung aller interessierten Kreise erarbeitet. Dahingegen ist bei einem Standard (DIN SPEC, CWA, PAS, VDE-Anwendungsregel) ein Konsens und die Beteiligung aller interessierten Kreise nicht zwingend erforderlich. Eine DIN SPEC oder VDE-Anwendungsregel kann daher innerhalb weniger Monate unkompliziert in kleinen Arbeitsgruppen erarbeitet werden. Sie fördert den Austausch mit anderen Marktteilnehmern und stellt sicher, dass keine Kollision mit bestehenden Normen auftritt.

Die Entwicklung eines normativen Dokuments erfolgt in Arbeitsausschüssen, die jeweils für die Bearbeitung definierter Normungsprojekte verantwortlich sind. Innerhalb des Arbeitsausschusses wird ein Norm-Entwurf erstellt, der für zwei Monate (bei DIN-Normen bis zu vier Monate) online im Normen-Entwurfsportal[3] oder als Norm-Entwurf beim Beuth Verlag[4] erhältlich ist und kommentiert werden kann. Dies stellt im Prozess die Einbeziehung der breiten Öffentlichkeit sicher. Nach dem Ende der Einspruchsfrist werden die Einsprüche durch den Arbeitsausschuss behandelt, das Manuskript ggf. entsprechend angepasst und als Norm verabschiedet. Die Norm wird in das Deutsche Normenwerk aufgenommen und veröffentlicht.

Die Entwicklung von Normen und Standards findet auf unterschiedlichen Ebenen (national, europäisch, international) statt. Zum besseren Verständnis wird nachstehend ein Überblick über die Normungs- und Standardisierungsorganisationen und deren Zusammenwirken gegeben (siehe Abbildung).

Abbildung 1: Nationale, europäische und internationale Normungsebenen



3 Siehe www.din.de/de/mitwirken/norm-entwurfs-portal.

4 Siehe www.beuth.de und www.vde-verlag.de.

In Deutschland ist DIN Deutsches Institut für Normung e. V. seit 1975 vertraglich die zuständige Normungsorganisation der Bundesrepublik Deutschland und vertritt die deutschen Interessen als Mitglied bei CEN (Comité Européen de Normalisation, Europäische Organisation für Normung) und ISO (International Organization for Standardization, Internationale Organisation für Normung) in der europäischen und internationalen Normung.

Die DKE nimmt die Interessen der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik auf dem Gebiet der internationalen und regionalen elektrotechnischen Normungsarbeit wahr und wird vom VDE getragen. Sie vertritt somit die deutschen Interessen sowohl bei der CENELEC als auch in der IEC.

Heute ist die Normungsarbeit zu fast 90 % europäisch und international ausgerichtet, wobei DIN und DKE den gesamten Prozess der Normung auf nationaler Ebene organisieren und über die entsprechenden nationalen Gremien die deutsche Beteiligung auf europäischer und internationaler Ebene sicherstellen.

Neben den zwischenstaatlich anerkannten Normungsinstituten existieren weltweit weitere Organisationen, welche sich mit Standards oder Empfehlungen beschäftigen, die teilweise als Quasi-Standard bezeichnet werden. Diese können als Vorstufe und Basis einer DIN SPEC dienen und damit in die Normungsarbeit einfließen.

2.6 Der Weg zu Normen und Standards

Die Erstellung konsensbasierter Normen kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Ausgangspunkt ist die Feststellung eines bestimmten Normungsbedarfs. Dieser ergibt sich durch Rückmeldungen aus der praktischen Anwendung, durch das Entstehen von neuen Technologien, aus Forschungsergebnissen oder aus regulatorischen Vorgaben.

Betrachtet man den Weg zu einer internationalen Norm (ISO, IEC), dann kann man drei typische Routen unterscheiden:

1. Die direkte Festlegung innerhalb der zuständigen Normungsgremien. In diesem Fall werden die zu normenden Festlegungen innerhalb des zuständigen internationalen und der nationalen Spiegelgremien erarbeitet und entwickelt.
   Ein Beispiel ist die Entwicklung der IEC 61131-3 „Speicherprogrammierbare Steuerungen“ in IEC/SC 65B/WG 7 und in Deutschland in DKE/AK 962.0.3 „SPS Sprachen“.

2. Die direkte Übernahme von Konsortialstandards:
   In diesem Fall wird der Konsortialstandard innerhalb eines Konsortiums erarbeitet und dann weitgehend unverändert in eine DIN SPEC oder Norm übernommen.
   Beispiele sind z. B. die Übernahmen der Batch-Control-Spezifikation ISA S 88 (ISA) in IEC 61512, der OPC-UA-Spezifikation in IEC 62541, der Prolist-Spezifikation in IEC 61987 und RAMI4.0 in die DIN SPEC 91345.

3. Die konsensbasierte Entwicklung in nationalen Gremien mit anschließender Weiterentwicklung in den zuständigen Normungsgremien:
   In diesem Fall werden die grundlegenden Festlegungen in den Fachverbänden oder DIN-Gremien und DKE-Gremien vorbereitet und als Richtlinie oder nationaler Standard (DIN SPEC, VDE Anwendungsregel) veröffentlicht und dann in einem zweiten Schritt von den zuständigen Normungsgremien zu internationalen Normen weiterentwickelt.

Die Normungsorganisationen stellen sicher, dass alle interessierten Kreise über die Inhalte und die geplanten Vorgehensweisen informiert werden und der Normungsprozess konsensbasiert erfolgt. Zudem nehmen die Normungsgremien bei der Analyse der bestehenden Normenlandschaft sowie der Initiierung und Koordinierung von Normungsvorhaben in strategisch wichtigen Bereichen eine wichtige Rolle ein.

Im nationalen Umfeld gibt es eine Reihe von relevanten Fachverbänden, die entsprechende Festlegungen und Konsortialstandards veröffentlichen. In vielen Fällen sind die Fachverbände so breit aufgestellt und intern konsensbasiert organisiert, dass ihre Veröffentlichungen als gemeinsame Meinung der entsprechenden Fachgemeinde verstanden werden können und damit eine besonders sichere und stabile Grundlage sowohl für den weiteren Normungsprozess als auch für die sofortige industrielle Nutzung darstellen. Von einer konsensbasierten Vorgehensweise soll hier gesprochen werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Ausarbeitung der Standards erfolgt in Gremien, in denen Experten mitarbeiten. Die Mitgliedschaft in einer Organisation ist nicht Voraussetzung. Muss die Anzahl der Mitarbeiter begrenzt werden, erfolgt die Auswahl nach einem transparenten und nicht diskriminierenden Verfahren.
- Die Ergebnisse des Gremiums werden in der Regel frühzeitig als Entwürfe (Draft for comment) veröffentlicht. Sie können von jedermann unabhängig von der Mitgliedschaft in einer Organisation bezogen und kommentiert werden.
- Vor einer Veröffentlichung als Standard gibt es ein Einspruchsverfahren, bei dem jedermann einen Einspruch formulieren kann. Über die Berücksichtigung des Einspruchs entscheidet das Gremium in offener Diskussion.
- Der beschlossene Standard wird veröffentlicht und kann von allen Interessierten unabhängig von der Mitgliedschaft in einer Organisation bezogen werden.

Mit konsensbasierten Standards lässt sich zeitnah eine solide Standardisierungsgrundlage für die Entwicklungsprozesse in den Unternehmen bereitstellen. Diese Standards sind dann ein guter Ausgangspunkt für konsensbasierte Normen.

Weiterführende Informationen rund um die Normung finden Sie in der Broschüre „1x1 der Normung“.[5]

5 http://www.din.de/blob/69886/5bd30d4f89c483b829994f52f57d8ac2/kleines-1x1-der-normung-neu-data.pdf)

2.7 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 F&E-Phase an.[6]

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 der Forschungsergebnisse. Sie trägt maßgeblich zur Dynamisierung der traditionellen Normung bei und umfasst alle Aktivitäten, die darauf abzielen, das Standardisierungspotenzial von strategischen, grundlegend innovativen Produkten und Dienstleistungen, Systemen und Basistechnologien 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.

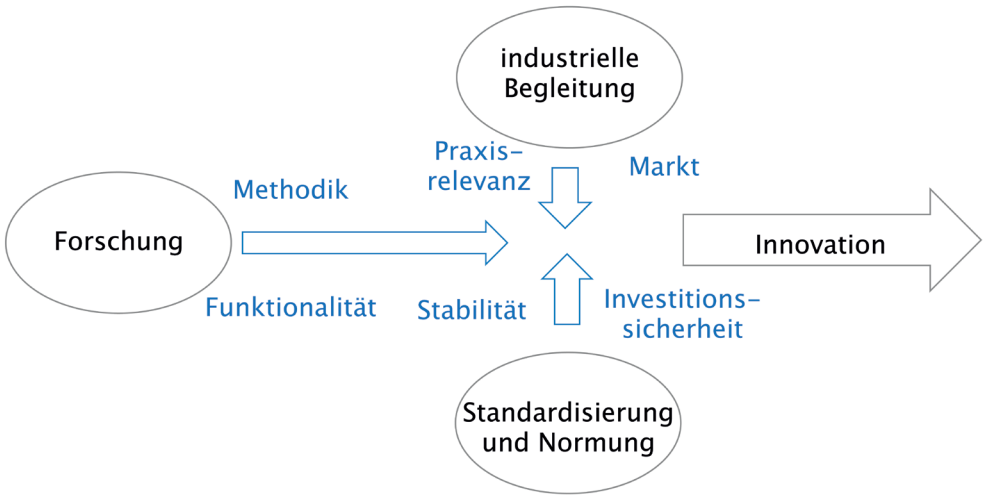


Abbildung 2: Innovation durch Normung und Standardisierung

6 www.din.de/go/partner-in-forschungsprojekten und www.dke.de/de/std/Seiten/default.aspx

Bei Forschungsprojekten, insbesondere wenn mit öffentlichen Mitteln gefördert wird, steht die effektive, wirtschaftliche Verwertbarkeit der Ergebnisse zunehmend 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 sichergestellt.

Nationale Forschungsförderung

Im Rahmen der nationalen Forschungsförderung sind DIN[7] und DKE[8] 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:

ProSense:
Ziel des vom BMBF geförderten Projektes „ProSense“ ist die Entwicklung einer anforderungsgerechten Produktionssteuerung auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik. Um auf dynamische Marktprozesse reagieren zu können und gleichzeitig robuste Produktionsprozesse sicherzustellen, bedarf es einer modularen IT-Struktur, die hochauflösende, echtzeitfähige Daten des Produktionsprozesses zur Entscheidungsunterstützung des einzelnen Mitarbeiters verarbeiten und aufbereiten kann. Mittels dieser hochauflösenden Daten aus der Produktion und einer intelligenten Visualisierung werden Menschen optimal bei Entscheidungen zur Planung und Steuerung der Produktion unterstützt. Die Forschungsergebnisse fließen in Form der DIN SPEC 91329 „Erweiterung des EPCIS-Ereignismodells um aggregierte Produktionsereignisse zur Verwendung in betrieblichen Informationssystemen“ in die Standardisierung ein.

APPsist:
Ziel des vom BMWi geförderten Projektes „APPsist“ ist die Entwicklung, Validierung und exemplarische Implementierung einer ganzheitlichen und in cyber-physischen Produktionssystemen

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

8 http://www.vde.com/de/Technik/Industrie40/Seiten/default.aspx

integrierten Software-Lösung unter Berücksichtigung der soziotechnischen Gestaltungsperspektive ab. Die APPsist-Lösung soll intelligente, kooperative und selbstorganisierte Interaktionen zwischen Mitarbeitern und technischen Operationssystemen entlang der Wertschöpfungskette ermöglichen und transparent machen. Die Forschungsergebnisse werden in die Normung und Standardisierung überführt.

POLAR:
Das Ziel des vom BMBF geförderten Projektes „POLAR“ ist die Entwicklung einer standardisierten Kommunikation zwischen Produktionsanlagen, Energie- und Lastmanagement im produzierenden Gewerbe. Damit soll durch die Kombination von Systemen zum Datenaustausch und entsprechender Energiemanagementsoftware ein industrielles Lastmanagement ermöglicht werden. Um die Verbreitung und den Transfer der Projektergebnisse zu unterstützen, werden die Erkenntnisse aus dem Projekt in die DIN SPEC 91327 „Referenzarchitektur eines empfehlungsbasierten Lastmanagementsystems für die Industrie“ überführt.

Interoperabilität für I4.0-Systeme basierend auf Standards der Automation:
Hauptziel des INS-Vorhabens ist es, die Lösungen im Rahmen der Initiative Industrie 4.0 auf die Basis der existierenden Normen und Standards im Bereich der Automation zu setzen und diese so weiterzuentwickeln, dass in evolutionären Schritten eine Investitionssicherheit für die Stakeholder geschaffen werden kann. Wesentliche Schwerpunkte sind:

- Schaffung der Integrationsfähigkeit zwischen industriellen Kommunikationssystemen und dem IP-basierten Internet der Dinge und Dienste
  → Interoperabilität auf der Ebene der Kommunikationsprotokolle und -dienste mit dem Schwerpunkt „Definition des Quality of Service (QoS)“
- Durchgängiger Informationsfluss zwischen den Geräten und Komponenten, der Produktion und deren Akteuren
  → Interoperabilität durch semantische Modelle und Methoden mit dem Schwerpunkt der Definition der Semantik auf der Basis von Merkmalsystemen
- Der Lebenszyklus der Produktionsmittel wird sich bei schrittweiser Umsetzung des Industrie-4.0-Konzepts hin zu mehr Flexibilität und Veränderbarkeit entwickeln
  → Interoperabilität zwischen Geräten und Komponenten entlang des Lebenszyklus von der Planung bis zum Betrieb und der Instandhaltung mit dem Schwerpunkt der Definition der Semantik auf der Basis von Merkmalsystemen.

AUTONOMIK für Industrie 4.0:
Mit dem Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0 sollen modernste I&K-Technologien mit der industriellen Produktion unter Nutzung von Innovationspotenzialen verzahnt und die Entwicklung innovativer Produkte und Dienste beschleunigt werden. Dazu wurde die Normungsthematik als Querschnittsthema Normung und Standardisierung innerhalb der Begleitforschung des Programms AUTONOMIK für Industrie 4.0 implementiert. Im Zuge des programmbegleitenden Serviceangebots wird das Thema Normung und Standardisierung vertieft, um eine schnelle Umsetzung in die industrielle Praxis zu gewährleisten.

Um die rechtlichen Risiken der digitalen Produktion möglichst gering zu halten, hat die Begleitforschung des Technologieprogramms eine Darstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Industrie 4.0 erstellt. Dieses Modell soll juristischen Laien die Einordnung konkreter juristischer Risikobereiche, Schädigungen und Gefährdungen über den gesamten, vernetzten Wertschöpfungsprozess ermöglichen.[9]

BZKI für Industrie 4.0:
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 mit geringem Jitter erreicht werden. Gleichzeitig ist eine hohe Zuverlässigkeit der Kommunikation bei gleichzeitig hoher Gerätedichte sicherzustellen. Um hohe Datenraten bei extrem geringer Latenz sicherzustellen, 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" 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 koordiniert, um die in den Projekten erzielten Erkenntnisse zu bündeln und für die Standardisierung zusammenzuführen.

Europäische Forschungsförderung

Normung und Standardisierung ist in der Welt von Forschung und Entwicklung nicht nur auf nationaler Ebene von immer größerer Bedeutung. Auch die Europäische Kommission hat diese erkannt und integriert daher zunehmend Anforderungen an Normung und Standardisierung in ihren Ausschreibungstexten. Deshalb ist DIN auch in der vielfältigen Themenwelt von Horizon 2020, dem Rahmenprogramm der Europäischen Union zur Förderung von Forschung und Innovation, zu Hause. Ebenso wie in den vorangegangenen europäischen Forschungsrahmenprogrammen. Als Beispiel ist hier zu nennen:

EASE-R^3:
Das europäische Forschungsprojekt EASE-R^3 (Integrated framework for a cost-effective and ease of Repair, Renovation and Reuse of machine tools within modern factory) entwickelt ein neuartiges, integriertes Bezugssystems zur kosteneffektiven und einfachen Instandhaltung in der maschinellen Fertigung. Das entwickelte Bezugssystem berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus der Werkzeugmaschine (vom Design bis zum operativen Einsatz) und bildet auch den Umbau sowie die Wiederverwendung von Werkzeugmaschinen in der modernen Fabrik ab. Das innovative Bezugssystem unterstützt Anwender u. a. bei der Frage, wie man die beste und

9 www.ju-rami.com

kostengünstigste Instandhaltungsstrategie maßgeschneidert für eine Reihe von Maschinenteilen/ Maschinen der Fabrik zusammenstellt. Die Forschungsergebnisse werden derzeit in die Standardisierung auf internationaler Ebene eingebracht.

3 ZIELE DER NORMUNGS-ROADMAP INDUSTRIE 4.0

Ziel dieses Dokuments ist der Entwurf einer strategischen, technisch orientierten Roadmap, welche die Anforderungen an Normen und Standards für Industrie 4.0 unter besonderer Berücksichtigung der Handlungsempfehlungen der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft sowie der entsprechenden BMWi- und BMBF-Fördermaßnahmen darstellt, notwendige Handlungsfelder aufzeigt und entsprechende Empfehlungen abgibt. Zudem bietet sie eine Übersicht über Normen und Standards in diesem Umfeld in Zusammenarbeit mit der Plattform Industrie 4.0.

Gemäß der deutschen Normungsstrategie[10] wird dabei unter Normung (engl. de jure standard) die vollkonsensbasierte Erarbeitung von Regeln, Leitlinien und Merkmalen für Tätigkeiten zur allgemeinen oder wiederkehrenden Anwendung durch eine anerkannte Organisation verstanden. Unter Standardisierung wird in der deutschen Normungsstrategie der Erarbeitungsprozess von Standards bezeichnet. National und international gibt es beispielsweise unterschiedliche Dokumentenformen wie etwa die DIN SPEC (DIN-Standard), die VDE-Anwendungsregel, PAS (Publicly Available Specification), Technische Spezifikation (TS), CWA (CEN Workshop Agreement), IWA (International Workshop Agreement), ITA (Industry Technical Agreement) oder TR (Technical Report).

Die Normungs-Roadmap soll Bestandsaufnahme und Mittel der Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren aus verschiedenen technologischen Sektoren wie der Automatisierungstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik und der Produktionstechnik sein. In den folgenden Kapiteln werden aufeinander aufbauend dargestellt: Eine Beschreibung des aktuellen Status in der Normung und Standardisierung zum Thema Industrie 4.0, eine Analyse des derzeit erkennbaren Normungsbedarfs sowie konkrete Handlungsempfehlungen für die Entwicklung weiterer Normen und Standards in den einzelnen Themenfeldern.

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

Die Normungs-Roadmap 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 Mitarbeit in der Normung an diesem Prozess zu beteiligen.[11]

10 Deutsche Normungsstrategie: www.din.de/go/deutsche-normungsstrategie

11 Ihren Ansprechpartner für die Normungs-Roadmap und für alle Fragen rund um Normung und Standardisierung finden Sie auf www.din.de/go/industrie4-0 und www.dke.de/de/std/Industrie40/Seiten/default.aspx

4 DAS AKTUELLE UMFELD

4.1 Zusammenarbeit der Normungs- und Standardisierungsgremien

In Deutschland wurde bereits 2013 das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 gestartet. Schnell hat sich die Bedeutung der Normung und Standardisierung im Kontext von Industrie 4.0 verdeutlicht. Bereits im November 2013 wurde deshalb die erste Ausgabe der Normungs-Roadmap Industrie 4.0 veröffentlicht. Neben der frühzeitigen Identifizierung von zukünftigen Normungs- und Standardisierungsbedarfen stellt die Gestaltung der Zusammenarbeit der verschiedenen Interessenkreise eine zentrale Aufgabe dar.

4.1.1 DIN/DKE-Steuerkreis Industrie 4.0

Mit der Gründung des DIN/DKE-Steuerkreises konnte ein wichtiger Grundstein gelegt werden, um die Wirtschaft und Wissenschaft zu unterstützen und das Thema Industrie 4.0 effizient und ganzheitlich zu bearbeiten. Die wesentliche Aufgabe des Steuerkreises ist es, das Thema Industrie 4.0 aus Sicht der Normung strategisch, konzeptionell und organisatorisch weiterzuentwickeln. Der Steuerkreis identifiziert konkrete Normungsbedarfe, koordiniert deren Umsetzung und treibt grundsätzliche Konzepte voran. Darüber hinaus hat er drei Unterarbeitskreise eingerichtet, die sich speziellen gremienübergreifenden Themen zu Industrie 4.0 (siehe Abbildung) widmen. Die Arbeitsergebnisse des Steuerkreises bringen DIN und DKE in die Plattform Industrie 4.0 ein.

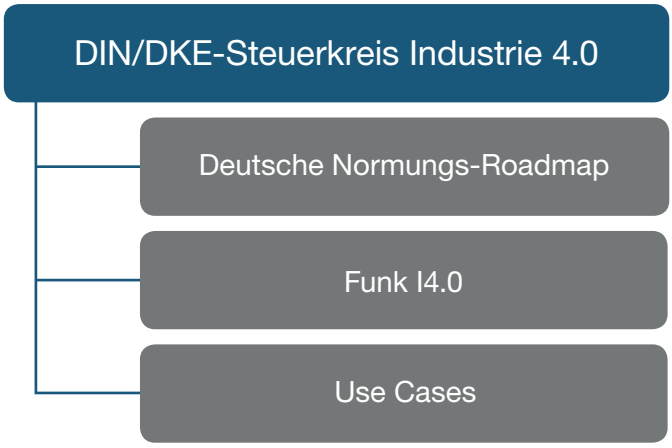


Abbildung 3: Der DIN/DKE-Steuerkreis und seine Arbeitskreise

4.1.2 Plattform Industrie 4.0

Die Bundesministerien für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie für Bildung und Forschung (BMBF) haben auf der Hannover Messe Industrie 2015 den Startschuss zur Gründung der Plattform Industrie 4.0 bekannt gegeben und deren Leitung übernommen. Damit wurden die Arbeiten der Verbändeplattform Industrie 4.0 des VDMA, ZVEI und BITKOM an die Plattform Industrie 4.0 übertragen und das Thema auf eine breitere politische und gesellschaftliche Basis gestellt.

Die Plattform Industrie 4.0 hat ihre inhaltlichen Schwerpunkte in den fünf Arbeitsgruppen: Referenzarchitektur, Normung und Standardisierung; Forschung und Innovation; Sicherheit vernetzter Systeme; Rechtliche Rahmenbedingungen sowie Arbeit, Aus-/Weiterbildung. DIN und DKE sind in der Arbeitsgruppe „Referenzarchitektur, Normung und Standardisierung“ vertreten und bringen sich dort aktiv in die Diskussion rund um das Thema Normung und Standardisierung ein. Erste Arbeitsergebnisse der Verbändeplattform Industrie 4.0 konnten bereits der Standardisierung bei DIN zugeführt werden. Zu nennen ist hier bspw. das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0), welches als DIN SPEC 91345 voraussichtlich Anfang 2016 sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache veröffentlicht und in die internationale Normung eingebracht wird.

4.1.3 Zusammenarbeit auf internationaler Ebene

Der zentrale Stellenwert der Normung und Standardisierung für die Digitalisierung der industriellen Produktion manifestiert sich inzwischen auch außerhalb Deutschlands in einer Vielzahl von Aktivitäten. Konkrete Normungs- und Standardisierungsinitiativen gibt es etwa bei ISO, IEC, ISO/IEC JTC 1 (ISO/IEC-Gemeinschaftskomitee für Informationstechnik), W3C (World Wide Web Consortium), ITU-T und IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), aber auch Initiativen wie das Industrial Internet Consortium (IIC).

Für die global agierende und exportorientierte deutsche Industrie ist die Festlegung von technischen Anforderungen in global gültigen Normungssystemen von besonderer Bedeutung. Insbesondere die Bedeutung der internationalen, konsensorientierten Normung wird immer wieder durch verschiedene Fachkreise betont. Ziel muss es sein, Schritt für Schritt alle wesentlichen Forderungen für die einheitliche technische Funktion und Anwendbarkeit in internationalen Normen zu verankern. Nur eine übergreifend koordinierte, europäisch und international ausgerichtete Standardisierung kann den neuen Konzepten und Technologien der Industrie 4.0 zum Durchbruch verhelfen. Über DIN und DKE erhält die deutsche Wissenschaft und Wirtschaft Zugang zur und Einfluss auf die europäische und internationale Normung.

International besteht insbesondere in Ländern wie China, USA, Korea oder Japan großes Interesse. Auf dieser Grundlage wurde bei der Sitzung des China-Deutschland Joint Committee für Normung und Standardisierung im Mai 2015 eine neue Arbeitsgruppe für Industrie 4.0 (Intelligent Manufacturing) gegründet.

ISO-Strategiegruppe zu Industrie 4.0

Um die Vision von Industrie 4.0 seitens ISO bestmöglich zu unterstützen und das Thema Normung und Standardisierung übergreifend und gebündelt zu bearbeiten, hat DIN eine Strategiegruppe bei ISO zu Industrie 4.0 (ISO/SAG Industry 4.0/Smart Manufacturing) unter deutscher Leitung initiiert.[12]

Ziel ist es, den Beitrag von ISO zu organisieren und so ein gemeinsames Vorgehen insbesondere mit IEC und ITU-T zu unterstützen. Im Fokus der Strategiegruppe stehen dabei folgende Aufgaben:

- Strategische und konzeptionelle Entwicklung des Themas Industrie 4.0 bei ISO
- Identifikation von fehlenden Normen und Standards
- Erarbeitung von Umsetzungsstrategien und Empfehlungen für Industrie 4.0
- Koordinierung der Normungs- und Standardisierungsaktivitäten auf internationaler Ebene
- Realisierung einer frühzeitigen, gremien- und organisationsübergreifenden Abstimmung
- Zusammenarbeit mit weiteren Organisationen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene, wobei ein großer Wert auf die Zusammenarbeit mit IEC und ITU-T gelegt wird.

Der Ergebnisbericht ist für September 2016 geplant.

SMB Strategic Group 8, Industry 4.0 Smart Manufacturing

Um die Vision von Industrie 4.0 seitens IEC bestmöglich zu unterstützen und das Thema Normung und Standardisierung übergreifend und gebündelt zu bearbeiten, hat das IEC SMB im Mai 2014 eine Strategiegruppe SG 8 Industry 4.0 Smart Manufacturing initiiert (siehe SMB/5332/R).

Ziel der IEC SG 8 ist es, bis Juni 2016 dem IEC SMB zu empfehlen, mit welchen Mitteln das Thema Industrie 4.0 bestmöglich durch die Normung unterstützt werden kann. Grundlage für die Arbeiten innerhalb der IEC SG 8 sind die Ergebnisse der Plattform Industrie 4.0 sowie die Inhalte der Normungs-Roadmap Industrie 4.0. Insbesondere die DIN SPEC 91345 „Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)“ sowie die I40-Komponente stellen inhaltlich die Weichen der Empfehlungen an das IEC SMB.

Die IEC SG 8 hat bisher Folgendes erreicht:

- Formierung der SG 8 mit breiter Teilnahme von nationalen Komitees, die zum Teil Experten von großen Firmen der industriellen Automation entsendeten.
- Liaison mit
  - ISO/IEC JTC 1 WG 10
  - IEEE P2413
  - ISO SAG Industry 4.0/Smart manufacturing
  - ISO TC 184

12 Weiterführende Informationen finden Sie unter: www.din.de/de/forschung-und-innovation/industrie4-0/arbeitskreise.

- Erster Bericht an das IEC SMB (siehe SMB/5584/R) mit den Entscheidungen:
  - Empfehlung, eine Normenlandkarte (standardisation map) für Industrie 4.0/Smart manufacturing elektronisch zu beschreiben. Die Normenlandkarte wird ein im Vergleich zum Smart Grid Mapping Tool (http://smartgridstandardsmap.com) äquivalentes elektronisches Werkzeug darstellen.
  - Anfrage des IEC an das ITU/R hinsichtlich des Funkspektrums für Industrie 4.0/Smart manufacturing.
  - Langzeitfinanzierung der Wartung der Datenbank zur Merkmalsklassifikation „common data dictionary (CDD)“ und der dazugehörigen Software (PARCEL MAKER™ for the IEC 62656).
  - Empfehlung an die TCs, das CDD verstärkt entsprechend IEC 61360 zu füllen und zu nutzen. So können Merkmalsklassifikationen standardisiert in der Verwaltungsschale der I40-Komponente beschrieben werden.

Ganzheitlich wird mit dem ersten Bericht an das IEC SMB das Ziel verfolgt, Industrie 4.0 aus Sicht der Normung und Standardisierung handhabbar zu machen. Die Empfehlung für die Normenlandkarte Industrie 4.0/Smart Manufacturing stellt das zentrale Werkzeug dar. Um dies im breiten Konsens auch über das IEC hinaustragen zu können, sind die o. g. Liaisons mit den Standardisierungsorganisationen ISO und IEEE wichtige Ergebnisse. Nur so kann die Akzeptanz von Industrie 4.0 auch in der Breite getragen werden.

4.2 Normung und Standardisierung in der Automatisierungstechnik

Wichtige Fachverbände und Standardisierungsorgane für die Standardisierung und die Erstellung von Normen im nationalen Umfeld sind z. B.:

- DIN (DIN-Norm, DIN SPEC, DIN-Fachbericht, DIN-Vornorm)
- DKE (DIN-Fachbericht und DIN-Vornorm)
- VDI-GMA (VDI/VDE-Richtlinie)
- VDMA (VDMA-Einheitsblatt)
- NAMUR (NAMUR-Empfehlung)

Für Fragestellungen der Vorgehensweise und organisatorische Regelungen eignen sich auch Leitfäden wie z. B.:

- BITKOM-Leitfaden (BITKOM)[13]
- ZVEI-Leitfaden (ZVEI)[14]

13 https://www.bitkom.org/Themen/Branchen/Industrie-40/index.jsp

14 http://www.zvei.org/Verband/Publikationen/Seiten/ZVEI-Leitfaden-Industrie-Services.aspx

Die hinter diesen Fachorganen stehenden Fachkreise sind mit eingespielten Expertenteams besetzt, die eine schnelle und qualitativ hochwertige Ausarbeitung von Normen und Standards garantieren. Typischerweise ist das freie Zeitkontingent der in den Gremien mitarbeitenden, erfahrenen Experten begrenzt. Daher sollten die Vorhaben priorisiert und organisiert werden bis zur Einbringung in die internationale Normung.

Die Themenbereiche der Automatisierungstechnik werden weitestgehend durch den Aufgabenbereich der internationalen Normungsgremien abgedeckt. Für die in Industrie 4.0 besonders interessanten Systemthemen sind zu nennen:

- IEC/TC 65 „Industrial-Process, measurement, control and automation“ mit seinen Unterkomitees
  - SC 65A „System Aspects“
  - SC 65B „Measurement and control devices“
  - SC 65C „Industrial networks“
  - SC 65E „Devices and integration in enterprise systems“

- ISO/TC 184 „Automation Systems and Integration“ mit seinen Unterkomitees
  - SC 1 „Physical device control“
  - SC 2 „Robots and robot devices“
  - SC 4 „Industrial data“
  - SC 5 „Interoperability, integration, and architectures for enterprise systems and automation applications“

IEC/TC 65 wird national durch die DKE im Fachbereich „Leittechnik“ (FB 9) gespiegelt, ISO/TC 184 durch den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM). Daneben gibt es noch eine Reihe von anderen Komitees in der ISO und der IEC, die sich mit verwandten und angrenzenden Fragestellungen befassen. Durch den Aufgabenbereich des IEC/TC 65 und des ISO/TC 184 werden jedoch praktisch alle wichtigen Themenfelder der systemorientierten Automatisierungstechnik von der Feldebene über die Prozessleit- und Produktionsleitebene bis zur MES-Ebene und zur Kopplung an die Unternehmensleitebene abgedeckt. Aktuell befindet sich ein ISO-Komitee zu Robotics (Spin-Off von ISO/TC 184) in der Gründung. Die in den letzten Jahren entstandenen umfangreichen Normenreihen haben heute schon einen hohen Reifegrad erreicht und werden Schritt für Schritt weiter ausgebaut.

Insgesamt ist die Organisationsstruktur vorhanden, um die aus der Initiative Industrie 4.0 erwachsenden Erweiterungen zu organisieren. Eine wesentliche Herausforderung wird die Sicherstellung der Interoperabilität über die Domänengrenzen hinweg, also zwischen den Systemen und Konzepten der Prozesstechnik, der Fertigungstechnik, der Logistik, dem Maschinenbau und der Informationstechnik sein. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit der Normungsgremien.

4.3 Normung und Standardisierung in der Informationstechnik

In der Informationstechnik werden konsensbasierte Normen und Standards durch die Gremien des DIN-Normenausschusses Informationstechnik und Anwendungen (NIA) und sein internationales Pendant, das Gemeinschaftskomitee ISO/IEC Joint Technical Committee (ISO/IEC JTC 1), entwickelt und nachhaltig vorangetrieben. Schon seit vielen Jahren wird dort eine Vielzahl von Normungsthemen der Informationstechnik behandelt, die für Industrie 4.0 eine gute Arbeitsgrundlage darstellen.

In diesem Kontext stellt beispielsweise die Qualitätssicherung von Software für produktionstechnische Anlagen ein besonders relevantes Thema dar, die eine grundlegende Voraussetzung für verlässliche, ausfallsichere Industrie-4.0-Systeme ist und u. a. durch ISO/IEC 29119 gewährleistet wird. Die Kommunikation zwischen Maschinen steht zweifelsohne im Fokus von Industrie 4.0. Hierfür werden entsprechende Netzwerke benötigt, die eine schnelle und sichere Kommunikation ermöglichen. Die Normenreihe ISO/IEC 8802 behandelt diese Thematik und legt den Grundstein hierfür. Bei der Identifikation und dem Datenaustausch im Rahmen von Industrie 4.0 findet zudem die kontaktlose Chipkartentechnik (ISO/IEC 14443) wie NFC (Near Field Communication, ISO/IEC 13157) Anwendung.

Auch das Thema Internet of Things ist eines der Fokusthemen, die in enger Verbindung mit Industrie 4.0 stehen. Sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene wird bereits an Projekten gearbeitet. Besonders im Bereich der automatischen Identifikation und Datenerfassung (AIDC) gibt es enge Zusammenhänge zu IoT. Hervorzuheben sind dabei ISO/IEC 15459 und ISO/IEC 29161. Auf nationaler Ebene werden Vorbereitungen für ein IoT-light-Projekt getroffen, bei dem ein Automatismus eine Verbindung von einem Objekt zum Internet herstellt. Zudem gibt es mit DIN 66277 eine Norm, durch die es möglich wird, Prozesse automatisch zu steuern.

Ein weiteres relativ neues Normungsthema ist Big Data. Bei JTC 1/WG 9 werden Grundlagen zur Auswertung von unstrukturiert erhobenen Daten zur Optimierung von Produktions- und Logistikprozessen erarbeitet (ISO/IEC 20547).

Auch die Cloud spielt als neue Speichertechnologie für Industrie 4.0 eine immer gewichtigere Rolle. Die in JTC 1/SC 38 erarbeiteten Normen und Standards (ISO/IEC 19944) ermöglichen die Nutzung von Cloud-Technologien zur Organisation der Informationsverwaltung, -speicherung und Kommunikation zwischen Maschinen und Menschen.

Den wohl kritischsten Erfolgsfaktor für Industrie 4.0 stellt die IT-Sicherheit dar. Die informationstechnische Vernetzung darf nicht dazu führen, dass sensible Produktionsdaten in die falschen Hände geraten (Wirtschaftsspionage) oder dass Daten manipuliert und Produktionsprozesse sabotiert werden. Die Anwendung bestehender Normen und Lösungen der IT-Sicherheit alleine wird nicht ausreichen, denn im Bereich der Produktionstechnik gibt es besondere Herausfor-

derungen für die Umsetzung von IT-Sicherheitsmaßnahmen. Zu nennen sind hier die Anforderung der Echtzeitfähigkeit, die direkte Kommunikation von Maschinen untereinander ohne Eingriffsmöglichkeiten von Anwenderseite, die Absicherung bei der Übertragung sensibler Produktionsdaten und nicht zuletzt auch Aspekte des Datenschutzes. Beim angestrebten Ziel von Industrie 4.0, Losgröße 1 zu Kosten der Serienfertigung, werden Produktionsdaten zukünftig auch mit Kundendaten verbunden und damit würden in Produktionsbereichen die Anforderungen des Bundesdatenschutzgesetzes bzw. zukünftig die der EU-Datenschutz-Grundverordnung einzuhalten sein. Die Absicherung der Informationstechnik wäre damit nicht nur im Eigeninteresse der Unternehmen, sondern vom Gesetzgeber gefordert. Dieses komplexe Umfeld erfordert ein systemorientiertes Vorgehen, das durch Normen und Standards untermauert werden muss, um durch standardisierte Schnittstellen und bewährte Verfahren, sogenannte Best Practices, die Umsetzung von Industrie-4.0-Konzepten erfolgreich zu bewältigen.

Die Entwicklung von konsensbasierten Normen und Standards im Umfeld der IT-Sicherheit erfolgt im Wesentlichen in folgenden Gremien:

Organisation	Gremienbezeichnung	Gremientitel	Arbeitsgebiet
DIN	NA 043-01-27 AA	IT-Sicherheitsverfahren	Spiegelkomitee zu ISO/IEC JTC 1/SC 27
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
DKE	UK 931.1	IT-Sicherheit in der Automatisierungstechnik	Spiegelkomitee zu IEC/TC 65/WG 10
CEN	TC 251	Health Informatics	Medizinische Informatik
ISO/IEC	JTC 1/SC 27	IT Security Techniques	Generische IT-Sicherheit/Informationssicherheits-Managementsysteme
IEC	TC 65/WG 10	Industrial-process measurement, control and automation	IT-Sicherheit in der Automatisierungstechnik
ETSI	TC Cyber	Technical Committee (TC) Cyber Security ETSI	Cyber Security
ISA	ISA 99	Industrial Automation and Control Systems Security	IT-Sicherheit von Produktionssteueranlagen in Zusammenarbeit mit IEC/TC 65

Darüber hinaus werden Konsortialstandards aus dem IT-Umfeld bspw. durch folgende Organisationen veröffentlicht:

- W3C
- IEEE
- OASIS
- OMG
- IETF

Mit der Normung und Standardisierung von Sicherheitsaspekten befasst sich die Deutsche Normungs-Roadmap 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 Normungs-Roadmap wird von der Koordinierungsstelle IT-Sicherheit bei DIN in Zusammenarbeit mit der DKE erarbeitet und regelmäßig fortgeschrieben. Die aktuelle Version kann unter www.din.de/go/kits oder www.dke.de/de/std/Seiten/NormungsRoadmaps.aspx heruntergeladen werden.

4.4 Frequenzspektren für Funkkommunikation

Die internationale Fernmeldeunion – Sektor für Radiokommunikation (ITU-R) erarbeitet die Vollzugsordnung für den Funkdienst (VO Funk; englisch: Radio Regulations). Diese wird im Rhythmus von ca. 4 Jahren auf der Weltfunkkonferenz (World Radio Conference, WRC) überarbeitet. Die nächsten Termine sind im November 2015 sowie im Jahr 2019. In den Radio Regulations (RR) wird nur zwischen einem Primär- und Sekundär-Service unterschieden, diese sind den verschiedenen Frequenzbändern zugewiesen.

Im Sinne der ITU sind die Anwendungen der Industrieautomation eine „industrial, scientific and medical“ (ISM) Anwendung. Diese Anwendungen werden unabhängig von Services behandelt und beschrieben. Die ISM-Anwendungen werden selbst nicht in den Frequenztabellen der RR genannt, finden sich aber in zwei Fußnoten wieder, die in den RR an entsprechender Stelle genannt werden. Die Anwendungen der Industrieautomation sind daher keinem „radiocommunication service“ im Sinne der ITU zugewiesen und können deshalb keinerlei Schutz vor Störungen, die durch einen Primär- und Sekundär-Service verursacht werden, geltend machen.

Die Anforderungen an eine Funkstrecke in einem industriellen Umfeld legen jedoch nahe, dass ein gewisser Schutz vor Störungen, die durch andere Funkanlagen hervorgerufen werden können, angestrebt werden sollte. Dies kann auf unterschiedlichen Wegen gewährleistet werden. Das ist zum einen eine funktechnische Planung in der Industrieanlage durch den Betreiber

dieser Anlage, zum anderen durch die Nutzung des „radiocommunication service“, der im Sinne der ITU zugeteilt wurde. Das Erlangen einer Zuteilung eines exklusiven Spektrums als Primär-Service, ist ein langwieriger Prozess, in den unterschiedlichste Gruppen weltweit eingebunden sind. Neben dem Ziel eines exklusiv nutzbaren Spektrums muss ebenfalls die Möglichkeit einer gemeinsamen Nutzung geprüft werden. Dies kann als Primär- oder Sekundär-Service möglich sein.

Elektromagnetische Wellen eignen sich in einem begrenzten Frequenzbereich zur drahtlosen Übertragung von Signalen. Zur Gewährleistung einer effizienten Nutzung dieser endlichen Ressource werden internationale Harmonisierungsvereinbarungen getroffen. Auf nationaler Ebene werden in der Frequenzverordnung (bisher Frequenzbereichszuweisungsplanverordnung) die Zuweisungen an bestimmte Funkdienste getroffen. Frequenzen können der Allgemeinheit zugeteilt werden (sog. Allgemeinzuteilung). Damit wird einerseits eine größtmögliche Flexibilität für den Einsatz der Frequenzen geschaffen. Andererseits müssen jedoch eventuelle Störungen bei der gemeinsamen Nutzung einer Frequenz durch andere Nutzer in Kauf genommen werden.

In vielen Frequenzbereichen werden zum Schutz der Anwendungen die Frequenzen an einen Anwender oder Funknetzbetreiber einzeln zugeteilt (sog. Einzelzuteilung). In Verwaltungsvorschriften hat die Bundesnetzagentur ihr Handeln festgeschrieben, um eine einheitliche Verwaltungspraxis zu gewährleisten. Darüber hinaus sind im Telekommunikationsgesetz (TKG) rechtliche Vorgaben enthalten, die die Frequenzzuteilungen regeln.

Die zuvor genannten internationalen Harmonisierungsvereinbarungen werden auf zwei Ebenen getroffen. Zum einen auf Ebene der Europäischen Konferenz der Verwaltungen für Post und Telekommunikation (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT). Diese Absprachen beruhen auf dem Konsensprinzip. In der CEPT sind 48 Administrationen im Bereich der Post- und Telekommunikationsregulierung zusammengeschlossen. Darunter alle Mitgliedsländer der Europäischen Union. Innerhalb der CEPT können die Industrie und interessierte Verbände auf Arbeitsebene mitwirken. Die CEPT erarbeitet gemeinsame europäische Vorschläge in Richtung ITU-R. Diese Vorschläge umfassen Änderungen der Zuweisungen von Frequenzbereichen zu den unterschiedlichen Services (z. B. Mobiler Funkdienst oder Fester Funkdienst). Die CEPT legt auf europäischer Ebene fest, welche Anwendungen einem Funkdienst auf welcher Frequenz zugewiesen werden.

Zum anderen werden die internationalen Harmonisierungsvereinbarungen auf Ebene der ITU vereinbart. Dabei untergliedert sich die Welt in drei Regionen. Europa liegt zusammen mit den ehemaligen UDSSR-Staaten, Teilen der Russischen Föderation und dem Afrikanischen Kontinent in Region 1, Nord- und Südamerika in Region 2, Asien, der Pazifische Raum sowie Australien und Teilen der Russischen Föderation in Region 3. Für jede Region werden die unterschiedlichen Services den unterschiedlichen Frequenzbereichen zugewiesen. Innerhalb der ITU wird ein Konsens zwischen den Staaten angestrebt.

Unabhängig von gemeinsamen europäischen Beiträgen zur ITU-R kann jeder Staat ebenfalls eigene Beiträge einreichen. Mögliche Wege sind:

- ZVEI → BMVI/BNetzA (AK1/AK2) → CEPT → ITU
- IEC → nationale Behörden → CEPT → ITU
- IEC → nationale Behörden → ITU

Es besteht kein Zweifel, dass die Umsetzung der Empfehlung hohes Engagement von Unternehmen und Politik erfordert, das entsprechend motiviert und wirtschaftlich begründet sein muss. Es ist auch bekannt, dass ein solcher Prozess langwierig ist, aber irgendwann mit dem nötigen Nachdruck begonnen werden muss, wenn er notwendig erscheint.

Der ZVEI-Arbeitskreis „Wireless in der Automation“ hat in Zusammenarbeit mit der Begleitforschung BZKI eine „Deutsche Industrie-Initiative für die WRC-15-Vorbereitung“ erarbeitet.

5 THEMENBEREICHE UND NORMUNGSBEDARF

5.1 Normungsbedarf zu Industrie 4.0

Mit Industrie 4.0 kommen neue Themenfelder und insbesondere ein systemorientiertes Vorgehen in den Fokus. Ebenen- und domänenübergreifende Konzepte müssen entwickelt und genormt werden. Hierzu genügt es nicht, eine übergeordnete Ebene einzuziehen, sondern es erfordert ein insgesamt ganzheitliches Vorgehen. Um die Entwicklung effizient durch Normen und Standards zu unterstützen, bedarf es einer über die normale Arbeit der Gremien hinausgehender Anstrengung.

Ein zentraler Anspruch von Industrie 4.0 ist die weitgespannte Unterstützung von technischen und technisch-organisatorischen Prozessen in prozesstechnischen, fertigungstechnischen und logistischen Umgebungen, entlang der gesamten Lebenszyklen von Anlagen, Produkten und Serien in räumlich und organisatorisch verteilten Einheiten. Dies ist nur mit einer konsensbasierten Normung und Standardisierung unter Einbeziehung der betroffenen Fachkreise und Stakeholder möglich.

Zur Integration gehört auf der einen Seite die Nutzung der bestehenden Normungslandschaft als bewährte und stabile Grundlage der weiteren Entwicklung und auf der anderen Seite das aktive Einbringen der im Rahmen der Industrie-4.0-Strategie neu oder weiterentwickelten Konzepte in den internationalen Normungsprozess, vorzugsweise in bestehende Normungsgremien, zu denen bereits heute ein intensiver Austausch gepflegt wird.

Im Bereich der industriellen Automation bspw. gibt es eine Vielzahl von existierenden und in der Praxis bewährten Normen. Die neuen Anforderungen der Industrie-4.0-Landschaft werden jedoch absehbar Erweiterungen und Ertüchtigungen notwendig machen. In manchen Fällen kann auch eine inhaltliche Reorganisation erforderlich sein, um die Normenlandschaft kompakter, stabiler und überschneidungsfreier zu gestalten. In jedem Fall bilden die bestehenden internationalen Normen den zentralen Referenzpunkt der Entwicklung.

Um die Weiterentwicklung der relevanten Kernstandards von ISO und IEC zu kennen und weitere internationale Normungsorganisationen in dem Umfeld zu beeinflussen, müssen die existierenden Fachgremien und nationalen Spiegelgremien bei DIN und in der DKE mit den führenden Experten besetzt sein und ausreichend Ressourcen besitzen. Nur so ist es auch den deutschen Experten, Herstellern und Anwendern möglich, ihr Wissen und ihre Anforderungen in die internationale Normung in der ISO und der IEC einzubringen. Es ergeht daher auch ein Appell an die deutsche Wirtschaft und weitere an der Normung interessierte Kreise, ihren Experten die Teilnahme an nationalen und internationalen Gremien zu ermöglichen und diese zu unterstützen sowie ihre Anforderungen an Normen zu dokumentieren. Die Normungsgremien sollten auch genutzt werden, um die Umsetzung der Normen und Standards in die Praxis branchenübergreifend und international zu begleiten.

5.2 Referenzmodelle

5.2.1 Referenzmodelle allgemein

5.2.1.1 Beschreibung und Nutzen von Referenzmodellen

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 der Fachexperten zutreffend. Unterschiedliche Expertenkreise können allerdings zu unterschiedlichen Referenzmodellen kommen. Dies ist unerwünscht, aber in manchen Fällen nicht zu vermeiden. Referenzmodelle sind Metamodelle. Sie sind Grundlage des gemeinsamen Verständnisses in den Fachkreisen; sie beschreiben die Struktur der Modelle im Anwendungsfall und sind Ausgangspunkt der auf ihnen aufbauenden Tools.
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 Modells eines relevanten Sachverhalts. Ein Referenzmodell, das diesen Kriterien genügt, ist ein standardisierbares Referenzmodell. Ein zweites Ziel ist es, für einen Sachverhalt möglichst nur ein Referenzmodell zu haben und dieses weltweit als einzige Norm zu pflegen. Dies gelingt jedoch nicht immer. Referenzmodelle sind nie einzig wahr. Je nach Sicht, eigener Historie oder aber auch technikpolitischen oder 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 in verschiedenen Domänen übergreifend anzustreben.

5.2.1.2 Empfehlung: Beschreibung der Referenzmodelle in eigenen Normen

Wie Kernmodelle werden auch Referenzmodelle in den unterschiedlichsten Lösungsmodellen genutzt. Zur Vereinheitlichung, Vermeidung von versehentlichen Abweichungen und zum besseren Verständnis sollten Referenzmodelle separat als eigenständige Normen beschrieben werden.

5.2.1.3 Empfehlung: Einheitlicher Aufbau der Beschreibung von Referenzmodellen

Der Aufbau der Beschreibung der Referenzmodelle ist so einheitlich wie möglich zu gestalten.

5.2.1.4 Empfehlung: Breitflächige Nutzung

Die breite Anwendung von Referenzmodellen soll gefördert werden. Technische Systeme und Prozesse der Industrie 4.0 sollen auf Basis dieser Referenzmodelle beschrieben werden.

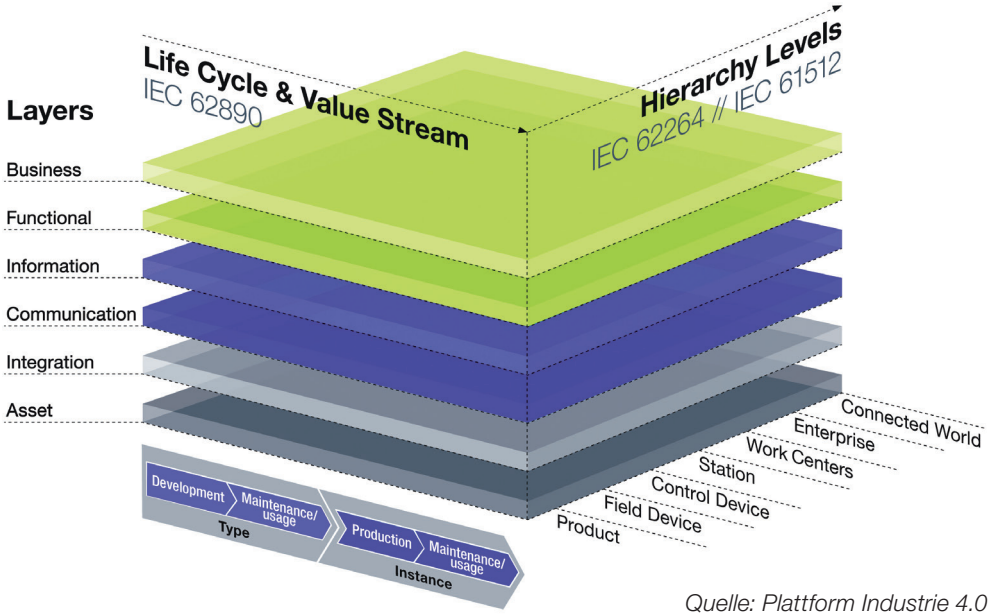
5.2.2 Systemarchitektur

5.2.2.1 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)

Wie oben erläutert, sind für Industrie 4.0 die relevanten Modelle der klassischen Architektur zu integrieren und abzurunden. Das für vergleichbare Zwecke in Smart Grid entwickelte und weltweit akzeptierte Smart Grid Architecture Model (SGAM) wurde für die Erfordernisse in Industrie 4.0 als „Reference Architecture Model Industrie 4.0“ (RAMI4.0) angepasst und erweitert. Neben der die reale Physik repräsentierenden Ebene „Asset Layer“ wurde als zusätzliche Ebene der „Integration Layer“ eingeführt, der die dingliche Installation einer Anlage als virtuelle Abbildung enthält (y-Achse). Die in SGAM stark auf die Wertschöpfungskette „Stromverteilung“ ausgerichtete x-Achse wurde verallgemeinert. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Unterscheidung zwischen „Type“ und „Instance“ eines Gegenstands entlang der Wertschöpfungskette. Solange eine Idee, ein Konzept, ein Ding usw. als Plan, also noch nicht real als nutzbarer Gegenstand vorliegt, sprechen wir von einem Typ. Mit der Umsetzung des Plans in ein reales Produkt wird aus dem Typ eine bzw. viele Instanzen, wobei darunter auch nicht unmittelbar anfassbare Gegenstände gemeint sein können, z. B. Software, Archive etc.

Schließlich ist die z-Achse entsprechend den Begrifflichkeiten aus den Normen IEC 62264 und IEC 61512 beschriftet, wobei diese einerseits um die Vernetzung zwischen Unternehmen („Connected World“) ergänzt und andererseits mit dem „Product“ der Forderung nach einer aktiven Beteiligung des Produkts in einer z. B. sich selbst konfigurierenden Fertigungslinie nachgekommen wird. Das während der Hannover Messe 2015 vorgestellte RAMI4.0[15] wird derzeit in die DIN SPEC 91345 überführt und Anfang 2016 sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache veröffentlicht und in die internationale Normung eingebracht. Aus Sicht der Normung stellt sich die Frage, wie eine Zuordnung von Normen und Standards für Prozesse und Prozessmittel mit RAMI4.0 vorgenommen werden kann.

Abbildung 4: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)



Quelle: Plattform Industrie 4.0

5.2.2.2 Empfehlung: Einordnung von bestehenden Normen und Standards sowie von Normungsaktivitäten in das Übersichtsmodell RAMI4.0

Entsprechend der oben dargestellten Verortung wird empfohlen, alle relevanten Normen und Standards sowie Use Cases in RAMI4.0 einzuordnen.

15 Siehe www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/industrie-40-verbaendeplattform-bericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf.

5.2.2.3 Empfehlung: Erstellung einer Liste bestehender Modelle, Einordnung bestehender Modelle in das Übersichtsmodell RAMI4.0

Die bestehende Normenlandschaft enthält bereits eine Vielzahl von einzelnen Architekturmodellen. Wichtige Beispiele sind z. B. zu finden in:

- IEC TR 62832-1 Digital Factory Framework
- IEC 61804-1 Function Blocks for Process Control
- IEC 62264 Enterprise Control System Integration (Unternehmensmodell, Anlagenmodell, Funktionsmodell)
- IEC 61512 Batch Control (Anlagenmodell, Prozessmodell)
- IEC 62769 FDI (Gerätemodell)
- IEC 61508-6 Redundanz-Modelle
- IEC 61508-1 und IEC 61784-3 Sicherheitsgerichtetes Kommunikationsmodell
- IEC 62443 Zones and conduits (Architekturmodell zur Bewertung der IT-Sicherheit)

Weiterhin sind in vielen Normenreihen im Übersichtsteil Modelle und Zusammenhänge beschrieben, die ebenfalls Architekturcharakter besitzen. Die wichtigsten dieser Modelle sind in einer Referenzliste erfasst.[16, 17] Ihre Beziehungen untereinander sind zu analysieren und die Bedeutung der Einzelmodelle für den Gesamtzusammenhang ist zu erläutern.

5.2.2.4 Empfehlung: Einordnung neuer Modelle in das Übersichtsmodell RAMI4.0

Für folgende Themenfelder sind nach heutigem Kenntnisstand aufgrund der bisherigen Arbeiten Modelle unter Berücksichtigung von IT-Technologien auszuwählen bzw. zu erstellen:

- Quality of Services für die unterlagerte übergreifende Kommunikation
- Identifikation von Dingen und ihren Merkmalen
- Struktur der Verwaltungsschale der I4.0-Komponente
- Generische Services auf Basis der service-orientierten Architektur (SOA)
- Formale Beschreibung von Anwendungs-Funktionen und Anwendungs-Services

16 Bitkom/VDMA/ZVEI „Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0“, April 2015.

17 VDI/ZVEI „Statusreport Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)“, April 2015.

Im Einzelnen bedeutet dies:
Die über Unternehmensgrenzen hinweg erforderliche Qualität der Kommunikation muss bestimmten Kriterien genügen. Dinge müssen mittels eineindeutigen Identifiern zweifelsfrei ansprechbar sein. Jedes Ding besitzt mindestens eine Verwaltungsschale, die alle relevanten Informationen zum Ding selbst und zu seiner Verwendung enthält. Auf Basis von SOA müssen allgemeingültige Dienste definiert werden, die einen Informationsaustausch zwischen autarken Dingen ermöglichen, was weit über den bislang üblichen Datenaustausch hinausgeht. Schließlich sind die bislang klassisch nur textuell bzw. grafisch beschriebenen Anwendungsfunktionen der Datenverarbeitung in Form von formalen maschinenverarbeitbaren Beschreibungen zur Verfügung zu stellen, was neben den Merkmalen und Merkmalsverbindungen einen weiteren Teil der Semantik darstellt. Um einen umfassenden Schutz gewährleisten zu können, müssen Security-Überlegungen in die Konzeption einfließen sowie die Verbindungen zu den organisatorischen Aufgaben klarstellen.

5.2.2.5 Empfehlung: Merkmale, Semantik, Ontologien

Die Art und Weise und die Tiefe der Beschreibung der Metadaten sind im Umfeld von Industrie 4.0 von besonderer Wichtigkeit. Hier sind allgemein anwendbare, einfache Konzepte gefragt.

Den Merkmalmodellen kommt sowohl für die Interoperabilität als auch für einen weitgespannten Abgleich von technologischen Aussagen eine zentrale Bedeutung zu. Denn Merkmale sind ein zentraler Teil der zukünftigen Industrie-4.0-Semantik.

In IEC 61360-1/2 bzw. ISO 13584-42 sind umfassende Regeln zur Festlegung von Merkmalen beschrieben. Beide Normen sind inhaltlich harmonisiert, sodass in ISO oder IEC gemäß diesen Dokumenten erstellte Merkmale identisch strukturiert sind.

In IEC existiert darüber hinaus eine vollständige Infrastruktur zur Erstellung, Modifikation und Zurverfügungstellung von Merkmalen in Form des Common Data Dictionary CDD.

In ISO und IEC existiert eine Reihe von Merkmalsprojekten, die bislang unkoordiniert sind. Das ursprünglich zu Einkaufszwecken gegründete Klassifikationsprojekt des eCl@ss e. V. hat sich in den letzten Jahren insbesondere mit der Version 9.0 deutlich in Richtung Merkmale mit sehr guter Werkzeugunterstützung weiterentwickelt. Komplett übernommen sind die Arbeitsergebnisse des seinerzeitigen PROLIST e. V. Alle Merkmale der ca. 30 Geschäftsfelder in eCl@ss sind gemäß IEC 61360 spezifiziert.

Diese Allianz sollte auch Technologien wie Linked Data als zusätzliches Repräsentationsformat berücksichtigen, ohne dabei bestehende semantische, z. B. XML-basierte Modellierungen aufzugeben.

In Deutschland befasst sich aber nicht nur eCl@ss mit Fragen zur Semantik. Ziel muss eine „semantische Allianz“ aller an diesem Themenkreis beteiligten Institutionen sein mit der Zielsetzung, die Ergebnisse in die internationale Normung bei IEC und ISO einzubringen.

Für die diesbezüglichen Arbeiten sind Use Cases von außerordentlicher Bedeutung. Sie werden sowohl in DKE als auch im ZVEI, Bitkom und VDMA entwickelt und auf vereinheitlichter Basis verfügbar sein.[18]

5.2.3 Referenzmodelle der leittechnischen Funktionen

5.2.3.1 Ausgangssituation

Die leittechnischen Funktionen sind ein Kernbereich der Automatisierungstechnik. Die zugehörigen Begriffe sind im IEV genormt. Ihre Ausgestaltung erfolgt durch die Hersteller der Leitsysteme, die die leittechnischen Funktionen als Systemdienste anbieten. Sie sind daher nur teilweise genormt, da dies innerhalb der praktischen Nutzung der Leitsysteme nicht erforderlich war. In einer erweiterten Systembetrachtung sind die leittechnischen Funktionen jedoch nicht nur für die Prozessleitebene interessant, sondern können in verallgemeinerter Form allen Teilnehmern auf allen Ebenen als einheitliche Systemfunktionen zur Verfügung gestellt werden. Hierzu sind sie explizit als Referenzmodelle zu beschreiben und zu normen.

5.2.3.2 Anwendungsbereiche

- Führen
- Melden
- Alarmieren
- Archivieren
- Überwachen

18 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; Diedrich, Ch, Riedl, M.: Semantik durch Merkmale für I40. in Handbuch Industrie 4.0, 2. Auflage. Herausgeber: Birgit Vogel-Heuser, Thomas Bauernhansl und Michael ten Hompel. Springer Verlag 2015.

5.2.3.3 Empfehlung: Einheitliche Funktionalität über alle Ebenen der Automatisierung

In der Vergangenheit wurden die leittechnischen Funktionen der Prozessleitebene zugeordnet. Die leittechnischen Funktionen sind jedoch allgemeine Funktionen; sie gelten auf allen Ebenen und in vielen unterschiedlichen Domänen. Zwei Normenserien liefern die wesentlichen Grundlagen für die Beschreibung der Referenzmodelle mit allgemeiner Anwendbarkeit in der regel- und kommunikationsbasierten Automatisierung in Industrie 4.0:

- IEC 61512 (ISA S88) – Batch Control (Chargenorientierte Fahrweise)
- IEC 62264 (ISA S95) – Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen

Die Serie IEC 61512 hat ihre Wurzeln in der Chargen-Prozesstechnik, ist aber methodisch so allgemeingültig aufgebaut, dass große, noch wenig ausgeschöpfte Anwendungspotenziale auch in der diskreten Fertigung, in den kontinuierlichen Produktionsprozessen und auch in der Logistik liegen. Die methodischen Grundkonzepte von Industrie 4.0 mit Materialflussmodellen und individuellen „Montagerezepturen“ kommen einer Chargenbearbeitung nahe.

Die Modelle der IEC 62264 verbinden die sehr am eigentlichen Produktionsprozess orientierte IEC 61512 mit dem wirtschaftsorientierten Bereich der Unternehmen.

Beide zusammen ermöglichen die Beschreibung durchgehender, einheitlicher Service-orientierter Funktionalitäten.

Zusätzlich sind für die Sicherheitsaspekte z. B. einzubeziehen:

- IEC 61508 (ISA S84) – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme
- IEC 62443 (ISA S99) – Industrielle Kommunikationsnetze – IT-Sicherheit für Netze und Systeme

5.2.4 Referenzmodelle der technisch-organisatorischen Prozesse

5.2.4.1 Ausgangssituation

Die Strukturierung und Organisation der technisch-organisatorischen Geschäftsprozesse war bisher ausschließlich eine Domäne der Anwender, Applikationsanbieter und Toolhersteller. Neben den durch die Tools vorgegebenen Vorgehensweisen haben die Anwenderorganisationen und Anwenderunternehmen Richtlinien, Vorschriften, Best-Practice-Regeln usw. entwickelt, um diese Prozesse effizient zu gestalten. Dieses Wissen der Praxis muss in konzentrierter Form

bereitgestellt und gesichert werden für die Integration der neuen regelbasierten Abläufe in die allgemeinen Geschäftsprozesse.

5.2.4.2 Anwendungsbereiche

- Diagnose
- Instandhaltung
- Life-Cycle-Management
- Systemmigration
- Optimierung
- Koexistenz-Management von Funkapplikationen
- Security Management

5.2.4.3 Empfehlung: Entwicklung eines Rahmens zur einheitlichen Beschreibung von technisch-organisatorischen Prozessen

Technisch-organisatorische Prozesse werden teils von Automaten und teils von Menschen ausgeführt. Es ist zu prüfen, wie eine allgemeine, aber einheitliche Beschreibung eines solchen Prozesses aussehen könnte.

5.2.4.4 Empfehlung: Erstellung von Normen zu technisch-organisatorischen Prozessen

Die wesentlichen Elemente der technisch-organisatorischen Geschäftsprozesse sind in Normen zusammenzufassen.

5.2.5 Referenzmodelle für Lebenszyklus-Prozesse

5.2.5.1 Ausgangssituation

Zur Beschreibung von Lebenszyklus-Prozessen in klassischen Systemen liegen Konzepte und Normen vor. Mit Industrie 4.0 werden die Systeme jedoch flexibler, intelligenter und selbstadaptiv. Sie werden sich auch in ihrer Struktur veränderten Umgebungen anpassen.

5.2.5.2 Empfehlung: Beschreibung von Lebenszyklus-Vorgängen in flexiblen, adaptiven Systemen

Ein Konzept ist zu entwickeln, das Lebenszyklen in solchen Systemen erfasst, beschreibt und dokumentiert.

5.3 Use Cases

5.3.1 Ausgangssituation

Zur Klärung des domänenspezifischen Entwicklungs- und Normungsbedarfs sind Use Cases zu identifizieren, aus denen die charakteristischen Anforderungen einer Industrie 4.0 an die bestehende Systemlandschaft abgeleitet werden können. Ein Konsens aller Beteiligten über die Relevanz und Repräsentativität der identifizierten Use Cases ist von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund sollten die Use Cases selbst im Rahmen eines konsensbasierten Standardisierungsprozesses entwickelt und veröffentlicht werden.

Es gibt daher auch keine geschlossene Sammlung von Use Cases, da es aufgrund der unterschiedlichen Branchen die Industrieautomation nicht gibt. Die Use Cases müssen sich daher zwangsläufig auf generische Typen beschränken, können aber Grundlage für technologie- bzw. projektspezifische Realisierung sein.

Bei dem aktuellen Thema wie Industrie 4.0 ist eine Methode erforderlich, die den wachsenden Bedarf an systemübergreifender Interoperabilität sowie die IT-Sicherheit gewährleistet.

Es kommen neue Anforderungen auf uns zu. Bei den neu aufkommenden systemübergreifenden Fragestellungen treffen Fachexperten mit unterschiedlichem Vokabular und Sichtweisen auf das System zusammen, die eine gemeinsame Methode zur Erarbeitung von Industrie 4.0 benötigen.

Es hat sich gezeigt, dass die Use-Case-Methode helfen kann, ein gemeinsames Verständnis der Technologien zu schaffen. Bei diesem Ansatz bilden User Stories die Basis (Anwendungsszenarien) und die daraus abgeleiteten Use Cases (Anwendungsfälle) den Ausgangspunkt für die Definition der erforderlichen Anforderungen. Mit den Use Cases werden Akteure, Datenaustausch und Bedingungen aus Sicht der Aufgabenstellung identifiziert und technisches Details abstrahiert (siehe Abbildung 5).

Um das Zusammenspiel der funktionalen Akteure in abstrakter Weise darstellen zu können, wird eine Referenzarchitektur benötigt, die für die Umsetzung und Visualisierung der systemübergreifenden Interoperabilität und IT-Sicherheit genutzt werden kann. Eine erste Darstellung der Referenzarchitektur der Industrie 4.0 (RAMI4.0) wurde mit der DIN SPEC 91345 entwickelt.

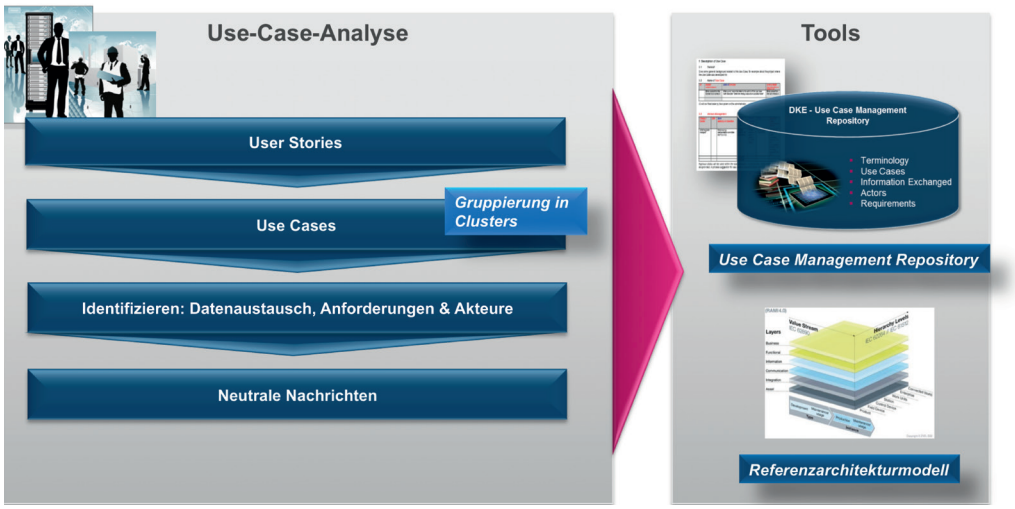


Abbildung 5: Use-Case-Prozess bei der DKE

Die für die Interoperabilität und IT-Sicherheit relevanten technischen Anforderungen werden dann in den betroffenen Bereichen in Normen und Standards umgesetzt. Use Cases bilden damit in einem frühen Stadium von Normung und Standardisierung Vorgänge und Umsetzungspläne ab, die nur noch systematisch umzusetzen sind.

Zum Speichern und Sicherstellen der Konsistenz der aufbereiteten Use Cases hat die DKE ein Use Case Management Repository (UCMR) entwickelt. Hierbei handelt es sich um eine Datenbank, die eine standardisierte Erstellung, Sammlung und Administration der Anwendungsfälle ermöglicht. Die einheitliche Darstellung verbessert eine Vergleichbarkeit. Das UCMR ist ein frei zugängliches, webbasiertes Werkzeug, das jederzeit registrierten Teilnehmern eine standortübergreifende Mitarbeit ermöglicht. Es hilft bei der Verwaltung und Qualitätssicherung der gespeicherten Use Cases. Die detaillierten und generisch abgeleiteten Use Cases stehen für weitere Normungsarbeiten, Projekte und als Basis neuer Geschäftsmodelle zur Verfügung (siehe Abbildung 6).

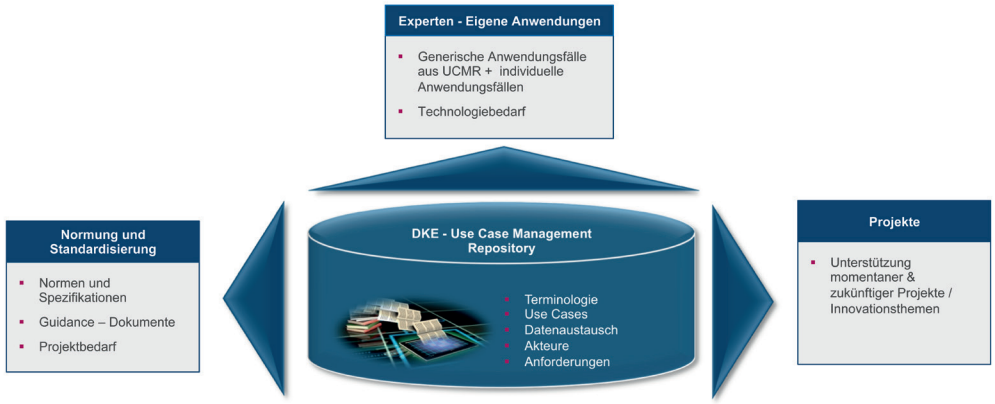


Abbildung 6: DKE Use Case Management Repository

5.3.2 Empfehlung: Einheitliches Beschreibungsmuster

Use Cases sollen nach einem einheitlichen Muster beschrieben werden. Dies dient der Verbesserung des Verständnisses, der Vergleichbarkeit und der einheitlichen Nutzbarkeit der Use Cases. Die Beschreibung muss die Ziele der Use Cases, die zugrunde gelegten Rahmenbedingungen und eine zumindest teilformalisierte Beschreibung des Inhalts enthalten. Das Beschreibungsmuster ist zu standardisieren. Hier kann auf Festlegungen im Bereich Smart Grid zurückgegriffen werden. Derzeit werden generische Grundlagen zur Beschreibung von Use Cases in Templates und deren Überführung in UML unter deutscher Leitung in IEC/TC 8 WG 5 „Methodology and Tools“ beschrieben (IEC 62559).[19] Eine Anwendung für Industrie 4.0 sollte geprüft werden.

Use Cases sollen für die Arbeit der Normungsorganisationen insbesondere dazu dienen, gremien- oder organisationsübergreifend eine gemeinsame Sichtweise für komplexe Systemthemen zu entwickeln. Diese dient dann als Basis für weitere Normungsprojekte. Teilweise können Use Cases auch Eingang in Normen finden, wenn sie z. B. Interoperabilität und Testbarkeit unterstützen.

5.3.3 Empfehlung: Referenzliste von wichtigen Use Cases zur Charakterisierung des Begriffs „Industrie 4.0“

Use Cases können für die verschiedensten Zwecke erstellt werden. Ein Satz von repräsentativen Use Cases wurde in der Plattform Industrie 4.0 und im ZVEI erstellt. Diese beschreiben typische Aufgabenstellungen und Szenarien des Industrie-4.0-Themenfeldes. Dieser Satz an Use Cases sollte als Referenzbasis standardisiert werden. Die ausgewählten Use Cases sollten in Breite, Tiefe und Abstraktionsgrad abgestimmt das Gesamtgebiet „Industrie 4.0“ beleuchten.

5.3.4 Empfehlung: Use Cases zur Verdeutlichung des Normungsbedarfs im Bereich der nichtfunktionalen Eigenschaften

In der Praxis gibt es viele Missverständnisse und domänenspezifische Interpretationen der nichtfunktionalen Eigenschaften. Zur Verdeutlichung der Bedeutung der Begrifflichkeiten und zur Erläuterung des spezifischen Normungsbedarfs wird empfohlen, zu jeder nichtfunktionalen Eigenschaft einen Satz von spezifischen Use Cases zu entwickeln.

19 IEC 62559 „Use case methodology“; in Vorbereitung.

5.4 Grundlagen

5.4.1 Ausgangssituation

Eine wesentliche Hilfestellung bei der Entwicklung einer konsistenten Normenlandschaft ist die Verwendung gemeinsamer Begriffe und Grundkonzepte. Mit dem IEV (Reihe IEC 60050) steht eine gemeinsame Begriffsbasis zur Verfügung. Diese muss ausgebaut und für die neuen Themen von Industrie 4.0 ergänzt werden.

Kernmodelle beschreiben wichtige Grundkonzepte, die allgemein konsensfähig sind und langfristig als technologieneutral, stabil und unveränderlich angesehen werden. Diese wurden in der Vergangenheit durch die lösungsorientierte Ausrichtung der Normen eher vernachlässigt, erhalten im Umfeld von Industrie 4.0 jedoch eine erhebliche Bedeutung.

Eine weitere wichtige Grundlage ist die Verwendung gemeinsamer Modellierungs- und Beschreibungstechniken. Aus den Anwendungsdomänen sowie der Informatik steht ein Sortiment von bestehenden Modellierungs- und Sprachmitteln zur Verfügung, die aber in vielen Fällen den neuen Anforderungen nicht gerecht werden. Insbesondere fehlen Konzepte zur Entschärfung des allgegenwärtigen Schnittstellenproblems, Lösungen zur formalen Beschreibung von Produkteigenschaften und zur Beherrschung der Versionsvielfalt. Beschreibungssprachen sind zu speziell (z. B. softwareorientiert) und im Detail zu ausgeprägt.

5.4.2 Empfehlung: Begriffe

Erweiterung des IEV, Unterstützung des DKE/UK 921.1 „Begriffe der Leittechnik“

Das IEV (Internationales elektrotechnisches Wörterbuch IEC 60050)[20] enthält ein Kapitel 351 „Begriffe der Leittechnik“. Dieses Kapitel wurde gerade aktualisiert und befindet sich auf dem neuesten Stand. Die beschriebenen Begriffe sind in sich schlüssig und konsolidiert, es besteht insofern kein aktueller Handlungsbedarf. Es ist allerdings festzustellen, dass das Kapitel in seiner bestehenden Form im Wesentlichen Begriffe der Regelungs- und Steuerungstechnik enthält. Die Themenfelder der industriellen Automation und der informationsorientierten Leittechnik werden durch dieses Kapitel bisher nicht ausreichend abgedeckt. Es bietet sich an, ein oder mehrere zusätzliche Kapitel anzuhängen und den gesamten Begriffsraum von Industrie 4.0 zu strukturieren.

20 DKE-IEV: http://www.dke.de/de/Online-Service/DKE-IEV/Seiten/IEV-Woerterbuch.aspx,
IEV: http://www.electropedia.org/,
IEC Glossary: http://std.iec.ch/glossary.

Vergleichbare Normung zu Terminologie und Ontologie wird vom DIN-Normenausschuss „Terminologie“ unterstützt. So bietet das DIN-Terminologieportal[21] neben den genormten Benennungen aus gültigen Normen und ihren genormten Übersetzungen zusätzlich die zugehörigen Definitionen, Anmerkungen, Beispiele etc. und darüber hinaus auch Begriffsfestlegungen aus Norm-Entwürfen und Standards einschließlich der Angabe des jeweiligen Quelldokuments. Hier kann entweder gezielt nach Benennungen gesucht oder aber der komplette Begriffsbestand bzw. auch nur der eines einzelnen Normungsgremiums alphabetisch nach Benennungen sortiert eingesehen werden.

Festlegungen einer Industrie-4.0-Terminologie sind zu unterstützen.

Die Begriffe werden in der Richtlinie VDI/VDE 2192 Blatt 1 veröffentlicht und nach Ablauf der Einspruchsfrist in die internationale Standardisierung eingebracht.

5.4.3 Empfehlung: Begriffe der Automatisierungstechnik und der IT in Beziehung setzen

Die Normung und Standardisierung von Industrie 4.0 greift oft auf Begrifflichkeiten zurück, welche in der IT-Welt nicht bekannt sind – und umgekehrt. Es wird empfohlen, die Terminologie im Bereich Industrie 4.0 mit der Terminologie aus dem IT-Bereich in Beziehung zu setzen und diese Terminologiearbeit kontinuierlich zu betreiben, um so den Zugang für beide Gruppen zum jeweils anderen Bereich zu erleichtern.

5.4.4 Empfehlung: Kernmodelle beschreiben

Kernmodelle beschreiben allgemeine Grundbegriffe. Normen und Modellbeschreibungen bauen auf ihnen auf. In den einzelnen Festlegungen werden sie entweder explizit mit beschrieben oder implizit als bekannt vorausgesetzt und einfach verwendet. Oft sind die Modelle, obwohl eigentlich als bekannt vorausgesetzt, dann doch nicht eindeutig.

Derzeit gibt es keinen Ort, an dem diese Kernmodelle für sich explizit beschrieben sind. Es wird daher empfohlen, Normungsdokumente zu erstellen, die die Kernmodelle nach Themengebieten geordnet enthalten.

Kernmodelle sollen nach einem einheitlichen Muster beschrieben werden. Dies dient der Verbesserung des Verständnisses, der Vergleichbarkeit und der einheitlichen Nutzbarkeit. Die Be-

21 Siehe www.din.de/de/service-fuer-anwender/terminologie.

schreibung muss das Kernmodell kurz, verständlich und klar beschreiben. Sie muss im Einzelfall formal prüfbare Aussagen enthalten.

Im DKE/AK 931.0.4 wurden die relevanten Kernmodelle entwickelt, beschrieben und von DIN als DIN SPEC 40912 veröffentlicht.

5.4.5 Empfehlung: Spezifikation der in Normen zu verwendenden Modellierungssprachen

Aus der Informatik und Automatisierungstechnik sind Sprachen zur Modellbeschreibung eingeführt und weit verbreitet. In vielen Fällen sind sie jedoch auf Softwaresysteme ausgerichtet und auf die Modellierung von technischen Problemen nicht 1:1 umsetzbar. In der Praxis werden sie trotzdem gerne verwendet und intuitiv umgesetzt. Ein typisches Beispiel ist das Herausgreifen von einigen Konstrukten aus dem UML-Klassendiagramm zur Beschreibung von technischen Metamodellen. Für die normative Beschreibung technischer Systeme ist es dringend erforderlich, Beschreibungssprachen zu standardisieren, auf die dann zurückgegriffen werden kann. Diese Beschreibungssprachen sollten knapp und eindeutig sein, intuitiv richtig verwendet werden und sich an die bestehenden Lösungen sowohl in ihrem Aufbau als auch in der Notation anlehnen.

5.5 Nichtfunktionale Eigenschaften[22]

5.5.1 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 Informationsnet-

22 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.

zes, 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.

5.5.2 Empfehlung: 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.

Die zugrunde liegende Terminologie ist zu überprüfen bzw. neu zu entwickeln.

5.5.3 Empfehlung: Klare 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.

5.5.4 Empfehlung: Sicherheit (Safety)

Ziel der funktionalen Sicherheit ist der Schutz der Umgebung vor einer ernsthaften Schädigung durch das betrachtete technische System. Dazu gehören der Schutz des Menschen, der Schutz der Umwelt und der Schutz von wertvollen Gütern vor ernsthafter Schädigung. Mit den Normen IEC 61508[23], IEC 61511[24] und ISO 13849[25] 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 Systemen 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.

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.

5.5.5 Empfehlung: Security und IT-Security (IT-Sicherheit)

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“[26]). 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.

Die IEC 62443 baut auf der ISO/IEC-Normenreihe 27000 auf, um die zusätzliche Anforderung für kritische Infrastrukturen festzulegen.

---

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

24 Siehe DIN EN 61511 (VDE 0810) „Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie“; Normenreihe.

25 Siehe DIN EN ISO 13849 „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“, Normenreihe.

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

Mit der Normung und Standardisierung von Sicherheitsaspekten befasst sich die Deutsche Normungs-Roadmap 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 Normungs-Roadmap 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 und www.dke.de/de/std/Seiten/Normungsroadmaps.aspx heruntergeladen werden.

5.5.6 Empfehlung: Informationssicherheit

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 Virtualisierung, Flexibilisierung und Verkopplung der firmeninternen Betriebs-, Produktions- und Feldnetzwerke mit dem globalen Netz ergibt 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[27] sowie nationale und internationale Normungsorganisationen (z. B. ISO/IEC[28], DKE[29], DIN[30]) unter aktiver Mitarbeit der relevanten Fachverbände (BITKOM, VDE, VDI, GMA).

Informationssicherheit spielt heute auch in anderen Bereichen der CPS, z. B. im Bereich Automotive, AAL oder Smart Grid, eine zentrale Rolle. Es gibt eine Vielzahl von Aktivitäten mit mehr oder weniger Relevanz für die Thematik CPPS. Zur Sicherstellung der Anforderungen aus der industriellen Produktion erscheint es unbedingt erforderlich, dass für die Umgebung der CPPS eine Landkarte erstellt wird, die die Felder, Anforderungen und angebotenen Lösungsmethoden der Informationssicherheit im Umfeld der industriellen Produktion darstellt und strukturiert.

5.5.7 Empfehlung: 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 tole-

27 BSI Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik.

28 ISO/IEC JTC 1/SC 27 „IT Security Techniques“.

29 DKE/UK 931.1 „IT-Sicherheit in der Automatisierungstechnik“.

30 DIN/NIA: NA 043-01-27 Arbeitsausschuss „IT-Sicherheitsverfahren“, zudem führt NIA das Sekretariat von ISO/IEC JTC 1/SC 27 „IT Security Techniques“.

riert. 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.

Aus Normungssicht sind die identifizierten Lösungskonzepte zu klassifizieren und Kennzahlen zu definieren, die es erlauben, ihre charakteristischen Eigenschaften eindeutig zu beschreiben.

5.5.8 Empfehlung: Instandhaltbarkeit (Maintainability)

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 zukünftige 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.

Der Normungsvorschlag „UNIFORM REPRESENTATION OF CONDITION MONITORING FUNCTIONS“ wurde 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.

5.5.9 Empfehlung: Echtzeit: Festlegung der Konzepte und Begrifflichkeiten in einer Norm

Echtzeit ist eine wesentliche Eigenschaft aller CPS-Systeme. 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.

5.5.10 Empfehlung: 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.

5.6 Entwicklung und Engineering

5.6.1 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 Thematik 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.

5.6.2 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)
- Errichtung und Inbetriebsetzung

5.6.3 Empfehlung: Transparente und nahtlose Datenbasis und Entwicklungswerkzeuge für den gesamten Produktlebenszyklus

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, Beschreibung 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 zugearbei-

tet werden, innerhalb derer in möglichst einheitlicher Form die unterschiedlichen Bedürfnisse der Branchen abgebildet werden können.

5.6.4 Empfehlung: Frühzeitige Unterstützung von qualifizierten IT-Entwicklungen durch Normung und Standardisierung in der Automatisierung

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.

5.6.5 Empfehlung: Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei kooperierenden Systemen

Die grundlegende Erarbeitung von Systemstandards, die beispielsweise die Entwicklung von Vorgehensweisen und speziell ihrer zeitlichen Dynamik beschreiben, sollten durch Forschungs- und Entwicklungsprojekte vorbereitet und unterstützt werden.

5.6.6 Empfehlung: Industrielles Lokationsmanagement

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

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

Da insbesondere mit der drahtlosen Vernetzung der Ortsbezug verloren geht, sind entsprechende Arbeiten angeraten. Dabei sollten existierende Standards berücksichtigt werden und ggf. zur Anwendung kommen. Relevant für diesen Bereich sind das OGC (Open Geospatial Consortium) und das W3C (die Arbeitsgruppe „Spatial Data on the Web“).

5.7 Kommunikation

5.7.1 Ausgangssituation leitungsgebundene Kommunikation

Industrielle Kommunikationssysteme, auch Feldbusse genannt, 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.

5.7.2 Ausgangssituation funkbasierte Kommunikation

Bei Funkkommunikationssystemen handelt es sich um Telekommunikationsprodukte, für die der rechtliche Rahmen für das Inverkehrbringen und den Betrieb zu berücksichtigen ist. Die europäische R&TTE-Richtlinie (Radio and Telecommunications Terminal Equipment) 1999/5/EC[31], die in Deutschland durch das Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (FTEG) in nationales Recht umgesetzt wurde, fordert den Nachweis, dass die Geräte die grundlegenden Anforderungen der R&TTE-Richtlinie erfüllen. Werden Geräte in Übereinstimmung mit den jeweiligen harmonisierten Normen hergestellt, gilt die Vermutungswirkung, dass die Geräte die grundlegenden Anforderungen der Richtlinie einhalten. Der Hersteller erklärt dies mit der Konformitätserklärung, die dem Gerät beizufügen ist, und durch das Anbringen des CE-Zeichens.

Die harmonisierten Normen werden auf Antrag oder nach einem Mandat der Europäischen Kommission entwickelt. Sie treten in Kraft, wenn ihre Referenzen im Amtsblatt der Europäischen Union (OJEU) veröffentlicht werden. Für die R&TTE-Richtlinie werden harmonisierte Normen vorwiegend vom Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) entwickelt. Hierbei

31 Wird am 12. Juni 2016 durch die Radio Equipment Directive (RED) abgelöst.

sind künftig stärker die Anforderungen und Bedingungen der industriellen Funkkommunikation einzubringen, wie z. B. bei den relevanten Normen EN 300 328 [xx] und EN 300 440 [xx].

Neben den Normungskomitees müssen die Anforderungen der industriellen Automation auch bei den Kommissionsgremien wie Telecommunications Conformity Assessment and Market Surveillance Committee (TCAM), Administration Coordination Group (AD CO) usw. positioniert werden. Dies kann z. B. durch Einbringung von Kommentaren zu der überarbeiteten R&TTE-Richtlinie, Risk-Assessment usw. erreicht werden.

Die Normung der Funkkommunikation für industrielle Automatisierungsanwendungen schließt drei unterschiedliche Bereiche ein:

- Nutzungsbedingungen des Funkspektrums,
- Technologien zur Funkübertragung und
- Technologien der industriellen Kommunikation.

Alle Bereiche haben einen bedeutenden Einfluss auf die Nutzung der Funkkommunikation für Industrie 4.0 und müssen berücksichtigt werden. Demzufolge ist ein Normungskonzept erforderlich, das einerseits durchgängige Lösungen ermöglicht und andererseits definierte Schnittstellen festlegt. Die in diesem Dokument aufgeführten Empfehlungen zielen darauf ab. Die Empfehlungen in den Abschnitten 5.7.6 bis 5.7.8 betreffen die notwendige Einbeziehung der Anwendungsexperten bei der Gestaltung der Nutzungsbedingungen des Frequenzspektrums. Die Empfehlung des Abschnitts 5.7.9 drückt die Notwendigkeit der Beteiligung der Industrieautomation bei der Formulierung der Anforderungen für künftige Entwicklungen der Funkübertragung aus.

5.7.3 Empfehlung: Netzwerkmanagement

Der Verwaltungsaufwand von Industrie-4.0-Netzwerken steigt mit der Komplexität der Lösungen. Hier sollte untersucht werden, ob eine Software-gestützte Verwaltung des Netzwerkes auf Basis der für andere Anwendungsbereiche bereits vorhandenen, bzw. entstehenden Normen und Lösungen zu Automated Infrastructure Management (AIM) auch für Industrie 4.0 geeignet ist oder durch erweiterte Festlegungen ertüchtigt werden muss.

5.7.4 Empfehlung: Infrastrukturkomponenten

Um Diagnose- und Überwachungsfunktionen in einem Industrie-4.0-Netzwerk realisieren zu können, benötigen die Infrastrukturkomponenten der leitungsgebundenen Kommunikationssysteme, sowohl aktive (Router, Switches, Repeater etc.) wie auch 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. Die speziellen Anforderungen durch Industrie 4.0 an Steckverbinder werden im DKE AK 651.03 „Steckverbinder mit Zusatzfunktion“ behandelt.

5.7.5 Empfehlung: Topologie

Bezüglich der Topologie haben wir 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 funkgestützte Kommunikation mit betrachtet wird. Dies umfasst Kommunikation innerhalb von I4.0-Komponenten als auch die Vernetzung zwischen den verschiedenen, teilweise mobilen I4.0-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.

5.7.6 Empfehlung: EMV

Zunehmender Datenverkehr wird eine erhöhte Bandbreite erfordern. Dies kann heute schon mit einer 4-paarigen Verkabelung, die nach Cat 6A für bis zu 10 Gigabit pro Sekunde geeignet ist, abgedeckt werden. Aufgrund der geringeren Spannungsdifferenzen der Signalkodierung wird hierfür eine sehr gute Schirmqualität erforderlich sein, um EMV-Probleme im industriellen Umfeld zu vermeiden. Hier sollte untersucht werden, ob die gängigen Schirmqualitäten mit denen in der Industrie auftretenden EMV-Belastungen zurechtkommen und eine probate Lösung darstellen. Sofern neue Festlegungen zu treffen sind, sind diese zu standardisieren.

5.7.7 Empfehlung: Arbeiten zur Erlangung von exklusiven Spektren 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 ohne gravierende Zugeständnisse an andere Anwendungen im Umfeld von Industrieanlagen weltweit zur Verfügung steht. Es sollten vorbereitende Maßnahmen eingeleitet werden, damit die Industrieautomation ein solches Funkspektrum erlangen kann. Dazu gehören die Ermittlung des Bedarfs, das Zusammentragen von Anforderungen der Anwendungen, die

Identifikation geeigneter Funkspektren sowie die Abbildung der Dienste der Industrieautomation im Sinne der ITU.

5.7.8 Empfehlung: Koexistenz von Funkanwendungen

Ein wesentlicher Aspekt der Umsetzung von Industrie 4.0 ist die Kommunikation zwischen räumlich und organisatorisch verteilten Einheiten, die oft aus Flexibilitätsgründen oder wegen der Mobilität der Einheiten per Funk erfolgen muss. Dabei sind die Anforderungen der verschiedenen Anwendungen sehr unterschiedlich, so dass sie nicht von einer einzelnen Funktechnologie erfüllt werden können. 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.

Um eine hohe Verfügbarkeit der stark wachsenden Anzahl an Funkanwendungen im industriellen Bereich gewährleisten zu können, ist unabhängig vom Frequenzbereich ein unternehmensinternes Koexistenzmanagement erforderlich, das die Kommunikationsanforderungen der technischen Prozesse und der Geschäftsprozesse berücksichtigt. Es gilt, Konzepte festzulegen, die den Koexistenzaspekt sowohl im Lebenszyklus eines industriellen Funkprodukts als auch im Lebenszyklus einer industriellen Funkkommunikationsanlage einbringt. Es ist dabei zu beachten, dass in einem solche Koexistenzmanagementprozess auch Einflüsse der Anwendung von Bedeutung sind. Diese und andere relevante Informationen können nur zentral zur Verfügung stehen, weshalb ein Konzept mit zentralem Koordinator notwendig ist.

Mit der Norm IEC/EN 62657[32] wird ein frequenzunabhängiges Koexistenzmanagement beschrieben, das manuell oder automatisiert umgesetzt werden kann. Dabei wird ein wichtiger Schritt in diese Richtung unternommen.

Die Entwicklungen bei Software Defined Radio (SDR) und Cognitive Radio (CR) haben das Potenzial für ein automatisiertes Koexistenzmanagement über Funktechnologiegrenzen hinweg. Hierfür sind noch ein Referenzmodell zur Mediumsnutzung, Bibliotheken für verschiedene Funktechnologien sowie die Spezifikation einheitlicher Dienste erforderlich, um einen weitgehend automatisierten Informationsaustausch zwischen den Funkanwendungen sowie zwischen Funkanwendung und technischem Prozess bzw. Geschäftsprozess zu realisieren. Für diese Arbeiten sollte die Kooperation mit anderen relevanten Konsortien und Standardisierungsorganisationen gesucht werden.

32 IEC 62657-2 „Industrielle Kommunikationsnetze – Funk-Kommunikationsnetze – Teil 2: Koexistenz“ wird als DIN EN 62657 in Deutschland in Kürze veröffentlicht.

5.7.9 Empfehlung: Funktechnologien

Die für die Heim- und Bürokommunikation entwickelten Funktechnologien decken zum Teil auch Anforderungen industrieller Automatisierungsanwendungen ab. Allerdings gibt es auch solche, 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 Software Defined und Cognitive Radio (SDR/CR), 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 bzw. im Bereich der Fertigungsmaschine erforderlich werden. Standardisierungsarbeiten finden hierzu bereits statt. 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 Aktoren auf den Produktionsprozess. Die Verdrahtung der wachsende Anzahl an Sensoren und Aktoren im Maschinenbau ist aufwändig und zum Teil technisch schwierig zu implementieren. Die drahtlose Einbindung von Sensoren und Aktoren wird damit an Bedeutung gewinnen. Die Vielfalt von Anbietern von zum Teil sehr speziellen Sensoren und Aktoren erfordert eine Normung der Funkkommunikation. Dabei sind die Eigenschaften einfacher Sensoren (Endpoint Device) bzgl. Baugröße, Leistung und Preis zu beachten. Gegebenenfalls sind unterschiedliche Ansätze zu harmonisieren, da Diversität in diesem Bereich nicht wirtschaftlich implementierbar ist.

5.7.10 Empfehlung: Integration von Funkkommunikation

Die Anforderungen an das (einheitliche) Management von Funkkommunikationssystemen unterschiedlichster Technologien im Lebenszyklus von Produktionsanlagen wirkt sich auch auf die Rolle dieser Funksysteme aus. Sie sind nicht nur Mittel zum (Kommunikations-)Zweck, sondern auch Bestandteil der Produktionsanlage. Als solche sollten die Funkgeräte ebenfalls zur Industrie-4.0-Komponente im Sinne des Referenzarchitekturmodells Industrie 4.0 entwickelt werden. Entsprechende Maßnahmen zur Integration der Funkkommunikations- und Managementsysteme in die Welt der industriellen Automation sind vorzunehmen.

Denkbar sind vereinheitlichte Festlegungen zur Konfiguration der Funkgeräte sowie zur Diagnose und Fehleranalyse. Dies trifft insbesondere für IT-Lösungen zu, bei denen andere Konzepte und Lösungen verfolgt werden als im industriellen Bereich. Auf jeden Fall sind Maßnahmen erforder-

lich, um auf neuen Technologien beruhende Funkanwendungen im Lebenszyklus der Produktionsanlagen und speziell im Koexistenzmanagementprozess berücksichtigen zu können.

5.8 Additive Fertigung

Der Bereich additive Fertigung ist der Öffentlichkeit unter dem Begriff „3D-Drucken“ bekannt und wird dort unter dem Aspekt des Nutzens für einzelne Endanwender behandelt (bzw. der davon ausgehenden Gefahren, siehe „Gewehr aus dem Drucker“). Der große und bereits weit entwickelte Markt für die Anwendung dieser Technologien (denn es handelt sich um viele unterschiedliche Technologien, nicht eine einzige, und in hoher Frequenz kommen weitere auf den Markt) ist jedoch die industrielle Anwendung wie z. B. im Bereich der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Energietechnik sowie daneben ebenfalls im Bereich der Medizin- und Dentaltechnik.

Status quo:
Im Jahre 2011 wurde das ISO/TC 261 „Additive Manufacturing“ gegründet, zu dessen Scope die internationale Normung für alle Verfahren und Anwendungen der additiven Fertigung gehören. Um für die Industrie störende Konkurrenz- bzw. Überlappungssituationen zu vermeiden, wurde bereits nach kurzer Zeit eine Partnerschaft zwischen ASTM und ISO eingegangen, da bereits kurz zuvor mit ASTM F42 ein Gremium seine Standardisierungsarbeiten zu additiver Fertigung aufgenommen hatte, welche einen weltweiten Anspruch hat. Diese Partnerschaft, die sich in den letzten Jahren weiter zu einer sehr zuverlässigen Zusammenarbeit gefestigt hat, bedeutet, dass nunmehr von beiden Organisationen, ISO und ASTM, ein gemeinsames Set von Normen für additive Fertigung erarbeitet wird mit gemeinsamer Ausrichtung und mit dem Bemühen, Doppelnormung zu vermeiden und strategisch wichtige Aspekte im Rahmen der verfügbaren Kapazitäten zu steuern. Die Normen erscheinen mit einer gemeinsamen ISO/ASTM-Nummer; die Erarbeitung und Überarbeitung (sowie die Regelung der Urheberrechte) erfolgt nach einem speziellen Partnerschaftsabkommen (einem PSDO agreement) zwischen beiden Organisationen.

Bisher erschienene Normen behandeln:
- Coordinate systems and test methodologies
- Standard specification for additive manufacturing file format (AMF) Version 1.1
- Overview of process categories and feedstock
- Main characteristics and corresponding test methods
- Overview of data processing

Aktuell in Bearbeitung befindliche Projekte (in unterschiedlichen Stadien) sind:
- Terminology
- Guide for Design for Additive Manufacturing
- Requirements for purchased AM parts

- Standard test artifacts
- Standard Specification for Material Extrusion Based Additive Manufacturing of Plastic Materials
- Standard Practice for Metal Powder Bed Fusion to Meet Rigid Quality Requirements
- Specific design guidelines on powder bed fusion
- Qualification, quality assurance and post processing of powder bed fusion metallic parts
- NDT for AM parts

Auf nationaler deutscher Ebene erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit dem VDI, da dort bereits früher mit der Standardisierung begonnen worden war; einige der von ISO/TC 261 veröffentlichten und auch der nunmehr in Kooperation mit ASTM F42 erarbeiteten Normen beruhen auf Richtlinien des VDI FA 105.

Auf europäischer Ebene wurde in 2015 CEN/TC 438 „Additive Manufacturing“ gegründet, welches auf seiner konstituierenden Sitzung klargestellt hat, dass es keine eigenen Normungsaktivitäten über die von ASTM F42 und ISO/TC 261 hinaus vornehmen möchte, sondern dass es seine Aufgabe in der europäischen Übernahme dieser Normen sieht.

Die Frage eines allgemein genutzten Datenformats sollte mit dem Format AMF gelöst werden, dessen Akzeptanz jedoch noch nicht ausreichend groß ist. Durch ein neues Format 3mf, welches durch ein Konsortium auf den Markt gebracht wurde, welchem auch Microsoft angehört, ist zu vermuten, dass durch die Marktdominanz nunmehr ein weithin verbreitetes Format vorhanden sein wird.

5.9 Der Mensch in der Industrie 4.0

5.9.1 Ausgangssituation

In der Arbeitswelt der Industrie 4.0 wird der Mensch weiterhin nicht wegzudenken sein. Als soziotechnisches Arbeitssystem verstanden, bieten flexible und anpassungsfähige Produktionssysteme zahlreiche Chancen, Arbeit besser und menschengerecht zu gestalten. Mit dieser Zielstellung ist es sinnvoll, etablierte Prinzipien der Gestaltung menschengerechter Arbeit zu berücksichtigen (Tabelle 1).

Grundlegend ist die Anforderung der Ausführbarkeit, d. h. bei der Gestaltung eines Arbeitssystems sind das physische und mentale Leistungsvermögen zu berücksichtigen. Aufgaben müssen grundsätzlich zu bewältigen sein. Darüber hinaus muss die Schädigungslosigkeit einer Tätigkeit sichergestellt werden, Unfälle und Gesundheitsschäden sind durch die Gestaltung zu vermeiden. Weitergehend ist die Beeinträchtigungsfreiheit oder auch Zumutbarkeit einer Tätigkeit zu betrachten. Dies bedeutet, dass im besten Fall ein Belastungsoptimum hergestellt wer-

den kann: körperliche und geistige Unterforderung wie Überforderung werden vermieden. Neue Technologien bieten zudem vielfältige Möglichkeiten, Arbeit lern- und persönlichkeitsförderlich zu gestalten. So können adaptive Systeme Beschäftigte individuell unterstützen, Lernprozesse befördern und auch körperliche Einschränkungen kompensieren. Arbeitssysteme, die diese Optionen bieten, können gesundheitsförderlich wirken und die Kompetenzen von Beschäftigten weiterentwickeln. Dies verbessert bei gelungener Umsetzung Zufriedenheit, Motivation und Leistungsfähigkeit.

Tabelle 1: Kriterien und Prinzipien einer menschengerechten Arbeitsgestaltung in Anlehnung an Hacker (2005)

Bewertungsebenen	Kernmerkmale
Ausführbarkeit	Anthropometrische und sinnesphysiologische Normwerte einhalten
Schädigungslosigkeit	Gesundheitsschäden ausschließen
Beeinträchtigungsfreiheit	Arbeiten ohne Beeinträchtigungserleben, keine Befindensminderung
Persönlichkeitsförderlichkeit	Lernen und Kompetenzentwicklung

Neue Technologien bringen neben den Chancen auch Risiken hinsichtlich der Umsetzung von Kriterien menschengerechter Arbeit mit sich. In einem schlechten Fall können Merkmale der Automation dazu führen, dass Aufgaben der Beschäftigten aus Resttätigkeiten bestehen, die zu Monotonie und Dequalifizierung führen. Auch kann die Komplexität und Dynamik der cyberphysischen Systeme und ihrer Prozesse unter Umständen nicht hinreichend verstanden werden. Dies kann unmittelbar zu Stress und Sicherheitsrisiken führen.

Die Arbeitsaufgabe ist Kern des soziotechnischen Systems und damit im Fokus der menschengerechten Gestaltung von Arbeit. Sie verknüpft im System das organisatorische mit dem technischen Teilsystem und zugleich den Menschen. Mit der Perspektive auf ein soziotechnisches System lassen sich die Wechselwirkungen zwischen Technik, Organisation und Personal beschreiben.

Für die menschengerechte Arbeits- und Aufgabengestaltung leitet sich daraus das „TOP-Prinzip“ (Technik, Organisation, Personal) ab. Die Buchstabenreihenfolge ist dabei nicht zufällig gewählt, sondern soll dem arbeitswissenschaftlichen Ansatz Ausdruck verleihen, dass für gute, sichere und gesunde Arbeit zunächst zu prüfen ist, inwieweit Arbeit technisch bestmöglich gestaltet werden kann, z. B. mit dem Ziel eines Belastungsoptimums oder der Minimierung des Unfallrisikos. Soweit dies nicht möglich ist, sind organisatorische, regulierende Maßnahmen zu ergreifen, z. B. durch die eine zeitliche Begrenzung von Belastungen. Erst wenn die technischen

und organisatorischen Möglichkeiten zur Optimierung der Arbeitsgestaltung ausgeschöpft sind, sollten verhaltens-, bzw. personenorientierte Maßnahmen zum Einsatz kommen, die Arbeitsgestaltungsdefizite dann kompensieren können. Derartige Maßnahmen sind allerdings nicht zu verwechseln mit grundsätzlich fähigkeitserweiternden Ansätzen und mit Kompetenzentwicklung. Für gut befähigte Menschen kann die Bewältigung komplexer Aufgaben ein Belastungsoptimum darstellen, das zum Lernen und zur Weiterentwicklung beiträgt. Dies findet aber nicht durch ständige Kompensationsanstrengungen bei Defiziten der Technik oder der Arbeitsbedingungen statt.

Die drei Kernelemente eines soziotechnischen Systems (Technik, Organisation, Personal) können jeweils aus drei Wirkebenen beeinflusst werden – der Mikro-, der Meso- und der Makroebene von Organisationen. Die Mikroebene repräsentiert dabei den einzelnen Arbeitsplatz oder auch ein spezifisches Arbeitsmittel. Die Mesoebene betrachtet komplette Arbeitssysteme und Prozesse zwischen Struktureinheiten eines Unternehmens. Die Makroebene umfasst Gesamtunternehmen und unternehmensübergreifende Prozesse.

Die drei Elemente Technik, Organisation und Personal spannen zusammen mit den verschiedenen Ebenen eine Matrix auf (Tabelle 2), die dazu dient, Handlungsfelder der menschengerechten Arbeitsgestaltung in der Industrie 4.0 zu systematisieren.

Tabelle 2: Handlungsfelder für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung in der Industrie 4.0

Technik	Organisation	Personal
• Assistenzsysteme • Mensch-Roboter-Kollaboration • Mensch-Maschine-Schnittstellengestaltung • Usability	• Handlungs- und Entscheidungsspielraum • Aufgabengestaltung und -vielfalt	• Informationsbedarf und -bereitstellung • Qualifikation & Kompetenz • Befähigung & Verantwortung
• Prospektives Design von Produkten und Produktionsprozessen • Lernförderliche Technikgestaltung	• Organisation von Befugnis & Verantwortung • Verortung von Entscheidungsfunktionen • Einführung der Systeme • Lernförderliche Prozessgestaltung	• Technologie- & innovationsabhängige Kompetenzentwicklung, Personalentwicklung • Zwischenmenschliche Prozesse und Kommunikation
• Betriebs- und unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse und Wertschöpfungsketten • Technologische Ressourcenflexibilität	• Personenbezogener Datenschutz und Persönlichkeitsrechte • Arbeitszeitgestaltung und Flexibilität	• Personalstrategie und -management • Verfügbarkeit von Fachkräften • Demografischer Wandel • Anpassung von Aus- und Weiterbildungscurricula

Im Folgenden werden aus diesen Feldern Empfehlungen abgeleitet, die zu einer erfolgreichen Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 beitragen sollen. Die Handlungsempfehlungen lassen sich nicht alle in Normen und Standards fassen, sondern adressieren auch wirtschaftliche und soziale Rahmenbedingungen, die auf verschiedenen Wegen weiterzuentwickeln sind.[33]

5.9.2 Empfehlung: Normen und Standards zur menschengerechten Arbeitsgestaltung für die Industrie 4.0 weiterentwickeln

Die Rolle der Normung für die menschengerechte Arbeitsgestaltung ist spätestens seit dem New Approach sehr deutlich und wird bspw. im Bereich der Maschinensicherheit verständlich. Durch die rahmengebende Bedeutung, die Normung für die Gestaltung von Produkten und damit auch von Arbeitsmitteln hat, setzt sie im wahrsten Sinne des Wortes Standards. Hier können die nun zu entwickelnden Normen für die Produkte der Industrie 4.0 sowohl auf bereits bestehende Normen bspw. zur Maschinensicherheit oder Ergonomie zurückgreifen, wie auch neue Arbeitsfelder für diese Bereiche aufzeigen. Bei der Entwicklung neuer Normen wird daher empfohlen zu prüfen, inwieweit Normen für die Fragestellungen der Sicherheit und Ergonomie bereits bestehen und diese dann in Bezug zu nehmen bzw. anzuwenden. Darüber hinaus sollten deutlich werdende Leerstellen angezeigt werden und dann in Kooperation mit den ggf. bereits bestehenden Ausschüssen geschlossen werden (bspw. Normenausschuss Ergonomie).

5.9.3 Empfehlung: Technikgestaltung – Adaptive Gestaltung von Arbeitssystemen der Industrie 4.0

Assistenzsysteme haben den Zweck, Beschäftigte bei der Aufgabenerfüllung zu unterstützen. Das bedeutet, dass sich nicht der Mensch an eine Maschine anpassen muss, sondern die Maschine sich an den Menschen anpasst. Mit dem Ziel der menschengerechten Gestaltung lassen sich so lernförderliche Gestaltungselemente realisieren. Für kollaborative Szenarien, in denen Maschinen sich in einem Arbeitssystem autark adaptieren, gilt es, sichere und akzeptanzförderliche Rahmenbedingungen zu schaffen.

Die bisher in der Normung gesondert betrachteten Mensch-Maschine- und Maschine-Maschine-Schnittstellen müssen miteinander kombiniert werden. Die aus Entwicklungen der Industrie 4.0 resultierenden Szenarien zeigen auf, dass insbesondere in der industriellen Produktion Maschinen so flexibel eingesetzt werden, dass sie zur Erfüllung einer Aufgabe je nach Bedarf mit

33 Hacker, W. (2005). Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit. Bern: Verlag Hans Huber (2., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage).

einem Menschen oder einer anderen Maschine interagieren können. Die anforderungsgerechte Gestaltung einer übergreifenden, flexiblen Interoperabilität einer Mensch-Maschine-Maschine-Schnittstelle ist sicherzustellen. Die Komplexität und Dynamik der sich rekonfigurierenden Systemelemente stellen erhöhte Anforderungen an die Mensch-Maschine(n)-Schnittstellen-gestaltung (Mehrmaschinenbedienung). Standards der ergonomischen Gestaltung und besonders auch die Usability der Software gewinnen an Bedeutung.

5.9.4 Empfehlung: Konzepte für eine funktionale Arbeitsteilung Mensch – Maschine

Die Arbeit des Menschen in der Industrie 4.0 mit bzw. an Maschinen sollte sich dahingehend verändern, dass eine nachhaltige Entlastung hinsichtlich körperlicher und geistiger Belastung (Bewegen schwerer Lasten; repetitive, eintönige und ermüdende Tätigkeiten) erreicht werden kann. Der Mensch kann sich so vielmehr durch seine kreativen, innovativen und improvisatorischen Fähigkeiten einbringen und einen motivierenden und ausfüllenden Beitrag leisten.

Ziel muss es sein, dass der Mensch sich nach wie vor als ein zentraler und wichtiger Bestandteil der Arbeitsumgebung versteht und eine dementsprechende Wertschätzung erfährt. Die Rolle des Menschen als Treiber der Veränderungen in der Industrie 4.0 sollte dabei weiterhin im Vordergrund stehen, auch wenn zu der klassischen zwischenmenschlichen Kommunikation nun noch die Interaktion mit vernetzten und digitalisierten Maschinen hinzu kommt. Das Risiko einer Herabstufung und/oder Gleichsetzung des Menschen mit reinen Produktionsmitteln, wie sie Maschinen und Anlagen ausmachen, muss hierbei ernst genommen werden.

Elementar wird bei der Arbeitsgestaltung für den Menschen die situations- und anforderungsgerechte Unterstützung durch vorhandene Technologie für die jeweilige Tätigkeit. Dazu bedarf es geeigneter Assistenzsysteme, welche die vorhandenen Daten verständlich zu nutzbaren Informationen aufbereiten und den Menschen so in die Lage versetzen, die richtigen Entscheidungen zu treffen.

5.9.5 Empfehlung: Gestaltung der Interaktion zwischen Menschen und technischen Systemen

Mit Interaktionen zwischen Menschen und technischen Systemen sollen Aufgaben sicher und beeinträchtigungsfrei bearbeitet werden. Die wesentliche Basis von Interaktionen, der gegenseitige Austausch von Informationen, kann sowohl zeitlich als auch inhaltlich dynamisch bzw. variabel sein (Digitalisierung, Vernetzung, Dynamisierung) und ebenso direkte und indirekte Formen annehmen. Prozesse menschlicher Informationsverarbeitung (vgl. auch psychische

Belastung) sind dafür grundlegend und sollten in die Normung häufiger und umfassender einbezogen werden. Dabei sollten mögliche Varianten von Interaktionen mit technischen Systemen als variierende Prozesse berücksichtigt werden. Die Normung sollte ebenso berücksichtigen, dass sich Aufgaben und einmal getroffene Funktionsallokationen in zukünftigen Arbeitssystemen, in denen Interaktionspartner weitgehend vernetzt sind und (digitalisierte) Informationen wechselseitig austauschen (z. B. Mensch, Arbeitsmittel, Arbeitsumgebung), ändern werden. Bedeutsame Änderungen sind „über die Zeit", „nach ihren Inhalten" und „in ihrer Art der Bearbeitung" und Kombinationen daraus. Änderungen sind zu berücksichtigen auf personaler Ebene (Veränderung von Qualifizierung), auf organisationaler Ebene (Veränderung von Informations-, Koordinations- und Entscheidungsprozessen bei flexiblen Funktionszuweisungen) und auf technischer Ebene (gebrauchstaugliche Mensch-Maschine-Schnittstellen für adaptive und adaptierbare Allokationen von Funktionen; lokalremote; verteilt). Dabei lassen sich Menschen in ihrer Interaktion mit einem technischen System flexibel unterstützen (Werkzeug), teilweise ergänzen (Prothese) oder zeitweise vertreten (Agent).[34]

Handlungsbedarf aus der Digitalisierung ergibt sich durch Menge und Güte aufgabengerecht zu verarbeitender Informationen. Der Handlungsbedarf ergibt sich aus der Vernetzung und Dynamisierung, die umfangreichen und variierenden Informationen sowohl des Menschen als auch des technischen Systems wechselseitig zu ermitteln, zu verteilen und zu koordinieren. Die Normung sollte auch für folgende Herausforderungen einer menschengerechten Gestaltung der Mensch-System-Interaktion Lösungsansätze bereithalten (Lee & Seppelt, 2012; Miller et al. 2012):

- Veränderungen in der Rückmeldung (out-of-the loop unfamiliarity, surprising mode transitions, inadequate training and skill loss): Hohe Automatisierungsgrade bieten dem Menschen nur unzureichende Informationen zur angemessenen Teilnahme. Veränderungen und Fehler in der Automatisierung sind dann vom Menschen schwer zu ermitteln und können von ihm nicht kompensiert werden.
- Veränderungen in der Aufgabenstruktur (clumsy automation, automation-task errors, behavioural adaptation): Durch die Automatisierung werden dem Menschen Funktionen abgenommen und dadurch seine Arbeit beeinträchtigt oder sogar erschwert.
- Veränderungen in der Beziehungsstruktur (mismatched expectations and eutactic behaviour, inapropriate trust (misuse, disuse, and complacency), job satisfaction and health): Eine technikzentrierte Gestaltung der Automatisierung führt zur nichtintendierten Nutzung durch den Menschen.[35]

34 Fraunhofer: http://www.iao.fraunhofer.de/images/iao-news/studie_future_hmi.pd.

35 Lee, J.D. & Seppelt, B.D. (2012). Human factors and ergonomics in automation design. In G. Sal-vendy (Ed.), Handbook of human factors and ergonomics (1615–1642). Hoboken: Wiley.
Miller, C.; Nickel, P.; Di Nocera, F.; Mulder, B.; Neerincx, M.; Parasuraman, R.; Whiteley, I. (2012). Psychology and Human-Machine Systems. In Hockey, G.R.J. (Ed.), THESEUS Towards Human Exploration of Space: a European Strategy (22-38, 54). Straßburg: Indigo.

5.9.6 Empfehlung: Instandhaltung

In der Industrie 4.0 allgemein und konkret in der Fabrik der Zukunft – der Smart Factory – wird die Bedeutung der Instandhaltung als gewährleistende Instanz für die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen eine zentrale Rolle spielen. Vor allem vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität, der anwachsenden Zahl instand zu haltender Objekte und dem vermehrten Einsatz unterschiedlichster Technologien gilt es, die Instandhaltung auf diese Veränderungen vorzubereiten. Die Vision einer Smart Maintenance begreift sich dabei 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. Eine große Bedeutung kommt dabei neben dem Verständnis unterschiedlicher Technologien und dem Beherrschen, Verarbeiten und Interpretieren von großen Datenmengen (Big Data) der Einbindung des Menschen (der Instandhalter) in diese 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 in den Bereichen Elektronik, Mechatronik, Zustandsüberwachung (Condition Monitoring), Systemtechnik, Informatik und Analytik 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. Ohne eine gezielte Weiterentwicklung der Instandhaltung zu einer Smart Maintenance ist die erfolgreiche Realisierung der Industrie 4.0 gefährdet. Erste Anstrengungen aus Wirtschaft, Forschung und Industrieverbänden wurden bereits unter Federführung des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML mit der Erarbeitung eines acatech-Positionspapiers unternommen. Hinter der Initiative „Smart Maintenance for Smart Factories"[36] werden Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft und Gesellschaft formuliert, die diese Thesen und Bedeutung der Instandhaltung für die Industrie 4.0 stützen.

Hinsichtlich Normen und Standards ist die Instandhaltung vor allem auf den Bereich der Kommunikation angewiesen. Dabei gilt es, neben der formal-juristischen Absicherung auch die technische Ausgestaltung der Kommunikation innerhalb eines CPS (Mensch – Mensch, Mensch – Maschine, Maschine – Maschine), aber auch den Austausch von Informationen, Daten und Wissen über Unternehmensgrenzen hinweg zu regeln und zu vereinheitlichen.

36 http://www.acatech.de/de/projekte/laufende-projekte/smart-maintenance.html

5.10 Normungsprozesse

5.10.1 Ausgangssituation

Industrie 4.0 betrifft verschiedene Branchen mit teilweise traditionell unterschiedlichen und historisch gewachsenen Normungswelten und -kulturen. Viele neue Themen, neben Industrie 4.0 beispielweise Smart Cities, Smart Grid, Energiewende oder AAL (Ambient Assisted Living), sind durch das Zusammenwachsen verschiedener Branchen gekennzeichnet. Gerade neue Funktionen über die traditionellen Branchengrenzen hinweg erfordern jedoch Interoperabilität und ein gemeinsames Verständnis von Sicherheit im weitesten Sinne und können hierbei durch Normung und Standardisierung wesentlich unterstützt werden.

Im Vorfeld der eigentlichen Entwicklung von Normen und Standards sind die Grundlagen und ein gemeinsames, Branchengrenzen überschreitendes Systemverständnis notwendig. Wie auch in dieser Normungs-Roadmap an verschiedenen Stellen weiter ausgeführt, haben sich hierbei folgende Elemente bewährt:

Use Cases (Anwendungsfallbeschreibungen) beschreiben Grundfunktionalitäten, Akteure und handelnde Rollen (IEC 62559-2) und unterstützen die ebenfalls wichtige, frühzeitige Entwicklung eines Glossars (Terminologie). Basierend auf den Use Cases können verallgemeinerte Anforderungen an das System formuliert werden, die durch Modelle, Konzepte, Architekturen beschrieben werden, siehe bspw. bei Industrie 4.0 das Referenzarchitekturmodell RAMI4.0 oder die I40-Komponente (DIN SPEC 91345). Normungs-Roadmaps dienen dazu, dieses Wissen zusammenzuführen, zu ordnen, vorhandene Normen und Standards zu identifizieren und den Anforderungen gegenüberzustellen sowie weiteren Entwicklungsbedarf zu identifizieren. Alle Elemente – Use Cases, Referenzarchitekturen, Modelle und Normungs-Roadmaps – sind darauf ausgerichtet, das gemeinsame Verständnis und die Zusammenarbeit verschiedenster Fachkreise zu fördern. Neue Ansätze wie das grafisch interaktive Smart Grid Mapping Tool[37] der IEC kombinieren diese Elemente. Weitere Entwicklungen sind abzusehen und könnten auch durch die Arbeit an der Normung und Standardisierung von Industrie 4.0 mit geprägt werden.

Die Entwicklung von Normen und Standards ist eingespielte Praxis in den verschiedenen Normungsorganisationen. Gerade im Systemumfeld ist zu prüfen, ob nicht statt einer internationalen Norm, die einen hohen, internationalen Konsens repräsentiert, für viele Fragestellungen andere Normungsergebnisse in einem ersten Schritt geeigneter wären – z. B. weil diese schneller verfügbar sind oder der hohe Konsensgrad nicht erforderlich ist, z. B. im nationalen Umfeld die DIN SPEC, VDE-Anwendungsregeln oder VDI-Richtlinien, international CEN Workshop Agreement (CWA), Technische Spezifikation (TS) oder Technische Reports (TR).

37 http://smartgridstandardsmap.com/

Während vorherige Elemente wie Use Cases oder Referenzarchitekturen die vornormativen Entwicklungen beschreiben, wurde durch die Smart Grid Coordination Group[38] vorgeschlagen, dass für eine grundlegende Interoperabilität im Anschluss an die klassische Normung weitere Maßnahmen greifen müssen, die teilweise aus dem Software-Engineering oder auch in der Automatisierung bekannt sind, jedoch für die branchenübergreifende Systementwicklung noch gezielter eingesetzt werden könnten. Basierend auf bestimmten Anwendungsbereichen kann die Entwicklung von konkreten Profilen, die auf Normen aufbauen, sinnvoll sein. Zusammen mit Test Cases/Testbeds – weiterentwickelt aus den vorherigen Use Cases dieses Anwendungsbereiches – kann dann weitgehende Interoperabilität gewährleistet werden.

5.10.2 Empfehlung: Open-Source-Entwicklung

In diesem Zusammenhang ist weiterhin zu untersuchen, wie sich Open-Source-Entwicklungen und Normung gegenseitig ergänzen können.[39]

Die im Folgenden dargestellten Empfehlungen enthalten Vorgaben, die teilweise selbstverständliche Basis aller Normungsvorhaben sind. Sie werden hier jedoch noch einmal explizit gelistet, da sie im Umfeld eines so breit und dynamisch angelegten Vorhabens wie Industrie 4.0 eine neue Bedeutung erlangen.

5.10.3 Empfehlung: Modularisierung der Festlegungen

Zur Stabilisierung des Normungs- und Standardisierungsprozesses sind die zu treffenden Festlegungen zu modularisieren und zu kategorisieren. Ziel ist die Entwicklung von überschaubaren Einzelstandards, die jeweils einen abgeschlossenen Aspekt behandeln und deren Festlegungen jeweils einen gemeinsamen Grad von Reife, Allgemeinheit und Langzeitstabilität besitzen.

5.10.4 Empfehlung: Formalisierung der Festlegungen

Die Inhalte einer Norm sollen einerseits für den Leser verständlich sein. Sie sollten jedoch auch einen formalen Teil besitzen, in dem die Festlegungen so getroffen sind, dass ihre Einhaltung im Einzelfall mit formalen Methoden überprüft werden kann. Auch wenn dies im Einzelfall nicht immer vollständig gelingen wird, ist eine Formalisierung doch so weit wie möglich anzustreben.

38 http://www.cencenelec.eu/standards/sectors/sustainableenergy/smartgrids/pages/default.aspx

39 Beispiel siehe OPC UA http://open62541.org/ oder http://opcfoundation.org/opc-connect/2015/06/open-shared-source-code-and-specifications-program/).

5.10.5 Empfehlung: Kategorisierung der Normen

Jede Norm sollte einer der Kategorien „Kernmodell“, „Referenzmodell“, „Bibliothek“ oder „technische Lösung“ zugeordnet werden:

- Kernmodelle (Model Universals) sind allgemein als wahr anzusehende Modelle, d. h. ihre alternativlose „Richtigkeit“ wird weltweit akzeptiert.
- Referenzmodelle sind geeignete und zutreffende Beschreibungen. Zu einem Referenzmodell kann es jedoch ähnlich geeignete Alternativen geben.
- Bibliotheken enthalten detailliert spezifizierte Klassen der verschiedenen Elementarten. So gibt es z. B. standardisierte Bibliotheken für Merkmale, Gerätetypen, Funktionsbausteintypen, Dienstetypen, Darstellungstypen usw.
- Technische Lösungen beschreiben Lösungen für spezielle Technologieplattformen mit jeweils allen erforderlichen Eigenschaften. Viele bestehende Normen gehören zu dieser Kategorie.

5.10.6 Empfehlung: Explizite Normung der Kernmodelle

Kernmodelle (Model Universals) sind als allgemein wahr anzusehende Modelle eigentlich „Gesetze“ und nicht zu normierende Festlegungen ($F = m \cdot g$ muss z. B. nicht in einer Norm festgelegt werden.) Im Bereich der Informationsmodelle sind diese Gesetze jedoch nicht so gegenwärtig. Zur Festigung der gemeinsamen Modellgrundlagen für Industrie 4.0 sollen die relevanten Kernmodelle explizit als Normen beschrieben und veröffentlicht werden.

5.10.7 Empfehlung: Formal korrekte und vollständige Beschreibung der Referenzmodelle

Ziel der Normung ist die korrekte und vollständige Beschreibung der Referenzmodelle. Unterschiedliche Konzepte, strategische Interessen oder Historien können zu unterschiedlichen Referenzmodellen führen. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob sich eine Einigung auf ein Referenzmodell erzielen lässt. Wenn nicht, dann ist die Existenz von mehreren Referenzmodellen zu akzeptieren, solange sie korrekt formuliert und zur Beschreibung des Sachverhalts geeignet sind.

5.10.8 Empfehlung: Getrennte Beschreibung der konzeptionellen und technologischen Festlegungen

Eine langfristig nachhaltige Entwicklung von Industrie 4.0 kann nur gelingen, wenn sie auf allgemeinen, stabilen und weitgehend technologieneutralen Konzepten aufbaut. Umgekehrt sind

keine Innovationen möglich, wenn die Abbildung auf die aktuell verfügbaren Technologien nicht normativ festgelegt ist. Vor diesem Hintergrund erscheint es zielführend, die Beschreibung der konzeptionellen Festlegungen in den Normen klar von den technologischen Festlegungen abzusetzen. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass beide Arten der Festlegungen erforderlich sind.

5.10.9 Empfehlung: Austausch von Dokumenten

Es gibt mehrere Konsortien und Normungsorganisationen, die Funkkommunikationssysteme für industrielle Anwendungen im Fokus haben. Dazu zählen 3GPP, Bluetooth SIG, ETSI, IEC, IE-EE, ISO, oneM2M, PI. Eine abgestimmte Normungs-Roadmap zu diesem Thema erfordert die Möglichkeit des unkomplizierten Austauschs von Dokumenten. Auf diese Weise kann das Potenzial zur Mitarbeit bzw. die Gefahr von Parallelarbeiten frühzeitig erkannt werden. Gegenwärtig bestehen Hürden für den Zugriff auf Entwürfe oder verabschiedete Standards. Es sind Verantwortlichkeiten zu identifizieren, die entsprechende Maßnahmen in die Wege leiten können.

5.10.10 Empfehlung: Qualifizierung, Lehrinhalte, Aus- und Weiterbildung zur Anwendung der Normen

Die Inhalte der bestehenden Normen erschließen sich nicht immer intuitiv. Um das Normungswissen allgemein und fachspezifisch zu vertiefen sowie insbesondere dem Nachwuchs in Forschung, Industrie und in den Gremien einen effizienten Einstieg in bereits bestehende Konzepte und Lösungen zu ermöglichen, bietet der Beuth Verlag im Rahmen der DIN-Akademie Weiterbildungsmöglichkeiten an.

In Ergänzung hierzu stellt die DIN-Akademie ein vielfältiges Angebot von E-Learning-Kursen zu aktuellen und praxisrelevanten Themen bereit. Speziell für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ist dieses Angebot hilfreich, um sich schnell und kostengünstig wertvolles Wissen anzueignen. Weiterführende Informationen zu Lern- und Weiterbildungsangeboten finden Sie unter www.din.de/de/service-fuer-anwender/din-akademie.

Die DKE veranstaltet Webinare zu Industrie 4.0. Neben einführenden Themen gehen die Beiträge detailliert auf aktuelle Diskussionen im Umfeld der Normung und Standardisierung ein.[40] Weiterführende Seminare werden auch vom VDE-Seminarwesen angeboten.[41]

40 http://www.dke.de/de/Webinare/Seiten/Webinare.aspx

41 https://www.vde-verlag.de/seminare.html

Auch die Erstellung von Schulungsunterlagen zu einzelnen Normen ist häufig schon sehr hilfreich. Die Übersichten bspw. zur IEC 62264 „Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen“ sind hier ein gutes Vorbild.

Unternehmen, die Normen anwenden, finden in einer eigens auf KMU zugeschnittenen Broschüre des Beuth Verlags hilfreiche Informationen zu den verschiedenen Möglichkeiten des Bezugs sowie der Einsicht von Normen. Ergänzende Informationen erhalten Interessierte zudem mit Hilfe des neuen E-Learning-Tools. Hier sind unter anderem Botschaften von bereits in der Normung aktiven Unternehmen zu finden. Diese Unternehmen heben besonders auch den Nutzen von Normen und Standards für KMU hervor.

Weiterhin bietet DIN mit der DIN-Mediathek eine Vielzahl kostenfreier und multimedial aufbereiteter Informationen rund um das Thema Normung an.[42]

42 Weiterführende Informationen zu Lern- und Weiterbildungsangeboten finden Sie unter:
http://www.din.de/de/din-und-seine-partner/presse/mediathek/mediathek-72666
http://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/basiswissen
http://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/nutzen-fuer-die-wirtschaft/mittelstand/normungswissen
http://www.din.de/blob/69886/5bd30d4f89c483b829994f52f57d8ac2/kleines-1x1-der-normung-neu-data.pdf.

6 WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Plattform Industrie 4.0
http://www.plattform-i40.de/

DIN-Bereich Industrie 4.0
www.din.de/go/industrie4-0

Entwicklungsbegleitende Normung
www.din.de/go/partner-in-forschungsprojekten

Koordinierungsstelle IT-Sicherheit (KITS) bei DIN
www.din.de/go/kits

DKE-Bereich Industrie 4.0
www.dke.de/de/std/Industrie40/Seiten/default.aspx

Autonomik für Industrie 4.0
www.autonomik.de/

Fraunhofer IAO Bereich Mensch-Technik-Interaktion
http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/leistungen/mensch-und-it/mensch-technik-interaktion.html

VDI-GMA
www.vdi.de/industrie40

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 DIN und DKE jeweils eine Datenbank eingerichtet, der relevante Normen und Standards listet und regelmäßig aktualisiert wird.

Hier kommen Sie auf die Normen- und Standardsammlung von DIN:
www.din.de/go/industrie4-0

Hier kommen Sie auf die Normen- und Standardsammlung von der DKE:
www.dke.de/Normen-Industrie40

8 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AAL	Active Assisted Living
acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
AE	Allgemeine Empfehlungen
AK	Arbeitskreis
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CAI	Computer Assisted Instruction
CAx	Computer Aided System
CDD	Common Data Dictionary
CDIs	Controller-device interfaces
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CPPS	Cyber Physical Production System
CPS	Cyber Physical System
CRM	Customer Relationship Management
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIN SPEC	DIN-Standard
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
DL	Dienstleistung
EDDL	Electronic Device Description Language
EN	Europäische Norm

ERP	Enterprise Resource Planning
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Europäische Union
EW	Entwicklung
FB	Fachbereich
FDI	Field Data Integration
FDT	Field Device Tool
GL	Grundlagen
GMA	VDI/VDE Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEV	International Electrotechnical Vocabulary
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IML	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
INS	Innovationen durch Normen und Standards
IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
ISA	International Sociological Association
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
ITA	Industry Technical Agreement
ITG	Informationstechnische Gesellschaft im VDE
ITU	International Telecommunication Union
JTC	Joint Technical Committee der IEC und ISO
M2M	Machine-2-machine
MES	Manufacturing Excecution System

NAM	Normenausschuss Maschinenbau
NAMUR	Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie
NE	Nichtfunktionale Eigenschaften
NFC	Near Field Communication
NIA	Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen
NS	Normungsstrategie
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OMG	Object Management Group
OPC-UA	Open Platform Communications – Unified Architecture
PAM	Pluggable Authentication Module
PAS	Publicly Availabe Specification
PDM	Produktdatenmanagement
PLM	Product-Lifecycle-Management
QMS/CRM	Qualitätsmanagement-System
RB	Referenzmodelle der technische-organisatorischen Prozesse
RE	Engineering
RL	Referenzmodelle der leittechnischen Funktionen
RM	Referenzmodelle
RT	Referenzmodelle der technischen Systeme und Prozesse
SA	Systemarchitektur
SB	Standardbibliotheken
SCM	Supply-Chain-Management
SDR/CR	Software Defined Radio/Cognitive Radio
SMB	Standardization Management Board (IEC)
SOA	Service-orientierte Architektur

SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
TC	Technical Committee
TL	Technologien und Lösungen
TR	Technical Report
TS	Technische Spezifikation
UA	Unified Architecture
UC	Use Cases
UK	Unterkomitee
UML	Unified Modeling Language
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e. V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.
W3C	World Wide Web Consortium
WG	Working Group
XML	Extensible Markup Language
ZVEI	ZVEI Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.

9 AUTORENTEAM

Prof. Dr. Lars Adolph, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund

Thomas Anlahr, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund

Dr. Heinz Bedenbender, VDI, Düsseldorf

Alexander Bentkus, DKE, Frankfurt am Main

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

Prof. Dr. Christian Diedrich, ifak, Magdeburg

Dr. Dagmar Dirzus, VDI, Düsseldorf

Filiz Elmas, DIN, Berlin

Prof. Dr. Ulrich Epple, RWTH Aachen, Aachen

Dr. Jochen Friedrich, IBM, Mannheim

Jessica Fritz, DKE, Frankfurt am Main

Dr. Hansjürgen Gebhardt, Institut ASER e. V., Wuppertal

Jan Geilen, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund

Dr. Christoph Hecker, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) e. V., Mainz

Roland Heidel, Kommunikationslösungen e. K., Kandel

Klaus Hemberger, BNetzA, Mainz

Stefan Hiensch, BNetzA, Mainz

Prof. Dr. Dr. Eric Hilgendorf, Universität Würzburg

Dr. Günter Hörcher, Fraunhofer IPA, Stuttgart

Eckehardt Klemm, Phoenix Contact, Bad Pyrmont

Jens Mehrfeld, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Bonn

Theo Metzger, Bundesnetzagentur, Berlin

Dr. Stephan Middelkamp, HARTING, Espelkamp

Dr. Christian Mosch, VDMA, Frankfurt am Main

Dr. Peter Nickel, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

Reinhold Pichler, DKE, Frankfurt am Main

Christopher Prinz, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Dr. Lutz Rauchhaupt, ifak, Magdeburg

Ingo Rolle, DKE, Frankfurt am Main

Prof. Dr. Felix Sasaki, W3C/DFKI GmbH, Berlin

Uwe Seidel, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin

Johannes Stein, DKE, Frankfurt am Main

Daniela Tieves-Sander, KAN Kommission Arbeitsschutz und Normung, Sankt Augustin

Dr. Carsten Ullrich, DFKI GmbH, Berlin

Ingo Weber, Siemens, Karlsruhe

Wei Wei, IBM, Düsseldorf

Ludwig Winkel, Siemens, Karlsruhe

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 im 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