

INDUSTRIE 4.0



FORTSCHRITTSBERICHT

**DEUTSCHE NORMUNGSROADMAP
INDUSTRIE 4.0**

HERAUSGEBER

DIN

DIN e.V.

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

DKE

**VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik e. V.
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik in DIN und VDE**

Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
Tel.: +49 69 6308-0
E-Mail: service@vde.com
Internet: www.dke.de

Bildnachweise:

Titelbild: VDE

Kapiteleingangsgrafiken: Pugun & Photo Studio (S. 5),
kras99 (S. 9, 13, 29), Alex (S. 43) – stock.adobe.com

Stand: April 2022

GRUSSWORT



Olga Meyer
Fraunhofer IPA Vorsitzende Arbeitskreis
Normungsroadmap Industrie 4.0

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

Die Publikationsreihe der Normungsroadmap Industrie 4.0 analysiert strategisch und technisch sowohl die nationale als auch die internationale Normung und Standardisierung im Bereich Industrie 4.0 und spricht Handlungsempfehlungen aus. Unter meiner Leitung hat die Arbeitsgruppe „Normungsroadmap Industrie 4.0“ des Standardization Council Industrie 4.0 im Jahr 2020 die vierte Version der deutschen Normungsroadmap Industrie 4.0 erarbeitet. Der vorliegende Fortschrittsbericht bietet nun einen aktuellen Umsetzungsstand zu den darin getroffenen Handlungsempfehlungen.

Insgesamt 115 Handlungsempfehlungen wurden dabei unter Einbindung von Expertinnen und Experten aus den relevanten nationalen Normungsgremien hinsichtlich ihrer Umsetzung eingeschätzt und bewertet. Dass wir davon 62 Handlungsempfehlungen als Fortschritt einordnen können, ist ein positives Zwischenfazit. Mit unserem Ausblick zum Ende des Fortschrittsberichtes bereiten wir uns vor, Projekte wie z. B. den Digitalen Produktpass, das Digitale Typenschild und weitere Anwendungsbeispiele in der Normung für Industrie 4.0 in der kommenden Roadmap zu verorten und zu verankern.

Die hier getroffenen Einschätzungen dienen zudem als Orientierung und Kompass für die inhaltliche Richtung der im Jahr 2023 erscheinenden fünften Ausgabe der Normungsroadmap.

Während die Nachhaltigkeitsaspekte Mensch und Arbeit seit jeher Bestandteile der Normungsroadmap sind, richten wir in der kommenden Ausgabe der Normungsroadmap den Blick verstärkt auf die Aspekte von Transparenz entlang des gesamten Lebenszyklus von Produkten und Informationen zu den eingesetzten Rohstoffen, denen wir schon heute aus der normativen Perspektive Rechnung tragen müssen.

Ich bedanke mich herzlich bei allen Beitragenden. Ohne den unermüdlichen Einsatz der ehrenamtlichen Expertinnen und Experten ist die Erstellung eines Fortschrittsberichtes wie auch einer Normungsroadmap nicht möglich.

Wir wünschen allen Leserinnen und Lesern eine spannende Lektüre. Wir hoffen, dass unsere Publikationen nicht nur die Normung von Industrie 4.0 vorantreiben, sondern weiterhin als „Türöffner“ für die Normung und Standardisierung der digitalen Fertigung verstanden werden.

Olga Meyer, Gruppenleiterin für Interoperabilität für die digitale Produktion am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und Vorsitzende des Arbeitskreises Normungsroadmap Industrie 4.0

1	Auf einen Blick	5
2	Einleitung	9
3	Fortschritte Kapitel 2 – Normungsbedarf in Kernthemen	13
3.1	Use cases und Anwendungsszenarien	14
3.2	Referenzarchitekturmodelle	15
3.3	Systeme und Eigenschaften	17
3.4	Interoperabilität	21
3.5	Integration	22
3.6	Industrielle Kommunikation	24
3.7	Mensch und Arbeit in Industrie 4.0	26
4	Fortschritte Kapitel 3 – Normungsbedarf in Querschnittsthemen	29
4.1	Open Source	30
4.2	Industrielle Security	31
4.3	Datenschutz/Privacy	35
4.4	Vertrauenswürdigkeit/Trustworthiness von Wertschöpfungsprozessen in Industrie 4.0	37
4.5	Funktionale Sicherheit in Industrie 4.0	37
4.6	Künstliche Intelligenz in industrieller Automation	39
5	Ausblick	43
Annex 1	Abkürzungsverzeichnis	47
Annex 2	Verzeichnis der gelisteten Normungsgremien	51
Annex 3	Autorenliste	55



1

Auf einen Blick

Die Normungsroadmap Industrie 4.0 (NRM I4.0) ist von der ersten Ausgabe an als ein „lebendes“ Dokument konzipiert und wird dementsprechend als eine laufend fortzuschreibende Diskussionsgrundlage verstanden, die in regelmäßigen Abständen aktualisiert wird.

Rund ein Jahr haben die Expertinnen und Experten der **Unterarbeitsgruppe Fortschrittsbericht** Bewertungen zusammengestellt, um einen aktuellen Überblick über den Umsetzungsstand der Handlungsempfehlungen zu geben. Gleichzeitig soll der Fortschrittsbericht die inhaltliche Richtung für die im Jahr 2023 erscheinende fünfte Ausgabe der Normungsroadmap Industrie 4.0 vorgeben. Für die Bewertung der insgesamt 115 Handlungsempfehlungen der Normungsroadmap Industrie 4.0 Version 4 (NRM I4.0 v4) wurden strenge Kriterien zugrunde gelegt und die Experten*innen haben sich in 62 Fällen auf eine positive Fortschrittsbewertung verständigt. Dies entspricht einer Quote von etwas mehr als 53 %, was eine positive Zwischenbilanz darstellt. Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Teilthemen aus **Kapitel 2** „Normungsbedarf in den Kernthemen“¹ und **Kapitel 3** „Normungsbedarf in den Querschnittsthemen“² vorgestellt.

DIE FORTSCHRITTE BEIM NORMUNGSBEDARF IN DEN KERNTHEMEN (KAPITEL 2 DER NRM, V4):

→ Mit den kurz vor Abschluss stehenden Arbeiten zur [IEC 63278-1](#) „Asset Administration Shell for industrial applications – Part 1: Asset Administration Shell structure“ und den Einreichungen zur Erweiterung der Normenreihe, [IEC 63278-2](#): „Information meta model“ und [IEC 63278-3](#): „Security provisions for Asset Administration Shells“ konnten zudem weitere wichtige Normungsprojekte zunächst national und nun international konsolidiert gestellt werden, um die Verwaltungsschale zum zentralen „Integrationsstecker“ für digitale Ökosysteme zu machen und weiter in der internationalen Normung zu verankern.

1 Vgl. NRM, V4, Kapitel 4

2 Vgl. NRM, V4, Kapitel 5

- Die in Kürze erscheinende [IEC 63283-2](#) „Industrial process measurement, control and automation – Smart Manufacturing – Part 2: Use case“. ergänzt wichtige normative Festlegungen hinsichtlich formaler und präziser Definitionen, um ein einheitliches Verständnis von Industrie 4.0 umsetzen zu können. Die dafür benötigte Sammlung von konsistenten und repräsentativen Use cases wurde mit der Norm abgedeckt. Auf diesen Vorarbeiten sollte auch weiterhin aufgebaut werden.
- Fortschritte sind ebenso hinsichtlich der Harmonisierung und Kompatibilität von neuen und bestehenden Referenzarchitekturmodellen zu beobachten. Im Rahmen dieser Liaison konnten mit dem [IEC TR 63319](#) „A meta-modelling analysis approach to smart manufacturing reference models“ und der Norm [IEC 63339](#) „Unified reference model for smart manufacturing“ entwickelt werden, um die ersten internationalen Grundkonzepte und Normen aufeinander abzubilden und die wesentlichen Unterschiede zwischen heterogenen Referenzarchitekturmodellen zu identifizieren sowie die relevanten Begriffe und Definitionen für die intelligente Fertigung festzulegen. Unterstützt werden diese Aktivitäten durch den „Smart Manufacturing Standards Map Catalogue“ ([ISO/IEC TR 63306-1](#)) und [ISO/IEC TR 63306-2](#) „Smart manufacturing standards map (SM2) – Part 2: Catalogue“. Der Katalog ist das Ergebnis einer gemeinsamen Initiative von IEC und ISO über die gemeinsame Arbeitsgruppe **Smart manufacturing standards map Task Force (SM2TF)** mit dem Ziel, einen Normenkatalog nach dem Vorbild des bestehenden Smart Grid für die an Smart Manufacturing beteiligten Gremien zu erstellen, um die Suche nach standardisierten Kriterien zu erleichtern.
- Die Verbindung der industriellen Fertigung mit der Informationstechnologie bildet den Kern von Industrie 4.0. Diese Verbindung erfolgt über den Datenstrom, der zwischen Maschinen, Abteilungen und Unternehmen fließt. Essenziell dafür ist ein einheitliches, standardisiertes Verständnis der Semantik der erzeugten Daten. Für die Bewertungen im Zusammenhang mit dem **Kapitel 3.3** „Systeme und ihre Eigenschaften“ gilt, dass alle Technologien der Industrie 4.0 ihre Interoperabilität beweisen

müssen. Zudem ist in diesen Bereichen durch deren hohe Interdisziplinarität auch die Normungsarbeit vor neue Herausforderungen gestellt und in der V4 der NRM I4.0 mit entsprechend vielen Handlungsempfehlungen adressiert. Die meisten befinden sich aktuell in der Umsetzung, einige werden in der V5 in aktualisierter Form wieder aufgegriffen.

DIE FORTSCHRITTE BEIM NORMUNGSBEDARF IN DEN QUERSCHNITTSTHEMEN (KAPITEL 3 DER NRM, V4):

- In der Betrachtung der Handlungsempfehlungen zu Industrial Security hat sich ein erhöhter Security-Bedarf für industrielle Lieferketten herauskristallisiert. Dabei geht es nicht nur um die Gewährleistung der Originalität und Unverfälschtheit (Integrität) von Komponenten, Produkten und Daten, sondern insbesondere auch um die Robustheit gegen Angriffe auf deren Verfügbarkeit. Die EU hat darauf mit dem [European Cyber Resilience Act](#) (EU CRA) reagiert, der die Definition und Implementierung entsprechender Security-Standards beschleunigen wird. Die Erstellung notwendiger Use cases in einem „datengetriebenen“ Kontext des digitalen Ökosystems erfordert verstärkt die Einbindung von Security-by-Design-Ansätzen, um die Vertrauenswürdigkeit („Trustworthiness“) eines Ökosystems für die beteiligten Stakeholder zu gewährleisten.
- Für die Aspekte des Menschen und der Arbeit im Kontext der Industrie 4.0 stellt sich in der Fortschrittsbewertung eine immer stärkere Vernetzung mit der Digitalisierung heraus, welche über die Normung abgesichert werden muss. Denn auch Produktionsmitarbeitende können mithilfe eines Laptops mit Internetzugang die Produktion von überall überwachen und steuern. Die Anwesenheit des Menschen in den Produktionshallen wird in bestimmten Fällen lediglich für Wartungen und Reparaturen, die aus der Routine fallen, unbedingt nötig sein. Mit der Veröffentlichung der „[Deutschen Normungsroadmap Innovative Arbeitswelt](#)“ liegt neben der NRM I4.0 v4 ein weiteres Dokument vor, welches Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der menschenzentrierten Gestaltung von Arbeit in der digitalen Welt enthält. Die Herausforderung

wird dabei sein, diese Verzahnung noch abgestimmter und zielgerichteter in die Normung einzubringen und die richtigen Adressaten zu identifizieren.

- Gerade für die Funktionale Sicherheit in Industrie 4.0 hat sich bei der Durchsicht die Einschätzung verstärkt, dass sich die Relevanz des Themas in den Gremien und Arbeitsgruppen noch mehr verstärkt hat, als dies in den vergangenen Jahren der Fall war. So konnte die Funktionale Sicherheit speziell innerhalb des IEC/TC 65 und des ISO/IEC JTC 1/SC 42 „Artificial Intelligence“ mit ersten Arbeitsgruppen und Projekten in Bezug auf Safety initiiert werden. Bei den Projekten handelt es sich jedoch aktuell um sogenannte vornormative Publikationen, wie z. B. Technical Reports. Abschließend lässt sich für die Funktionale Sicherheit in Industrie 4.0 zusammenfassen, dass sie insbesondere auf der konzeptionellen Ebene weiterentwickelt wurde und inzwischen einen festen Platz auf der Agenda der Normung eingenommen hat, jedoch die eigentliche Überführung in Normen mit entsprechenden normativen Festlegungen und Anforderungen noch aussteht.
- Auch im Bereich der erstmals im Kontext der NRM I4.0 verorteten Künstlichen Intelligenz (KI) wurden bei der Umsetzung der Handlungsempfehlungen Fortschritte erzielt, wie z. B. im Kontext der Sammlung und Präzisierung der Anwendungsfälle von KI. Für das industrielle Umfeld ist dies ein wesentlicher Grundstein für eine Ableitung notwendiger Normungs- und Standardisierungsbedarfe in der industriellen Anwendung. Hinsichtlich des Aufbaus und der Aktualisierung einer Normungslandkarte sowie der Ableitung von Handlungsstrategien konnten auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene Arbeiten zu Normungslandkarten und Handlungsstrategien bezüglich KI initiiert werden. Zu nennen sind hier die [DIN/DKE Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz](#), welche Ende 2020 veröffentlicht wurde, und der [CEN-CENELEC Road Map Report on AI](#), der im September 2020 erschien. Ergänzt werden diese Veröffentlichungen von der [DIN/DKE Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz Ausgabe 2](#), deren Arbeiten Anfang 2022 begonnen haben. Ebenso hat sich die

Gremienlandschaft erweitert, so wurde im Juni 2021 das CEN-CLC JTC 21 „Artificial Intelligence“ gegründet. Ergänzend dazu wurde auf internationaler Ebene im Herbst desselben Jahres eine KI-spezifische Advisory Group bei ISO/IEC JTC 1/SC 42 gegründet. Beide Gremien erarbeiten eine Standardisierungslandkarte und einen Überblick über laufende und veröffentlichte Projekte.

The background is a dark gray field filled with a complex network of light gray lines and shapes. These include straight lines, right-angled paths, circles of various sizes, and triangles pointing in different directions. Some elements are semi-transparent, creating a layered effect. The overall aesthetic is technical and futuristic, reminiscent of a circuit board or data flow diagram.

2

Einleitung



Die Normungsroadmap Industrie 4.0 hat sich in nunmehr fast einem Jahrzehnt und insgesamt vier Ausgaben zu einem zentralen Element der deutschen Normungsarbeit entwickelt und ist fester Bestandteil der Normungsstrategie für Industrie 4.0. Es ist also an der Zeit, den Umsetzungsstand der ausgesprochenen Handlungsempfehlungen genauer in den Fokus zu nehmen und aufzuzeigen, welche konkreten Umsetzungen und Fortschritte in den vergangenen 24 Monaten seit der Erscheinung erzielt wurden.

Grundsätzlich hat sich bei der Betrachtung bestätigt, dass Anwendungen wie z. B. Digitale Zwillinge für die industrielle Automatisierung ein entscheidendes Werkzeug sind, um Stresspunkte schneller zu erkennen und Szenarien von der Produktentwicklung und dem Betrieb bis hin zur effektiven Nutzung von Anlagen und Risiken darzustellen. Es bestehen jedoch zutage tretende Herausforderungen, die in Bezug auf die Datensicherheit, die Notwendigkeit einer robusten Echtzeit-Konnektivität, spezifische technische Fähigkeiten und die Einrichtung und Wartung von Sensornetzwerken zu berücksichtigen sind, die es dem Digitalen Zwilling ermöglichen, z. B. Umwelt- oder Betriebsdaten zu erfassen.

Konkrete industrielle Lösungen wie die Verwaltungsschale ermöglichen dabei nicht nur eine vorausschauende Wartung, mehr Transparenz und Einblicke in das Produktverhalten (bis ans Ende seiner Nutzungsdauer), sondern ermöglichen auch die Erstellung von Was-wäre-wenn-Szenarien und datengestützter Entscheidungsfindung. Diese neuen digitalen Lösungen machen nicht nur die Produktion effizienter und profitabler, sondern sie ermöglichen es, dass die gesamte Lieferkette reibungslos und mit minimalem Aufwand zu einem kollaborativen Wertschöpfungsnetzwerk verbunden werden kann. Auch hier werden Normung und Standardisierung gebraucht, um den Beteiligten eines solchen kollaborativen Datenraumes ein hohes Maß an Datensouveränität, Datensicherheit und Datenintegrität zu gewährleisten. Vor diesem Hintergrund wird sich auch die kommende Ausgabe der NRM I4.0 mit dem Thema „Datenräume und kollaborative Aspekte in der Industrie 4.0“ auseinandersetzen.

In den beiden folgenden Kapiteln zum Normungsbedarf in Kernthemen (Kapitel 2) und dem Normungsbedarf in Querschnittsthemen (Kapitel 3) werden die Handlungsempfehlungen der Version 4 herangezogen und deren Fortschritte

bewertet. Dieses aktualisierte Bild wird in die Verortung der NRM I4.0 Version 5 miteinfließen und dabei helfen, eine eindeutige Landkarte des Normungsumfeldes zu zeichnen und Lücken zu identifizieren.

Mit dem Ausblick in [Kapitel 4](#) richtet der Fortschrittsbericht nicht nur den Blick auf die kommenden Herausforderungen für die einzelnen Teilthemen, die in der kommenden Normungsroadmap adressiert werden. In gleichem Maße ist das Erreichen einer nachhaltigen und ökologischen Entwicklung zu einer hohen Priorität für die Normung geworden, und der Trend dorthin wird sich sicherlich noch verstärken. In der NRM I4.0 V5 wird also die Frage zu beantworten sein, wie der Weg zu einer ressourceneffizienten und CO₂-neutralen Produktion gestaltet werden kann. Mit dem heutigen Blick scheint die Zeit günstig zu sein, um durch die Betonung der Nachhaltigkeitsaspekte von Industrie 4.0 die gute Position Deutschlands und Europas im internationalen Wettbewerb weiter zu festigen und auszubauen. Die sich entwickelnden Ansätze, wie z. B. der Digital Product Passport als Umsetzung einer Verwaltungsschale, und weitere Aktivitäten werden in der kommenden V5 vertreten sein.

3

Fortschritte Kapitel 2 – Normungsbedarf in Kernthemen

01010101010101101110

0101010101
0110111011101
011101110111
0111010100010001
000100

1010101

101101110

3.1 Use cases und Anwendungsszenarien

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.1-1</p>	<p>Die Task Force „Smart Manufacturing Use cases“ der IEC/TC 65/WG 23 (IEC TR 63283-2 „Industrial-process measurement, control and automation – Smart Manufacturing – Part 2: Use cases“) sollte aus Deutschland heraus aktiv unterstützt werden, um über diesen Weg eine konsistente und repräsentative Use-cases-Sammlung für Industrie 4.0 zu erhalten. So wird dieser Task Force geholfen, sich als zentrale Drehscheibe einer systematischen Konsolidierung der vielfältigen Use cases im Umfeld von Industrie 4.0 zu etablieren.</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Im Bereich der internationalen Zusammenarbeit wird durch eine Personalunion sichergestellt, dass die deutschen Use-case-Aktivitäten über wichtige internationale (bilaterale) Kooperationen mit der Task Force „Smart Manufacturing Use cases“ der IEC/TC 65/WG 23 abgestimmt sind.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.1-2</p>	<p>Die diversen Konzepte, die Use cases auf Basis detaillierterer Beschreibungen wie beispielsweise dem IIRA-Template formulieren, sollten fortgesetzt werden. Beispiele hierfür sind die gemeinsamen Aktivitäten mit China und Japan, ausgewählte Aktivitäten von Labs Network Industrie 4.0 (LNI 4.0)³, aber auch Aktivitäten auf Ebene der Europäischen Union, wie sie insbesondere im Kontext von Künstlicher Intelligenz im Rahmen des AI-PPP⁴ geplant sind.</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Hervorzuheben sind die Arbeiten zum Usage View „Edge Management“⁵ im Rahmen des LNI 4.0-Testbeds und auf Business-View-Ebene die Ergebnisse zu digitalen Geschäftsmodellen, welche insbesondere über die japanische Kooperation erfolgt. Außerdem wurden Use-case-Diskussionen in bilateralen Länderkooperation (u. a. mit China, Japan, Südkorea) im Kontext der Verwaltungsschale sowie von Datenräumen begonnen. Es ist zu erwarten, dass dieser Dialog im Vorfeld der Normung intensiviert wird (siehe 2.1-A1).</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.1-A1</p>	<p>Es sollte weiterhin versucht werden, den Begriff „Use case“ nicht unnötig zu überladen. Es ist nicht das Ziel, ein einheitliches Verständnis vorzugeben, aber es wird empfohlen, dass sich Aktivitäten bezüglich des in der Normungsroadmap formulierten Verständnisses positionieren, sodass dieses weiter geschärft werden kann.</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Den Rückmeldungen zu diversen Vorträgen und Veröffentlichungen ist zu entnehmen, dass eine konsequente Trennung in eine geschäftliche Perspektive, eine Anwendungsperspektive und daraus abgeleitete Umsetzungsperspektiven akzeptiert und unterstützt wird.</p>

3 Siehe [Labs Network Industrie 4.0 – Praxiserprobungen und Standards \(lni40.de\)](#)

4 Siehe [euRobotics and BDVA publish a joint vision for a European AI PPP](#)

5 Siehe [LNI 4.0 Testbed Edge Management – Business View](#)

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4 2.1-A2	<p>Es wird empfohlen, die Formulierung von Businesssszenarien, wie sie insbesondere in Kooperationen mit China forciert wird, weiter zu promoten, da Businesssszenarien mangels Zuständigkeit – zumindest im Moment – nicht im Scope der IEC/TC 65/WG 23 liegen.</p>
---	--

Fortschrittsbewertung 	<p>Neben den Veröffentlichungen „Digitale Plattformen in der produzierenden Industrie“⁶ der Plattform Industrie 4.0 und Robot Revolution Initiative und „Beispiele plattformbasierter Wertschöpfungsnetzwerke in digitalen Ökosystemen“⁷ des Expertenkreises Plattformökonomie des VDMA sind die initiierten Diskussionen zum Wertversprechen der Verwaltungsschale und zu den Businesssszenarien im Kontext von GAIA-X und Catena-X zu erwähnen.</p>
---	---

3.2 Referenzarchitekturmodelle

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4 2.2-1 Differenzierung bzw. Standardisierung von Begriffen „Referenzarchitektur“ und „Referenzarchitekturmodell“	<p>Es wird empfohlen, eine Nutzung des RAMI-4.0-Modells im Vergleich mit anderen gängigen Methoden für ein durchgängig strukturiertes Anforderungsmanagement zu untersuchen und zu beschreiben.</p>
--	---

Fortschrittsbewertung 	<p>Um die bestehenden Referenzmodelle zu harmonisieren und die Entwicklung der zugrunde liegenden Architekturen zu überwachen, wurde eine gemeinsame Arbeitsgruppe zwischen den Ausschüssen ISO/TC 184 „Automation systems and integration“ und IEC/TC 65 „Industrial process measurement, control and automation“ gegründet. Die daraus entstandene Gruppe trägt den Namen ISO/IEC/JWG 21 (Joint Working Group) „Smart Manufacturing Reference model(s)“ und vereint zahlreiche Expert*innen aus verschiedenen Ländern. Die Joint Working Group widmet sich derzeit der Entwicklung des IEC 63339 „Unified Reference Model for Smart Manufacturing“, das Organisationen bei der Entwicklung ihrer eigenen Architekturmodelle für den Einsatz von standardbasierten Lösungen für die intelligente Fertigung anleiten soll. Das Konzept basiert auf einer komplexen Darstellung zur Generierung einfacher Sichten aus verschiedenen Modellen, die durch sogenannte „Views“ in einer vertikalen Achse spezifiziert werden. Als praktisches Beispiel wird u. a. auf das RAMI-4.0-Modell (IEC PAS 63088) Bezug genommen.</p>
---	--

6 Siehe Industrie 4.0 – [Digital Platforms in Manufacturing 2021](#)

7 Erscheint in Kürze: <https://vdma.org/viewer/-/v2article/render/51299437>

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.2-2 Differenzierung bzw. Standardisierung von Begriffen „Referenzarchitektur“ und „Referenzarchitekturmodell“</p>	<p>Ein tieferes Verständnis bei Standardization Development Organisations (SDO) und Konsortien sowie entsprechenden weiteren Standardisierungsaktivitäten (z. B. in Bezug auf das Thema Glossar) für die Differenzierung der Begrifflichkeiten „Referenzarchitekturen“ und „Referenzarchitekturmodellen“ scheint notwendig. Die erzeugten Modellmuster einer Referenzarchitektur können nach der Klasse der zu modellierenden Architekturen differenziert werden. Dies bedeutet, dass eine operationale und funktionale Differenzierung zwischen Referenzarchitekturen und -modellen existiert. Ein einheitliches Verständnis dazu muss in der Standardisierung geschaffen und normativ festgelegt werden.</p>
---	--

Fortschrittsbewertung



Die entsprechende Begriffsdifferenzierung wird mit den Aktivitäten zur [IEC 63339](#) „Unified Reference Model for Smart Manufacturing“ und [IEC/DTR 63319](#) „A meta-modelling analysis approach to smart manufacturing reference models“ behandelt. Entsprechend der Differenzierungsempfehlung wurden relevante Begriffe wie „model“, „meta-model“, „reference architecture“, „reference model“, „smart manufacturing reference model“ in den beiden Projekten definiert.

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.2-3 Harmonisierung und Kompatibilität neuer und bestehender Referenzarchitekturmodelle</p>	<p>Aufgrund heterogener Lösungen für Referenzarchitekturmodelle im Industrie-4.0-Umfeld besteht derzeit ein Harmonisierungsbedarf. Empfohlen wird, dass die Referenzarchitekturmodelle (sowohl bestehende als auch die neuen) kritisch auf funktionale und operative Aspekte geprüft werden, d. h. ob diese durch bestehende Modelle bereits abgedeckt sind. Falls die funktionalen und operativen Aspekte keine Übereinstimmung aufweisen, sollten aber auch keine weiteren Harmonisierungsaktivitäten unternommen werden. Eine Abstimmung ist somit zwischen den Aktivitäten von ISO/IEC JTC 1/AG 8 und ISO/IEC JWG 21 herbeizuführen.</p>
--	--

Fortschrittsbewertung



Die Harmonisierung und Kompatibilität existierender und neuer Referenzmodelle ist eine der Aufgaben der [ISO/IEC JWG 21](#). Konkret identifiziert wurden dabei die Ausarbeitung eines Meta-Modellierungskonzepts, das alle Schlüsselmerkmale jedes vorgeschlagenen Referenzmodells, u. a. [RAMI 4.0](#), [IIC Industrial Internet Reference Architecture](#), [Smart Manufacturing Standards Map \(SM2\)](#), aufnehmen kann. Die Merkmale sollten in einer einheitlichen Weise und als Modell sowie in einer abstrakten Sprache dargestellt werden (siehe [IEC 63339](#)). Unterstützt wird diese Aktivität durch den [Smart Manufacturing Standards Map Catalogue \(ISO/IEC TR 63306-1\)](#) „Smart manufacturing standards map (SM2) – Part 1: Framework“ und [ISO/IEC TR 63306-2](#) „Smart manufacturing standards map (SM2) – Part 2: Catalogue“. Der Katalog ist das Ergebnis einer gemeinsamen Initiative von IEC und ISO über die gemeinsame Arbeitsgruppe [SM2TF „Smart manufacturing standards map Task Force“](#) mit dem Ziel, einen Normenkatalog nach dem Vorbild des bestehenden [Smart Grid](#) für die an [Smart Manufacturing](#) beteiligten Gremien zu erstellen, um die Suche nach standardisierten Kriterien zu erleichtern.

3.3 Systeme und Eigenschaften

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.3-1 Verwaltungsschalenkonzept durchgehend verwenden und standardisieren

Zur Unterstützung der oben dargelegten Prozesse wie Maintenance-Funktionen und Ablage von Wissen in einer Lebenslaufakte müssen die Assets über genormte Schnittstellen mit genormter Semantik Daten mit Produktionssystemen und Anlagenbetreibern austauschen können. Dies wird über das Verwaltungsschalenkonzept erreicht, wenn die Verwaltungsschalen bzw. deren generische Teilmodelle sowie deren Kommunikation zwischen Industrie-4.0-Komponenten in Normen festgelegt sind (siehe Kapitel 1). Es wird empfohlen, die Aktivitäten der IEC/TC 65/WG 24 [IEC 63278-1](#) „Asset administration shell for industrial applications – Part 1: Administration shell structure“ zu unterstützen und voranzutreiben.

Fortschrittsbewertung



Die Norm [IEC 63278-1](#) wurde mit starker Unterstützung aus Deutschland vorangetrieben und befindet sich in der Bearbeitung mit dem Ziel der Veröffentlichung 2023. Mit der Einreichung der New Work Proposals [IEC 63278-2: Information meta model](#) und [IEC 63278-3: „Security provisions for Asset Administration Shells“](#) sollen die weiteren Grundlagen gelegt werden, um das Konzept der Verwaltungsschale durchgehend zu verwenden und zu standardisieren. Unter anderen wird dazu vorbereitend eine Erweiterung der Common Data Dictionaries (CDD) zur Abbildung von Teilmodellen vorbereitet. Alle anwendungsbezogenen Technical Committees (TC) sind dabei aufgerufen, Teilmodelle zu erstellen und zu beschreiben. Einen direkten Beitrag zur Beschreibung von Teilmodellen aus dem Umfeld der Normung leistet das Förderprojekt [InterOpera](#).

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.3-2 Internationalisierung weiterer Teile der Normenreihe zur Verwaltungsschale

Es wird vorgeschlagen, sich hinsichtlich der Vorgehensweise zur weiteren Struktur der Normenreihe an den Arbeiten der Plattform Industrie 4.0/AG 1 national zu orientieren. In diesem Zusammenhang wird auf die Abstimmung mit den Aktivitäten der ISO/IEC/JWG 21 Task Force 8 „Digital Twin and Asset Administration Shell“ sowie IEC/TC 65/WG 24 hingewiesen. Eine Ausarbeitung der digitalen Lebenslaufakte gemäß der Ausarbeitungen der [DIN 77005-1](#) wird nachfolgend in HE 2.3-15 aufgegriffen.

Fortschrittsbewertung



Mit der Einrichtung der Normungsgremien ISO/IEC JTC1/SC 41/WG 27 „Digital Twin – Strategy“ und ISO/IEC JTC1/SC 41/WG 6 „Digital Twin – Standardization“⁸ wurden die Empfehlungen umgesetzt, um die Internationalisierung weiterer Teile zur Normenreihe einzurichten. Zudem wurde mit der Industrial Digital Twin Association (IDTA)⁹ eine Anwender- und Nutzerorganisation gegründet, um die Entwicklungsstränge für den Industrial Digital Twin zusammenzubringen und als offene Technologielösung auf Basis der Verwaltungsschale gemeinsam mit der Industrie zu entwickeln. Eine Abstimmung zur Normung im Kontext zu den Arbeiten in der IEC/TC 65/WG 24 erfolgt über die IDTA „WG Submodelle“.

8 Anmerkung: in Liaison via JTC1/SC41/AG20 „Industrial Sector“ – zu IEC TC65 WG23 und TC65/WG24 als auch JWG21

9 Siehe: [IDTA – Der Standard für den Digitalen Zwilling](#)

Handlungsempfehlung

NRM I4.0 v4

2.3-5

Eigenschaften und Merkmale

Eigenschaften von konzeptionellen Assets, wie z. B. Planungsunterlagen sollten in standardisierte Dictionaries wie IEC/SC 3D „Common Data Dictionary (CDD)“ aufgenommen werden, z. B. die Festlegungen in der [VDI 2770](#). Zusätzlich sollen Planungsunterlagen zwischen Mensch-Maschine-Industrie-4.0-Komponente kommunizierbar sein.

Fortschrittsbewertung

Im Rahmen der Industrial Digital Twin Association (IDTA) wird derzeit an einer Adaption der [VDI 2770](#) gearbeitet. Eine mögliche Umsetzung in der internationalen Normung ist noch zu klären. Zudem wurde eine weitgehende Harmonisierung der [VDI 2770](#) mit dem intelligent information Request and Delivery Standard (iiRDS) erreicht. Diese wurde bei IEC/TC3 „Documentation, graphical symbols and representations of technical information“ als Publicly Available Specification (PAS) eingereicht.

Handlungsempfehlung

NRM I4.0 v4

2.3-8

Eigenschaften und Merkmale

Es sind vorbereitende Tätigkeiten für die Standardisierung von Teilmodellen der Verwaltungsschale zu initiieren. Die Einbindung sollte in Abstimmung mit IEC/TC 65/WG 24 erfolgen. Ein Teilmodell muss in Grundzügen standardisiert sein, das bedeutet, dass es sowohl Basis-/Pflicht-Merkmale und Basis-/Pflicht-Funktionen geben muss, die über individuelle Merkmale und Funktionen durch einen Industrie-4.0-Partner erweitert werden können. Dies bedeutet, dass z. B. bei Energiebetrachtungen für verschiedene Assets gleiche verpflichtende Merkmale und Funktionen vorliegen müssen, sodass man z. B. für alle Komponenten einer Anlage oder Anlagen eines Werkes diese einfach konsolidieren oder gleich ansteuern kann. Spezifische Ergänzungen bleiben möglich.

Fortschrittsbewertung

Wie schon zur HE 2.3-1 angemerkt, sind vorbereitende Tätigkeiten für die Standardisierung von Teilmodellen in der Normung geschaffensweise in Arbeit. Als Nächstes wird vor allem eine Vertiefung und Verbreiterung des Methodenwissens benötigt, zu dem das Förderprojekt [InterOpera](#) beitragen soll. Mit den Projektergebnissen sollen in der Normung gezielt sogenannte Technical Committees (TC) und andere Gremien auf ihre Anwendungsbezüge angesprochen werden, um weitere spezifische Teilmodelle zu erstellen.

Handlungsempfehlung

NRM I4.0 v4

2.3-9

Eigenschaften und Merkmale: Voraussetzungen für funktionale Anforderungen

Es müssen Voraussetzungen geschaffen werden, damit funktionale Anforderungen (z. B. Rolle und erwartete Funktion) sowie deren Erfüllung (z. B. unterstützte Rolle, bereitgestellte Funktion) in standardisierte Dictionaries aufgenommen werden können, sodass die Ausführung von Produktionsprozessen durch Produktionssysteme geplant werden kann.

Fortschrittsbewertung

In der Zwischenzeit gibt es umfangreiche Bemühungen, Fähigkeitsbeschreibungen standardisiert aufzusetzen. Mit Fähigkeiten werden technologieneutrale Beschreibungen von Funktionen bezeichnet, sprich unabhängig von der Art und Weise, wie sie umgesetzt werden (engl. „Capability“ oder „Skill“ als die Beschreibung der implementierten Capability). Die Kernaufgabe ist dabei, diese Fähigkeiten einerseits als Anforderungen bei der Prozessbeschreibung und andererseits auch als Fähigkeiten der Geräte zu beschreiben. Diese sollten im Idealfall automatisiert abgeglichen und passend in Übereinstimmung gebracht werden können. Dies gilt auch für den schon laufenden Produktionsprozess, z. B. in einer wandlungsfähigen Matrixproduktion.

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.3-11 Digitales Typenschild</p>	<p>Die Ansätze für ein Digitales Typenschild gemäß DIN SPEC 91406 (nach dem PAS-Verfahren) und der VDE V 0170-100 sind fortzuführen und in geeigneter Form international umzusetzen.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.3-12 Digitales Typenschild</p>	<p>Anpassungen in allen Anwendungsnormen zur maschinenlesbaren Kennzeichnung in Anlehnung an VDE V 0170-100 und unter Verwendung von DIN SPEC 91406.</p>
<p>Fortschrittsbewertung für 2.3-11 bis 2.3-12</p> 	<p>Mit dem IEC/SC 65E „Devices and integration in enterprise systems“ gibt es ein Gremium, welches beide Empfehlungen zur Umsetzung gebracht hat. Sowohl die VDE V 0170-100 wurde als IEC 63365 „Digital Nameplate – Digital Product Marking“ als auch die DIN SPEC 91406 (IEC 61406 „Identification Link – Unambiguous biunique Machine-Readable“ Identification) wurden der internationalen Normung zugeführt.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.3-13 Modell zur digitalen Lebenslaufakte</p>	<p>Das Modell zur digitalen Lebenslaufakte, basierend auf der DIN 77005-1, ist als Teilmodell der Verwaltungsschale (engl. Asset Administration Shell) zu betrachten. Mit der seit Ende 2018 verfügbaren Spezifikation des Metamodells der Verwaltungsschale liegen die notwendigen Grundlagen hierfür vor. Es wird empfohlen, das Teilmodell zur Lebenslaufakte weiter auszuarbeiten und in die internationalen Normungsarbeiten zur Verwaltungsschale in IEC/TC 65/WG 24 einfließen zu lassen. (siehe HE 2.3-1, HE 2.3-2)</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Das Informationsmodell zur digitalen Lebenslaufakte in der gerade entstehenden DIN 77005-2 basiert auf den Festlegungen in DIN 77005-1. Nach Abschluss der Kommentierung soll ein nationaler Normenentwurf vorliegen. Im Anschluss wird eine Internationalisierung der Norm und eine engere Abstimmung mit der Verwaltungsschale angestrebt. Aufgrund der Größe des Modells wird eine Gestaltung als ein Teilmodell der Verwaltungsschale sehr herausfordernd sein.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.3-19 Wartbarkeit</p>	<p>Prüfung einer Internationalisierung der VDI 2770 Blatt 1 zu Mindestanforderungen an digitale Herstellerinformationen</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Vorbereitend zu einer möglichen Internationalisierung wird derzeit eine Übersetzung der VDI 2770 Blatt 1 in verschiedene Sprachen geprüft. Es ist beabsichtigt, im Jahr 2022 einen New Work Proposal zur Internationalisierung der VDI 2770 bei der ISO einzureichen.</p>

Handlungsempfehlung

NRM I4.0 v4

2.3-22

Validierung und Test

Für eine Simulation werden operative Modelle und passende Werkzeuge gebraucht. Werkzeuge und Modelle brauchen eine gemeinsame Semantik zur maschinellen Ausführung und zur verständlichen Darstellung der Eigenschaften des betrachteten Systems in seiner Umgebung.

Fortschrittsbewertung

Zur Initiierung von Simulationsmodellen wurden einige vielversprechende Grundlagenarbeiten begonnen. Mittels unterstützender Use cases werden in Projekten wie der ZVEI AG „Simulation und Industrie 4.0“ Teilmodelle im Open-Source-Verfahren im AAS-Explorer (Verwaltungsschale) erstellt. Eine Harmonisierung mit weiteren Teilmodellen der Verwaltungsschale erfolgt anschließend.

Handlungsempfehlung

NRM I4.0 v4

2.3-23

**Industrielle
Cloud-Plattformen**

Standardisierungsaktivitäten für eine flexible und erweiterbare Architektur für zukünftige Anforderungen von kognitiven Diensten, Echtzeitanwendungen und Datenmarktplätzen sollen bei relevanten Gremien aufgenommen werden. Als Kernelemente empfiehlt es sich, hybride Cloud-Plattformen, IIoT-Anwendungen sowie cyber-physische Architekturen zu untersuchen. Ein einheitliches Lifecycle-Management aller IT-Ressourcen, Produktionsmittel und der technischen Gebäudeausstattung gehören ebenso dazu wie die Schaffung einer durchgängigen Infrastruktur für echtzeitfähige domänenübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke für die KI-gestützte, autonome Produktion der Zukunft.

Fortschrittsbewertung

Derzeit entwickelt ISO/IEC/JTC 1/SC 38 „Cloud computing and distributed platforms“ verschiedene Normen, die sich auf Multi-Cloud-Konzepte konzentrieren, insbesondere auf die Interoperabilität mehrerer Cloud-Dienste und Rahmenwerke für die gemeinsame Datennutzung. Nichtsdestotrotz blieb die Frage der technischen Zusammenarbeit auf der Plattformebene bisher im normativen Bereich offen. Eine solche Zusammenarbeit muss grundsätzlich auf einer flexiblen und erweiterbaren regelbasierten Rahmenarchitektur aufbauen. Diese sollte einen universell akzeptierten Rahmen für aktuelle und zukünftige Anforderungen an kognitive Dienste, Echtzeitanwendungen, Datenhoheit, Marktplätze und viele andere Anforderungen in einem digitalen Ökosystem ermöglichen. Zu diesem Zweck stellt das GAIA-X-Ökosystem seinen normativen Beitrag zu regulatorischen, branchenspezifischen und technischen Standards, die sogenannte „**Architektur der Standards**“¹⁰, den Teilnehmenden eines solchen Ökosystems zur Verfügung. Dieses Regelwerk, u. a. in einer Gaia-X-Architektur¹¹ formuliert, verspricht ein hohes Maß an Interoperabilität und Sicherheit.

10 Siehe: Architektur der Standards :Gaia-X_Architecture_Document, December 21

11 [Gaia-X Architecture Document 21.12 Release](#)

3.4 Interoperabilität

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.4-3

Konformität zur ISO/IEC-21823-Reihe

DIN NA 043-01-41 IoT und andere relevante Gremien und Komitees sollen die aktuellen Normen der [ISO/IEC-21823](#)-Reihe auf den direkten Bezug zur Industrie sorgfältig überprüfen und im Spiegelgremium rückmelden. Weitere Gremien in DIN/DKE zum Thema Semantik sollen einbezogen werden.

Fortschrittsbewertung



Im Hinblick auf die Normenkonsistenz bezüglich der Verwaltungsschale werden derzeit die aktuellen Arbeiten aus der ISO/IEC-21823-Reihe, insbesondere [ISO/IEC 21823-1](#) „Interoperability for IoT Systems“, von der IEC/TC 65/WG 24 herangezogen. Dabei soll in Abstimmung mit ISO/IEC JTC 1/SC 41 „Internet of things and digital twin“ der Kontext „Interoperabilität“ in den Entwürfen wie beispielsweise [IEC 63278-1](#) untersucht und, wenn notwendig, angepasst werden. Auf nationaler Ebene wird diese Tätigkeit durch Spiegelgremien wie DIN NA 043-01-41 und DKE/AK 931.0.16 unterstützt.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.4-4

Dopplungen in Begrifflichkeiten

Dopplungen in Begrifflichkeiten, insbesondere bezüglich deren identischer oder synonyme Anwendung, sollen in den zuständigen Gremien identifiziert, überprüft, differenziert und/oder angepasst werden, um die fälschliche Anwendung in weiteren normativen Dokumenten zu vermeiden. Empfehlenswert ist die Konsolidierung der Begriffe mit den aktuellen internationalen Normen wie z. B. [ISO/IEC 20924](#) und laufenden Aktivitäten zur Terminologie in IEC/TC 65/WG 23 zum Vokabular.

Fortschrittsbewertung



Für die Konsolidierung der Begriffe auf internationaler Ebene wurde im IEC/TC 1 das Joint Project Team 3 (JOT 3) eingerichtet, dessen Aufgabe die Weiterentwicklung des Internationalen Elektrotechnischen Vokabulars (IEV) ist. Dieses stellt die maßgebliche Quelle für die „standardisierte IEC-Terminologie“ dar und befasst sich mit der Terminologie für intelligente und digitale Systeme. Ein Hauptanliegen des JPT3 ist die Synchronisierung und Vermeidung von Doppelarbeit, insbesondere bei grundlegenden Begriffen. Relevant ist dies u. a. in Bezug auf [ISO/IEC 20924](#) und die laufenden Aktivitäten zur Terminologie in IEC/TC 65/WG 23. Entsprechende Umsetzung der durch JPT 3 empfohlenen Maßnahmen übernimmt die IEC/TC 65/WG 23/TF „Smart Manufacturing Terms and Definitions“.

3.5 Integration

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.5-1 Bestehende Standards (ISO 13585-1 bzw. IEC 61360) für Semantik ergänzen

Die in der Informationswelt erforderlichen Datenformate sind der [ISO 13585-1](#) bzw. der [IEC 61360](#) entnommen. Auch die Merkmale von ECLASS sind auf dieser Basis codiert. Verwaltungsschalen bzw. Submodelle erfordern jedoch für den operationalen Betrieb gegenüber den rein beschreibenden Eigenschaften eines Assets weitere Merkmalstypen. Solche sind Zustände und Parameter der Assets sowie deren Mess- und Aktorwerte (dynamische Daten). Auch Kommandos und ganze Funktionen (oft auch fachliche Funktionen genannt) müssen mit denselben Konzepten beschrieben werden. Der Merkmalsbegriff in heutigen Standards ist notwendig, um solche Semantik in den Datenmodellen zu erweitern und dynamische Werte einwandfrei darstellen zu können. Beispielsweise kann dies mit entsprechenden neuen Attributen im Datenmodell der [ISO 13585-1](#) und [IEC 61360](#) erfolgen. Modelle für Funktionen/Befehle sind zu entwickeln bzw. vorhandene in Normen festzuschreiben.

Fortschrittsbewertung



Die Bedeutung eines standardisierten Wörterbuchs als einer der grundlegenden Aspekte für die Erstellung aussagekräftiger Verwaltungsschalen (engl. Asset-Management-Shell) hat im letzten Jahr zugenommen. Wesentliche Konzepte hierfür sind in dem Whitepaper „Modelling the Semantics of Data of an Asset Administration Shell with Elements of ECLASS“¹² beschrieben. Das Dokument identifiziert die fehlenden Strukturen im konzeptionellen Datenmodell von ECLASS, die notwendig sind, um die Anforderungen der Verwaltungsschale zu erfüllen. Des Weiteren listet das Whitepaper auch Vorschläge für die Weiterentwicklung des ECLASS-Datenmodells auf und beschreibt die Fälle, in denen notwendige Elemente des Metamodells der Verwaltungsschale weder von der Norm [IEC 61360](#) noch von ECLASS unterstützt werden. Für die identifizierte Lücke werden Vorschläge für die Erweiterung des ECLASS-Datenmodells formuliert.

Parallel zu den Aktivitäten bei ECLASS werden bei IEC/TC 3/SC 3D ebenfalls notwendige Erweiterungen des Datenmodells untersucht. Erste prototypische Teilmodell-Templates der Verwaltungsschale wurden bereits in der „IEC Common data Dictionaries (CDD)“ realisiert.

12 Whitepaper „Modelling the Semantics of Data of an Asset Administration Shell with Elements of ECLASS“:
https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Whitepaper_Plattform-Eclass.html

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.5-2

Nachhaltige und durchgehende Harmonisierung der Merkmale zwischen ECLASS und CDD

Bei der grundlegenden Bedeutung einer standardisierten Semantik für Industrie- 4.0-Komponenten ist ein Nebeneinander unterschiedlicher Standards für dieselbe Semantik nicht tragbar, da die übergreifende Interaktion zwischen Industrie 4.0-Komponenten so verhindert wird. Parallelentwicklungen wie an gewissen Stellen heute in IEC, ISO und ECLASS sind zu koordinieren: Die Aktivitäten zur Harmonisierung der Merkmale müssen bei den beteiligten Gremien von ECLASS und IEC beschleunigt werden. Insbesondere sollen die existierenden Merkmale auf die gleiche semantische und syntaktische Ebene gebracht und angepasst werden. Standardisierte Mechanismen und Verfahren zur Spezifikation neuer Merkmale müssen zwischen den ECLASS und CDD synchronisiert werden, um weitere Differenzen in den Merkmalen zu vermeiden. Im Idealfall haben die Herausgeber von Merkmalen (und weiteren Strukturelementen, z. B. Klassen, Werte und Einheiten) nach den Harmonisierungsschritten ihre Standards so weit verzahnt, dass semantisch gleiche Elemente denselben Namen und denselben Code haben, also dasselbe meinen. Gemeinsame Inhalte sollten in allen Datenbanken identisch geführt und erarbeitet werden oder in einer gemeinsamen Datenbank verwaltet werden, um ein Auseinanderlaufen der Inhalte strukturell zu verhindern. Als wesentliche Herausgeber sind zu nennen IEC, ECLASS und zukünftig wohl auch ISO. Die Ergebnisse sollen öffentlich zugänglich gemacht werden.

Fortschrittsbewertung



Ende 2020 haben ECLASS und IEC zusammen mit ISO das Projekt COMDO (One COMmon Data RepOsitory for Smart Manufacturing) initiiert, um ein einziges gemeinsames Daten-Repository zu schaffen. Auch hier konnten Fortschritte hinsichtlich aktueller Implementierungsansätze für ein gemeinsames Repository erreicht werden, um über relevante Anwendungsfälle einen Plan für die Implementierung zu entwickeln. Im nächsten Schritt soll ein realisierbarer Vorschlag für die Implementierung an die Technischen Steuerungsgremien der Projektpartner (IEC/SMB, ISO/TMB, ECLASS Board) vorgelegt werden.

3.6 Industrielle Kommunikation

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.6-1 Nahtloser Übergang zwischen lokalen Industrienetzen und industriellen Mobilfunkfunk- netzen

Normen für globale mobile Netztechnologien sollten so gestaltet oder ergänzt werden, dass ein nahtloser Übergang zwischen lokalen Industrienetzen und industriellen Mobilfunknetzen möglich ist. Ausgangspunkte für die Standardisierung solcher heterogenen, industriellen Netzwerke können die Dokumente der 5G-ACIA zur Integration von Ethernet, TSN und OPC-UA in 5G sein.

Fortschrittsbewertung



Das sich derzeit in Entwicklung befindliche Profil zur **IEC/IEEE 60802** ist das verbindende Element von heterogenen, industriellen Netzwerken. Dies zeigt das Whitepaper „Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications“ der 5G-ACIA¹³, welches 5G- und TSN-Technologie als Schlüssel für zukünftige industrielle Kommunikation identifiziert. Im Technical Paper „OPC UA for Field eXchange (FX)“ der OPC Foundation wird der Norm **IEC/IEEE 60802** ebenso eine wichtige Rolle bei „Converged Networks“ zugesprochen.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.6-6 Zusammenfassung von Kenngrößen und Methoden zur Bewertung von industriellen Echtzeitkommunikations- systemen

Kenngrößen und Methoden zur Bewertung von industriellen Echtzeitkommunikationssystemen (leitungsgebunden und drahtlos) sind in einer Norm zusammenfassend und einheitlich festzulegen.

Fortschrittsbewertung



Ein einheitlicher Ansatz zur Bewertung von industriellen Echtzeitkommunikationssystemen wurde in die internationale Normung eingebracht und wird in der IEC/TC 65/AG 4 „Coordination of properties and CDD“ weiterentwickelt.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.6-7 Bereitsstellung von Testspezifikationen

Kommunikationsnormen für Industrie 4.0 haben Testspezifikationen bereitzustellen, die zum Nachweis der Performanz, der Konformität und der Interoperabilität von Produkten herangezogen werden können.

Fortschrittsbewertung



Mit dem Normungsprojekt zur **IEC 61802** entsteht in IEC/SC 65C/WG 18 „Time-sensitive networking for industrial automation“ ein Standard für Testspezifikationen auf Basis der **IEC/IEEE 60802** „TSN for Industrial Automation“, die eine Bereitstellung gewährleisten.

13 White paper Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications:
<https://5g-acia.org/whitepapers/integration-of-5g-with-time-sensitive-networking-for-industrial-communications/>

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.6-8

Weltweite Harmonisierung von Frequenzspektr für die Nutzung durch industrielle Automatisierungs- anwendungen

Die Arbeiten zur weltweiten Harmonisierung von Frequenzspektr
für die Nutzung durch industrielle Automatisierungsanwendungen sollten weiter aktiv durch Experten der Mess- und Automatisierungstechnik begleitet werden. Industrieverbände und Plattform-Industrie 4.0 sollten Argumente und Anforderungen für die Verwaltungen (z. B. BNetzA in Deutschland) zur Berücksichtigung bei der Frequenznutzungsplanung formulieren. Diese Ausführungen sollten international abgestimmt werden. Die für Deutschland geltende Regulierung für Frequenzzuteilungen für lokale Frequenznutzungen im Frequenzbereich 3.700–3.800 MHz sollte im Sinne der internationalen Harmonisierung weltweit gelten. Es wird empfohlen, auch die Konzepte für den nicht-öffentlichen industriellen Netzbetrieb und für den kooperativen Netzbetrieb mit einem öffentlichen Netzbetreiber zu harmonisieren.

Fortschrittsbewertung



Eine weltweite Harmonisierung der Spektrumsaspekte wird im Whitepaper der 5G-ACIA „5G for Connected Industries and Automation“¹⁴ adressiert. Dabei wird vorgeschlagen, mittels einer gemeinsamen Initiative aller relevanten Akteure des entstehenden 5G-Ökosystems in der Fertigung eine Harmonisierung zu erzielen.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.6-9

Non-public Networks

Normen für globale mobile Netztechnologien sollten so gestaltet oder ergänzt werden, dass auch eine Nutzung als nicht-öffentliches lokales Industrienetz möglich ist. Ausgangspunkt sollte das „Whitepaper 5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios“ der 5G ACIA sein.

Fortschrittsbewertung



Das „Whitepaper 5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios“¹⁵ der 5G ACIA liegt in einer aktualisierten Version vor. Dieses Papier beschreibt vier industrielle (IIoT) Einsatzszenarien für 3GPP-definierte, nicht-öffentliche 5G-Netze. Darüber hinaus werden Schlüsselaspekte betrachtet, insbesondere Dienstmerkmale, die dazu beitragen können, die Unterschiede zwischen diesen Szenarien hervorzuheben.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

2.6-11

Einheitliche Normung für industrielles Lokations- management

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

- (1) Technologien zur Ermittlung der Lokationsdaten;
- (2) Formate für Lokationsdaten;
- (3) Vereinbarungen zur Datenhaltung (zentral/dezentral);
- (4) Protokolle zum Datentransport;
- (5) Applikationen und Visualisierungswerkzeuge.

Fortschrittsbewertung



Mit Omlox¹⁶ besteht ein Technologiestandard, der eine technologie- und herstellerunabhängige Bereitstellung von Ortungsdaten ermöglicht. Bestrebungen für eine Harmonisierung im Kontext des industriellen Umfelds können einen Wertbeitrag leisten und z. B. die technische Komplexität von Ortungssysteme und damit den Aufwand reduzieren. Standardisierte Schnittstellen erleichtern die Integration der Systeme beim Kunden und ermöglichen spätere Erweiterung.

14 Siehe: [5G for Connected Industries and Automation \(Second Edition\)](#)

15 Siehe: [5G Non-Public Networks for Industrial Scenarios](#)

16 [Omlox](#)

3.7 Mensch und Arbeit in Industrie 4.0

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.7-1</p>	<p>Die Formulierung von Mindeststandards für die Berücksichtigung soziotechnischer Aspekte ist in verschiedenen generischen Normen zur Ergonomie und Arbeitsgestaltung zu prüfen. Die relevanten Aussagen zur Arbeitssystemgestaltung sind derzeit wie beschrieben auf zahlreiche Normen verteilt, sodass es dem betrieblichen Planer erschwert wird, diese aufzufinden und bei der Planung von Lösungen der Industrie 4.0 adäquat zu berücksichtigen. Hierzu sollte zudem die Übersichtlichkeit der Zusammenhänge in der Ergonomienormung verbessert werden.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.7-2</p>	<p>Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, dem betrieblichen Planer ein Dokument zur Verfügung zu stellen, in dem alle prozessrelevanten Aussagen zur Industrie 4.0 zusammengefasst werden. Dies sollte zunächst in einem Leitfaden zur Arbeitssystemgestaltung für Lösungen der Industrie 4.0 realisiert werden.</p>
<p>Fortschrittsbewertung 2.7-1 – 2.7.2</p> 	<p>Für beide Handlungsempfehlungen gilt dieselbe Einschätzung. Im DIN NA 023-00-06 AA „Ergonomie der Arbeits- und Produktgestaltung in der Industrie 4.0“ wurde diese Empfehlung aufgenommen und ein Projekt dazu befindet sich in der Initiationsphase.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.7-8</p>	<p>Eine fortschreitende Automatisierung und Technisierung der Arbeitsorganisation kann dazu führen, dass Interaktionsprozesse zwischen Menschen reduziert werden. Es ist darauf zu achten, Aspekte der sozialen Isolation bezüglich ihrer möglichen Auswirkungen auf die psychische Belastung von Beschäftigten zu erkennen und zu bewerten. Ergänzungs- bzw. Änderungsbedarf besteht bei folgendem Regelwerk: DIN EN ISO 10075-2.</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Für den in der Handlungsempfehlung beschriebenen Ergänzungs- bzw. Änderungsbedarf sind die entsprechenden Arbeiten zur DIN EN ISO 10075-2 in Bearbeitung. Die angesprochene Handlungsempfehlung aus der NRM I4.0 v4 wurden vom DIN NA 023-00-06 AA „Ergonomie der Arbeits- und Produktgestaltung in der Industrie 4.0“ eingebracht.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.7-13</p>	<p>Mittelfristig werden Aspekte des lebenslangen Lernens und der Digitalkompetenz an Bedeutung gewinnen. Durch neue Möglichkeiten der technischen Unterstützung von Qualifikationen der Beschäftigten können sie wiederum andere und vielfältigere Aufgaben bearbeiten. Hieraus resultiert ein normativer Anpassungsbedarf für einige zentrale Normen, z. B. den Entwurf zur DIN EN ISO 27500, und weitere Normen wie u. a. DIN EN ISO 9241-11, DIN EN ISO 9241-20, -100, -171 und -210, DIN EN ISO 26800, DIN EN ISO 10075-2.</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Aus dem zuvor formulierten Bedarf, Aspekte des lebenslangen Lernens und der Digitalkompetenz stärker einzubinden, wurde mit der Umsetzung der Norm DIN EN ISO 27500 ein konkreter Schritt umgesetzt.</p>

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4**

2.7-17

Assistenzsysteme können die Reihenfolge der Abarbeitung von Aufgaben bzw. dem dahinterstehenden System im Sinne betriebsorganisatorischer Ziele wie Wegoptimierung, Zeitersparnis, Auftragsreihenfolge o. Ä. vorgeben. Die Schnittstellengestaltung soll den Beschäftigten entscheiden lassen, wann er den nächsten Auftrag annehmen möchte, wie er den nächsten Auftrag durchführen möchte usw. Der Beschäftigte muss Kontrolle über den Prozess haben und entscheiden können. Anpassungsbedarf entsteht z. B. für DIN EN 614-2, [DIN EN ISO 10075-2](#), C-Normen für Maschinen.

Fortschrittsbewertung

Mit der [DIN EN ISO 10075-2](#) werden aktuell die Gestaltungsgrundsätze für ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung bearbeitet, die zuvor formulierten Handlungsempfehlungen wurden vom DIN NA 023-00-06 AA in den Prozess mit eingebracht.

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4**

2.7-26

Der Prozess des Anlernens bzw. Teachens von kollaborativen Robotern durch Beschäftigte sollte ergonomisch gestaltet (z. B. erwartungskonform, fehlertolerant und selbstbeschreibungsfähig) sein. Überarbeitungsbedarf entsteht z. B. für [ISO/TS 15066](#), [DIN EN ISO 10218-2](#).

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4**

2.7-27

Anforderungen an Exoskelette sind in der Normung zu konkretisieren. Es liegen noch keine einschlägigen Normen vor, neue Vorhaben sollten initiiert werden.

**Fortschrittsbewertung
für 2.7-26 bis 2.7-27**

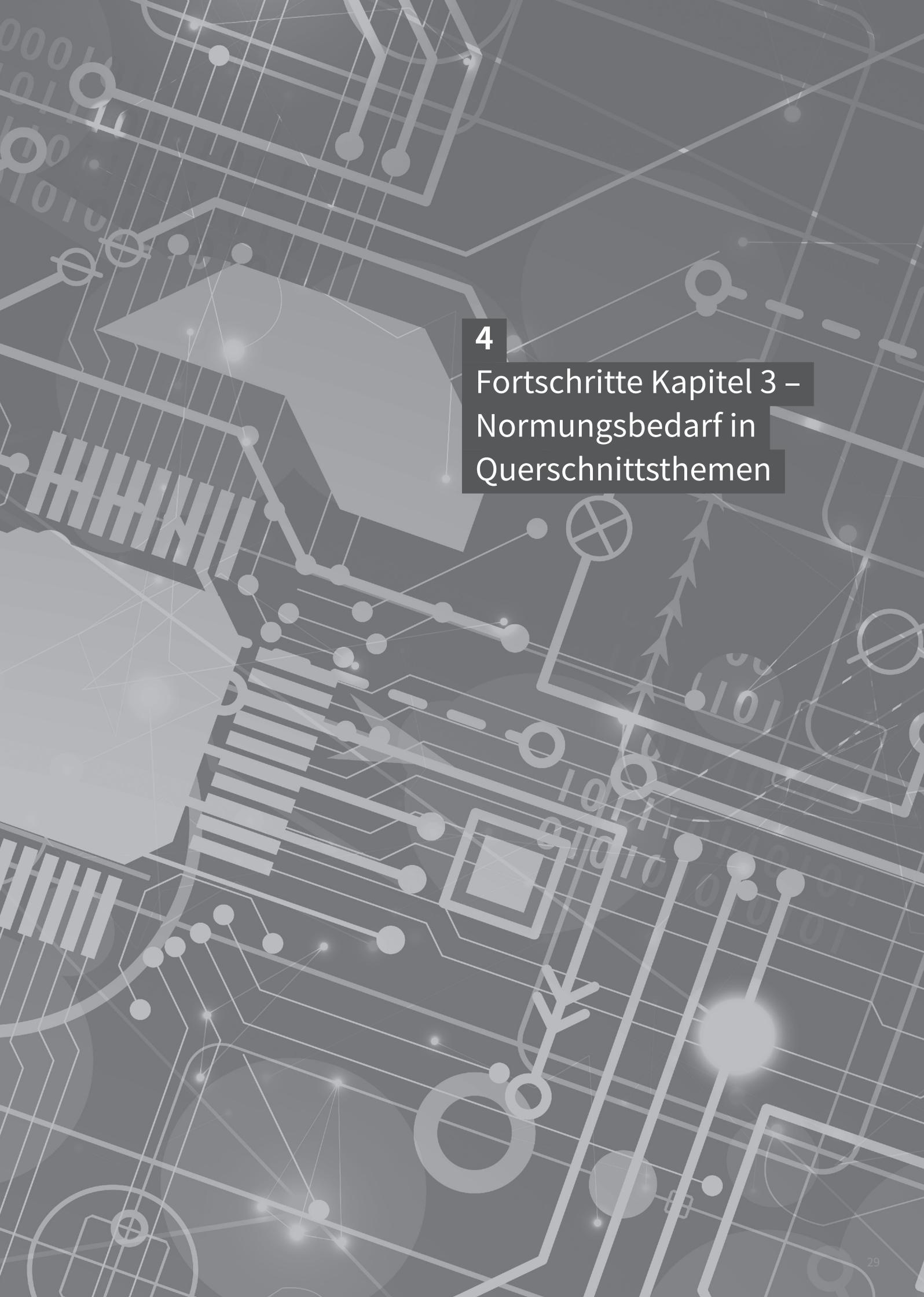
Für beide Handlungsempfehlungen gilt dieselbe Einschätzung. 2021 wurde der beim Normenausschuss Ergonomie angesiedelte Gemeinschaftsarbeitsausschuss DIN NA 023-00-08 GA „Exoskelette“ gegründet. Ziel des Gremiums ist es, zunächst eine Prüfung des Normungs- und Standardisierungsbedarfs im Prozess des Anlernens von kollaborativen Robotern zu tätigen.

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.7-29</p>	<p>Bei Konstruktion und Design der technischen Systeme, insbesondere bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen, sind die Aspekte einer lernförderlichen Gestaltung zu berücksichtigen. Hierbei gilt es, vorausschauend die betrieblichen Prozesse (Steuerungs- und Informations-/Kommunikations- sowie Feedbackprozesse) zu berücksichtigen.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>2.7-30</p>	<p>Vorgehensweisen zur Etablierung lebenslangen Lernens und von Problemlösungskompetenzen sollten als Teil kontinuierlicher Verbesserung beschrieben werden (bspw. bestehendes Fachwissen durch inkrementelles Lernen aktualisieren).</p>

Fortschrittsbewertung
für 2.-7-29 bis 2.7-30



Für beide Handlungsempfehlungen gilt dieselbe Einschätzung. Lernförderliche Arbeitsgestaltung ist ein wichtiges Handlungsfeld in Unternehmen, um den Anforderungen an Kompetenzerhalt und -entwicklung in der digitalisierten Arbeitswelt effizient und effektiv nachzukommen und Lernpotenziale von Arbeitssystemen auszuschöpfen. Für beide zuvor formulierten Handlungsempfehlungen gilt dabei der Verweis auf die fortschreitenden Normungsaktivitäten zur lernförderlichen Arbeitsgestaltung im Rahmen der [VDI/VDE MT 7100](#) und [DIN EN ISO 10075-2](#). In der Richtlinie [VDI/VDE-MT 7100 Blatt 1](#) wird neben den Zielen lernförderlicher Arbeitsgestaltung der Nutzen für Unternehmen, Mitarbeiter und die Gesellschaft dargelegt. Es werden zentrale Treiber und Notwendigkeiten dargelegt; dazu zählen Geschwindigkeit und Umfang der digitalen Transformation, die globale Wettbewerbssituation, Zunahme von Dynamik und Komplexität der Wertschöpfung sowie der demografische Wandel und die Änderung der Erwartungshaltung der Arbeitskräfte. Mit der Norm [DIN EN ISO 10075-2](#) werden wie bereits dargestellt die Gestaltungsgrundsätze für ergonomische Grundlagen (2.7-17) bezüglich psychischer Arbeitsbelastung bearbeitet. Auch hier wurden die Handlungsempfehlungen durch den [DIN NA 023-00-06 AA](#) eingebracht.

The background is a complex, monochromatic abstract design. It features a network of thin white lines that resemble circuit traces or data paths, connecting various nodes and symbols. Some nodes are simple circles, while others are more complex, resembling integrated circuits or connectors. Binary code (0s and 1s) is scattered throughout the design, often appearing in clusters or along the lines. There are also larger, semi-transparent geometric shapes, such as a large triangle and a square, which are layered over the circuitry. The overall effect is one of a dense, interconnected digital or technical landscape.

4

**Fortschritte Kapitel 3 –
Normungsbedarf in
Querschnittsthemen**

4.1 Open Source

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

Es wird empfohlen, die agile Normung durch Pilotprojekte weiter auszubauen und somit die Zusammenarbeit von Normung und Standardisierung mit Open Source zu verstärken. Dabei können Spezifikationen (bspw. DIN SPEC oder VDE SPEC) im Rahmen von Industrie 4.0 eine gute Möglichkeit für die Pilotierung bieten.

3.1-1: Fortführung und Verstärkung agiler Normungsprojekte

Fortschrittsbewertung



Der Grundstein für die weitere Umsetzung der Handlungsempfehlung wurde gelegt. Es hat sich bestätigt, dass die Rolle von Open-Source-Lösungen für die Normung von Bedeutung ist und vice versa. Im derzeitigen Diskurs resultiert dies in der Entwicklung zur Entkopplung der Begriffe „Agile Ansätze zur Normung“ und „Open-Source-Lösungen“ in der Normung. Daraus ergeben sich zunächst zwei getrennte Handlungsstränge.

→ **Agile Ansätze zur Normung:** Im Bereich der agilen Normung wurde bereits über das Zusammenspiel von SCI 4.0 und LNI 4.0 aufgezeigt, wie eine agile Herangehensweise ermöglicht werden kann und z. B. funktionale Lücken in die Normung und Standardisierung zurückgemeldet werden können. Darauf aufbauend kann sehr schnell und gezielt seitens der Normung reagiert werden. Ein konkretes Beispiel für diese Form der Umsetzung ist das Testbed „Verwaltungsschale“¹⁷. Ein weiteres Beispiel für diesen Ansatz ist die [DIN SPEC 92222](#) „Reference architecture for Industrial Cloud Federation“¹⁸. Hier wurden konkrete Use cases in Zusammenarbeit mit dem [Cloud2Cloud Testbed](#)¹⁹ des Labs Network Industrie 4.0 (LNI 4.0) validiert, sodass die Ergebnisse der Tests direkt wieder in das Standardisierungsprojekt einfließen konnten. Arbeiten zur technologischen Umsetzung der Industrial Cloud Federation mittels OPC-UA werden in einer Joint Working Group zwischen DIN und der OPC Foundation weitergeführt, wobei auf Basis spezifischer Anwendungsfälle in Form von Demonstratoren im Rahmen eines Testbeds notwendige Standardisierungsbedarfe abgeleitet werden. Diese Vorgehen stellen Beispiele für den agilen Standardisierungsansatz dar, bei dem eine praxisnahe Erarbeitung konkreter Handlungsempfehlungen ermöglicht wird.

Unterstützende Open-Source-Aktivitäten aus dem Umfeld der Normung: Mit der Gründung des DIN/DKE Joint Open-Source-Program Office ([Joint OSPO](#)) wird nun eine Anlaufstelle gegründet, die sich mit Fragestellungen über das erfolgreiche Zusammenspiel zwischen Standardisierung und Open-Source-Lösungen in verschiedenen Konstellationen auseinandersetzt.

17 Siehe LNI 4.0: [Testbed AAS](#)

18 Siehe: <https://www.beuth.de/en/technical-rule/din-spec-92222/346097997>

19 Siehe: <https://lni40.de/cloud-kommunikation-ohne-grenzen/>

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

3.1-2: Beispielimplementierung durch Open Source

Um die Verbreitung von Industrie 4.0 zu beschleunigen, sollte die Entwicklung von Beispielimplementierungen als Open Source noch stärker vorangetrieben werden. Mithilfe von Lizenzempfehlungen und Rechtsgutachten ist sicherzustellen, dass der Einsatz und speziell die Mitarbeit an Open-Source-Projekten einfach möglich sind.

Fortschrittsbewertung



Das Thema Open Source wird sowohl auf europäischer Ebene beim CEN-CENELC (DITSAG) Project 4: „Open-Source-Solutions“ als auch auf nationaler Ebene mit der bevorstehenden Gründung des DIN/DKE Joint OSPOs weiter vorangetrieben. Die erarbeiteten Ergebnisse werden miteinander abgestimmt und in Pilotprojekten validiert.

4.2 Industrielle Security

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

3.2-1: Harmonisierung EU Cyber- security Act und New Legislative Framework

Eine konstruktive und umfassend angelegte Abstimmung zwischen Behörden, Gesetzgeber und Normungsorganisationen bezüglich des Zusammenspiels der beiden Regulierungsansätze von EU Cybersecurity Act²⁰ und New Legislative Framework²¹ sollte zeitnah erfolgen.

Fortschrittsbewertung



Aufgrund der Komplexität und den damit verbundenen Kostenfaktoren ist es sehr wichtig, dass am Standardisierungsprozess zur Industrial Security alle betroffenen Stakeholder mitwirken. Dies betrifft Hersteller von Komponenten, Geräten, Integratoren, Zertifizierer und Betreiber/Anwender. Zudem sollte in einem frühen Stadium eine Einbindung der regulatorische Ebene insbesondere auf europäischer Basis (EU, ENISA) vonstattengehen, um die Umsetzbarkeit zukünftiger Regularien ([Cyber Security Act](#) und [Cyber Resilience Act](#)) im Sinne des „New Legislative Framework“ zu gewährleisten.

20 Siehe: [Cyber security and Cyber resilience Act: Cyber Resilience Act | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#)

21 Siehe: [New legislative framework \(europa.eu\)](#)

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>3.2-2: Security-Infrastruktur für sichere Inter-Domain-Kommunikation</p>	<p>Sichere Kommunikation benötigt sichere Identitäten (Identifikatoren und Attribute) und Vertrauensanker. Die Generierung und Verwaltung von sicheren Identitäten und die Sicherung deren Vertrauenswürdigkeit erfordern eine gesicherte Infrastruktur. Anforderungen sind u. a. Skalierbarkeit, Resilienz, Wirtschaftlichkeit, Langzeittauglichkeit, (benutzerdefinierte) Vertrauenswürdigkeit über lokale Rechtsräume hinweg und unabhängig von lokalen Rechtsräumen. Domänen-übergreifende Governance-Strukturen zur Unterstützung sicherer Industrie-4.0-Kommunikation müssen definiert und standardisiert werden. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit aller industriellen Stakeholder. Die mögliche Verwendung und Einbeziehung nationaler und regionaler Lösungen (wie z. B. eIDAS)²² muss mit den regulatorisch Verantwortlichen geprüft und in Feldversuchen/Pilotprojekten getestet werden.</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Im Bereich des Forschungsbedarfs zur Security in Industrieumgebungen sind ebenfalls entscheidende Aktivitäten zu verzeichnen. Dies betrifft die Definition und Implementierung von Infrastrukturen für sichere Identitäten zur Kommunikation in globalen Wertschöpfungsnetzen wie auch die Gewährleistung der Vertrauenswürdigkeit der beteiligten Komponenten und Systeme. Im vergangenen Jahr haben sich dabei Lösungen wie eIDAS angeboten.</p>
<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>3.2-5: Zugriffs-, Rollen- und Berechtigungsmechanismen für Industrie 4.0</p>	<p>Zugriff auf und Nutzung von Daten und Ressourcen im Rahmen von Industrie-4.0-Kooperationen bedarf standardisierter Regeln. Existierende Konzepte wie z. B. IEC 62351 „Power systems management and associated information exchange – Data and communications security“ können als Ausgangspunkt dienen. Randbedingungen an die Umsetzung sind z. B. Skalierbarkeit und die Möglichkeit der Abbildung auf spezifische vertikale Anforderungen.</p>
<p>Fortschrittsbewertung</p> 	<p>Im Rahmen der Standardisierungsaktivitäten des New Work Item Proposal IEC 63278-3: „Security provisions for Asset Administration Shells“ wird bei IEC/TC 65/WG 24 die Definition von Zugriffsmechanismen auf Daten und Ressourcen für Industrie 4.0 eingebracht.</p>

22 Siehe: eIDAS Regulation: [eIDAS Regulation | Shaping Europe's digital future \(europa.eu\)](#)

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

3.2-6: Sicherheitsstandards zum Austausch von Typ- und Instanzinformation von Verwaltungsschalen

Für den Austausch von Typ- oder Instanzinformationen sind Online- und Offline-Möglichkeiten vorgesehen. Ein Datenformat für Austauschdateien ist vorgeschlagen. Es sind Mechanismen für die Sicherstellung der Authentizität und Vertraulichkeit zu definieren und als globale Standards zu etablieren. Zugriffs-APIs sind zu definieren. Dies muss mit den Konzepten zu sicheren Identitäten [vgl. HE 3.2-2] und zur Zugriffssteuerung [vgl. HE 3.2-5] abgestimmt sein.

Fortschrittsbewertung



In der IEC/TC 65/WG 23 und WG 24 wurden im Rahmen der „Smart Manufacturing Framework and System Architecture“ und der Arbeiten zur „Digitalen Verwaltungsschale“ im Sinne von Security-by-Design die Arbeiten zu Sicherheitsanforderungen und -konzepten aufgenommen (siehe [IEC TR 63283-3:2022](#) „ED1 Industrial-process measurement, control and automation – Smart manufacturing – Part 3: Challenges for cybersecurity“ und [IEC 6378-3](#): „Security provisions for Asset Administration Shells“). Im nächsten Schritt wird zur Sicherstellung einer konsistenten Arbeit angestrebt, eine Joint Advisory Group zwischen IEC/TC 65 und ISO/IEC/JTC 1/SC 27 „Information security, Cybersecurity and privacy protection“ zu gründen.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

3.2-7: Standardisierter Security- Entwicklungs-Prozess für Integratoren und Betreiber

[IEC 62443-4-1](#) „Secure product development lifecycle requirements“ definiert einen Security-Entwicklungs-Prozess für Komponentenlieferanten; Erweiterungen für andere Beteiligte im Wertschöpfungsnetzwerk wie Maschinenbauer, Betreiber und Integratoren sind erforderlich, um durchgehende und konsistente Sicherheitsarchitekturen im Sinne eines „Security Engineering“ umsetzen zu können.

Fortschrittsbewertung



Die Normenreihe IEC 62443 „Security for industrial automation and control systems“ unterstützt die Cybersecurity von IACS mit einem ganzheitlichen Ansatz für Betreiber, Integratoren und Hersteller. Ziel ist die Bereitstellung und Sicherung der Integrität und Verfügbarkeit von Komponenten und Systemen durch die Definition von Sicherheits-Guidelines für die Implementierung, Integration und den Betrieb. Dies ist auch für die Security von Industrie 4.0 von hoher Bedeutung. In der IEC/TC 65/WG 10 „Security for industrial process measurement and control – Network and system security“ wird an Updates und Vervollständigung in Zusammenarbeit mit ANSI/ISA 99 gearbeitet. Zudem werden Ansätze zur Horizontalisierung der IEC-62443-Reihe diskutiert.

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>3.2-8: Generische Schnittstelle für Sicherheitselemente in Embedded-Systemen</p>	<p>Die Implementierung kryptografisch basierter Sicherheitsfunktionen in Industrie-4.0-Geräten muss gegen Angriffe geschützt werden. Durch die Integration geeigneter Sicherheits-Hardware können dabei hohe Sicherheitsniveaus erzielt werden. Die Verschiedenheit und Komplexität der im Markt erhältlichen Baugruppen mit ihren speziellen Randbedingungen führt allerdings zu hohen Integrationsaufwänden und damit zu einer relativ hohen Anwendungsschwelle für Hersteller und Integratoren, insbesondere bei KMU. Ein „generisches Trust Anchor API“, welches als einheitliche Programmierschnittstelle von vielen Hardwareherstellern unterstützt werden würde, kann Abhilfe schaffen.</p>
--	--

Fortschrittsbewertung



Für eine einheitliche Programmierschnittstelle wurde die Norm [ISO/IEC TS 30168](#) „Internet of Things (IoT) – Generic Trust Anchor Application Programming Interface for Industrial IoT“ bei ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 3 „IoT Foundational Standards“ initiiert, deren Bearbeitung fortschreitet. Diese wird zukünftig die Integration hardware-basierter Security in industrielle Produkte erleichtern und damit die Umsetzung von Cybersecurity insbesondere für kritische Infrastrukturen fördern.

<p>Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4</p> <p>3.2-9: 5G Security for Industry</p>	<p>5G Security for Industry</p> <p>Die fünfte Generation Mobilfunk (5G) soll vielseitigen Anforderungen an Verfügbarkeit, Sicherheit und Kapazität gerecht werden. Daten und ihr Transport zwischen Datenquelle und Datensinke können dynamisch modifiziert und verarbeitet werden. Das Netz wird damit intelligent. Im ISO-OSI-Modell kann die 5G-Technologie deshalb in allen Ebenen 1 bis 7 verortet werden.</p> <p>5G-Technologie und dessen Nutzung können geclustert werden in:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Verbau von 5G-Komponenten im Rahmen der eigenen Produktentwicklung, → lokale Nutzung von 5G am Standort und Betrieb durch die eigene Organisation sowie → Nutzung von 5G-Services, bereitgestellt von Mobilfunk Providern. <p>Neue Features und Möglichkeiten von 5G erfordern die Möglichkeit dynamischer, flexibler und skalierbarer Sicherheitsarchitekturen. Auf der Basis geeigneter industrieller Anwendungsfälle müssen die Security-Anforderungen unter Berücksichtigung bestehender Security-Standards wie ISO/IEC 27001 und IEC 62443 im Rahmen der 5G-Standards abgeleitet werden können.</p> <ul style="list-style-type: none"> → Industrielle Security Richtlinien müssen umsetzbar sein, insbesondere für Industrie-4.0-basierte unternehmensübergreifende Kommunikation. → Anwendung von IEC 62443 und ISO/IEC 27001 muss möglich sein, insbesondere auch im Eigenbetrieb. → Der Schutz von Metadaten der Kommunikation von Geräten, Maschinen und Anlagen muss gewährleistet sein. Dies betrifft insbesondere auch Daten, die über den Signalisierungskanal vom Telko-Anbieter erfasst werden können. → Es sollen industrietaugliche Security-Anforderungen aktiv in den 5G-Standardisierungsprozess eingebracht werden.
---	---

Fortschrittsbewertung



Spezielle Security-Aspekte bei der Anwendung von 5G-Kommunikation in Industrieumgebungen werden inzwischen via [5G ACIA](#) in [3GPP](#) eingebracht. Ziel ist die Unterstützung der einfachen Integration von 5G in Industriedomänen. Erste Ergebnisse sind in [3GPP TS33.501](#) integriert und verfügbar.

4.3 Datenschutz/Privacy

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4	Definition von Prozessstandards für den Schutz personenbezogener Daten innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken bis hin zum Schutz personenbezogener Daten, die für individualisierte Produkte mit Losgröße 1 benötigt werden, u. a.:
3.3-1: Vertrauenswürdigkeit von Wertschöpfungsnetzwerken	<ul style="list-style-type: none"> → Regeln zur Klassifizierung von Daten und Informationen, auch im jeweiligen Kontext (Kontexte sind sehr relevant, weil sie die Sensitivität und Aussagekraft von Daten massiv beeinflussen, z. B. scheint eine Artikelnummer in einer Internetbestellung harmlos, bis man sie z. B. mit einer Medikamentenprodukt Datenbank verknüpfen kann, was dann zeigt, dass das Produkt z. B. ein Krebsmedikament oder ein Psychopharmakon ist. Auch das Wissen, dass das Format der Artikelnummer auf ein Medizinprodukt hindeutet, ist bedeutsam). → Regeln zum Austausch klassifizierter Daten und Informationen (Welche Daten dürfen unter welchen Umständen wohin weitergegeben werden? Was darf der Empfänger damit tun? Wann sind sie ggf. zu löschen?); → Methoden zur Bewertung des Grades der Vertrauenswürdigkeit der Kooperationspartner. Beispiele für Mechanismen sind Herstellererklärungen, Zertifikate, Auditierung.
Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4	Definition von Standards zur datenschutzverträglichen Auditierung von Prozessen, die personenbezogene Daten verarbeiten und/oder an riskanten Schnittstellen arbeiten, u. a.
3.3-2: Datenschutzverträgliche Auditierung	<ul style="list-style-type: none"> → Methoden zur datensparsamen (etwa aggregierten) Protokollierung oder → Methoden zur lokalen Verarbeitung und Auswertung sensibler Daten, damit sie danach aggregiert oder gelöscht werden können.
Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4	Es benötigt die Klärung der Tauglichkeit vorhandener Normen, bezogen auf spezifische Industrie-4.0-Szenarien:
3.3-3: Verhältnis Datenschutznormen und Industrie-4.0-Szenarien	<ul style="list-style-type: none"> → Bei automatisierter Kommunikation über Domänengrenzen (z. B. Rechtsraumgrenzen) hinweg müssen die entsprechenden Datenschutzerfordernisse und abgeleiteten Sicherheitsanforderungen aufeinander abgestimmt werden. → Zugriffskontrollnormen müssen Ressourcen domänenorientiert verwalten können, um die Berücksichtigung des jeweiligen Datenschutzniveaus zu gewährleisten, speziell beim grenzüberschreitenden Datentransfer im Rahmen der Wertschöpfungskette, etwa aus der EU in Drittländer, deren Datenschutzniveau als EU-äquivalent anerkannt wurde oder eben nicht, zumal diese Anerkennungen erteilt, aber auch wieder zurückgenommen werden können. Die domänenorientierte Verwaltung der Zugriffskontrollnormen muss diese Anerkennungsdynamik funktional abdecken. Datenschutznormen müssen für „intelligente“, in Industrie-4.0-Prozessen hergestellte Hausgeräte (Haushaltsgeräte, Spielzeuge usw.) und deren Kommunikationsbedarf (auch zurück zum Hersteller) greifen.

Fortschrittsbewertung für 3.3-1 bis 3.3-3



Für die Vertrauenswürdigkeit von Wertschöpfungsnetzwerken werden erste einschlägige Normen erarbeitet. Dabei wird das Gebiet von seinen Rändern her erschlossen, etwa über das Informationssicherheitsmanagement bei Organisationen und den Verbraucherschutz bei IoT-Geräten. Mit der Veröffentlichung der [ISO/IEC 27701](#) „Extension to ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002 for privacy information management – Requirements and guidelines“ erweitert sich bei vielen Anwendern der Zertifizierung von Informationssicherheitsmanagement nach ISO/IEC 27001 und ISO/IEC 27002 die Perspektive auf den Datenschutz. Die mit den Zertifizierungen verbundenen Prüfungen und Fragen nach technischer und organisatorischer Implementierung der dazu nötigen Maßnahmen erzeugen einen Bedarf nach Umsetzung der einschlägigen Normen zu Datenschutz- und Identitätsmanagement²³ auch im Bereich Industrie 4.0. Weitere einschlägige Normen entstehen in ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 5 „Identity management and privacy technologies“, etwa [ISO/IEC DIS 27556](#) „User-centric privacy preferences management framework“, [ISO/IEC DIS 27557](#) „Organizational privacy risk management“, [ISO/IEC DIS 27559](#) „Privacy enhancing data de-identification framework“, [ISO/IEC AWI TS 27560](#) „Consent record information structure“, [ISO/IEC AWI TS 27561](#) „Privacy operationalization model and method for engineering (POMME)“, [ISO/IEC DTR 27563](#) „Impact of security and privacy in artificial intelligence Use cases“.

Auch Anforderungen an Auditoren und Zertifizierer für Datenschutzmanagement wurden in ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 5 formuliert und wegen dringender Marktnachfrage vorläufig als [ISO/IEC TS 27006-2](#) „Requirements for bodies providing audit and certification of information security management systems – Part 2: Privacy information management systems“ veröffentlicht. Gegenwärtig wird die TS zu einem IS weiterentwickelt.

Weil IoT-Geräte sehr oft personenbezogene Daten verarbeiten, stehen sie im Mittelpunkt des Projektes [ISO/DIS 31700](#) „Consumer protection – Privacy by Design for consumer goods and services“ des ISO/PC 317 gleichen Namens. Das Industrie-4.0-Szenario, dass Geräte auch nach Auslieferung noch in Kontakt mit dem Hersteller stehen können („sog. Calling home“) und dabei ggf. personenbezogene Nutzungsdaten übermitteln, wird dabei mitberücksichtigt.

Weitere Normen zu „IoT Security and Privacy“ entstehen in den Projekten [ISO/IEC 24700](#), [ISO/IEC 24702](#) und [ISO/IEC 24703](#) bei ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 4 „Security controls and services“.

23 Unter anderem (z. B. ISO/IEC 29100, ISO/IEC 24760, ISO/IEC 29134, ISO/IEC 29184, ISO/IEC 27555)

4.4 Vertrauenswürdigkeit/Trustworthiness von Wertschöpfungsprozessen in Industrie 4.0

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

3.4-1: Definition von Prozess- Standards für die Vertrauens- würdigkeit der Zusammen- arbeit innerhalb eines Industrie-4.0-Wertschöpfungs- netzwerks

Diese enthalten:

- Standardisierung von „Trustworthiness Capability Profiles
- Methode zur Bewertung des Grades der Vertrauenswürdigkeit der Kooperationspartner. Beispiele für Mechanismen sind: Herstellererklärungen, Zertifikate, Auditierung
- Regeln zum Austausch von klassifizierten Daten und Informationen
- Mindestanforderungen bezüglich Sicherheit für B2B
- Einbeziehung von Prozessen und Komponenten
- Beachtung regulatorischer Vorgaben

Fortschrittsbewertung



Derzeit werden die Definition von Prozess-Standards für die Vertrauenswürdigkeit im Umfeld von Trustworthiness einbracht und bei ISO/IEC/JTC 1/WG 13 „Trustworthiness“ behandelt. Diese Ergebnisse mit IoT-Bezug werden sowohl bei ISO/IEC/JTC 1/SC 41 als auch zur Thematik Supply Chain Security in ISO/TC 292 „Security and resilience“ referenziert und sind dort verankert.

4.5 Funktionale Sicherheit in Industrie 4.0

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

3.5-1

Die Umsetzung der Industrie-4.0Konzepte führt zu einer weiteren Modularisierung von Anlagen und Komponenten mit großen Auswirkungen auch auf den Engineering-Prozess. Es sollte betrachtet werden, wie Industrie-4.0Konzepte auch Belange der Anlagensicherheit (Safety) und Funktionalen Sicherheit mitberücksichtigen können. Dies kann durch eine Erweiterung des Konzepts der Verwaltungsschale zu einer „Sicheren Verwaltungsschale“ erfolgen.

Fortschrittsbewertung



In der „Task Force Recommendations for Safety“ des DKE-Arbeitskreises 931.0.14 „Smart manufacturing und Industrie 4.0“ wird das Thema der Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Safety-Lebenszyklus betrachtet. Eine Beschreibung von Safety-Eigenschaften durch semantische Merkmale wird dabei als zentral für eine digitale (maschineninterpretierbare) Dokumentation der einzelnen Schritte des Safety Lifecycle (z. B. Risikoanalyse) angesehen.

Hierzu wird ein standardisiertes Format einer semantisch interoperablen (maschineninterpretierbaren) Beschreibung benötigt. Die eingangs genannte Task Force schlägt ein Projekt zur Erarbeitung einer standardisierten Beschreibung von Gefahren (Hazards) und Sicherheitsmaßnahmen (Safety Measures) vor. Das Thema Risikoanalyse sollte z. B. auf Ebene der [ISO 12100](#) „Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze“ betrachtet werden (oder z. B. der Methode HAZOP). Es sind zudem Mindestanforderungen für eine Maschineninterpretierbarkeit zu beschreiben. Die Ergebnisse dieses Projektes sollten in das Konzept der Verwaltungsschale und der Beschreibung von Aspekten von Assets in Teilmodellen einfließen. Im Rahmen einer deutsch-chinesischen Normungskooperation wird aktuell das Konzept eines „Safety Data Dictionary“ (siehe auch Handlungsempfehlung 3.5-2) erarbeitet.

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4**

3.5-2

Standardisierte Verfahren und Methoden, welche ein OnTime Risikomanagement entlang des Lebenszyklus ermöglichen, ohne dabei die Vertraulichkeit der technischen Dokumentation zu kompromittieren, sollten erarbeitet werden. Entsprechend der zuletzt erarbeiteten deutschchinesischen Vereinbarungen sollte zunächst ein Leitfaden entwickelt werden ([Sino-german Whitepaper on Functional Safety in I4.0²⁴](#)), der die Stakeholder hinsichtlich der möglichen Rückwirkungen (Risikoerhöhungen oder Kompromittierung von risikoreduzierenden Maßnahmen) verschiedener Industrie-4.0-Anwendungsszenarien auf die Anlagensicherheit (Safety) sensibilisiert.

Fortschrittsbewertung

Das oben genannte Whitepaper „Sino-German White Paper on Functional Safety for Industrie 4.0 and Intelligent Manufacturing“ ist im Juli 2020 erschienen, ging auf die zunehmende Komplexität und Vernetzung zwischen Systemen ein und skizzierte, wie die gesamte Infrastruktur anfälliger für interne Ausfälle und Cyberangriffe geworden ist. Insofern analysierte das Papier bestehende Normen, Spezifikationen und gab Empfehlungen, um Sicherheit für Industrie 4.0 zu erreichen. Wie bereits erwähnt wird im Rahmen der deutsch-chinesischen Normungskooperation (DCKN) aktuell das Konzept eines „Digital Safety Lifecycle Managements“ untersucht. Weitere konkrete Ansätze in Richtung eines „Digital Safety Lifecycle Managements“ werden derzeit im Rahmen des „Report on safety recommendations for Smart Manufacturing“ der DKE/AK 931.0.14 „Task Force safety“ erarbeitet.

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4**

3.5-3

Die Auswirkungen der Verwendung von KISystemen im industriellen Umfeld auf die Anlagensicherheit sollten betrachtet werden. Hierbei soll bei der KI-Forschung und -Anwendung, wie z. B. bei explainable AI, geprüft werden, inwieweit Sicherheitsanforderungen erfüllt und wie diese normativ beschrieben werden können.

Fortschrittsbewertung

Bei ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 3 „Artificial Intelligence – Trustworthiness“ wurde gemeinsam mit IEC/TC 65/SC 65A „System aspects“ das Projekt [ISO/IEC TR 5469](#) „Artificial intelligence – Functional safety and AI systems“ initiiert. Dieser Technical Report beschreibt Eigenschaften, Risikofaktoren und mögliche Ansätze zur Realisierung sicherheitsrelevanter Funktionen mit KI-Methoden. Die Veröffentlichung des TR ist im Laufe des Jahres 2022 geplant. Bei der DKE wurde hierzu der Arbeitskreis DKE/AK 914.0.11 „Funktionale Sicherheit und künstliche Intelligenz“ gegründet.

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4**

3.5-4

Die Arbeiten zu Safety und Security sollten weiter vertieft und konkretisiert werden. Dies sollte im Rahmen der Überarbeitung der [IEC TR 63069](#) „Industrial-process measurement, control and automation – Framework for functional safety and security“ geschehen. Eine Weiterentwicklung zu Publikationsformen Technical Specification (TS) oder International Standard (IS) ist zu diskutieren.

Fortschrittsbewertung

Eine Überarbeitung des [IEC TR 63069](#) ist in Vorbereitung. Eine formale Überarbeitung ist jedoch noch nicht gestartet.²⁵

²⁴ [Sino-German White Paper on Functional Safety for Industrie 4.0 and Intelligent Manufacturing \(bundesregierung.de\)](#)

²⁵ Stand Januar 2022.

4.6 Künstliche Intelligenz in industrieller Automation

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

4.1-1

Standardisierte Terminologie von Künstlicher Intelligenz für Industrie 4.0

Begriffsdefinitionen in existierenden (internationalen) Normen mit Fokus „Künstliche Intelligenz“ sollen auf die Anwendbarkeit in Industrie 4.0 kontinuierlich auf Konsistenz überprüft und, sofern notwendig, präzisiert werden. Identifizierte Widersprüche und Anwendungshürden sollen in entsprechenden Normungsgremien eingebracht werden.

Fortschrittsbewertung



Die Norm [ISO/IEC 22989](#) „Information technology – Artificial intelligence – Artificial intelligence concepts and terminology“ (ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 1) legt Begrifflichkeiten in diesem Bereich fest. Die nationale Spiegelarbeit findet im DIN/DKE Gemeinschaftsgremium Künstliche Intelligenz im NIA statt, in dem auch Vertreter des SCI 4.0 Expertenrats Künstliche Intelligenz in industriellen Anwendungen als Mitarbeiter tätig sind, um die Konsistenz auf Industrie-4.0-Anwendbarkeit kontinuierlich zu prüfen.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

4.1-2:

Anwendungsszenarien und Anwendungsbeispiele

Ausgehend von den Vorarbeiten der Arbeitsgruppe 2 der Plattform Industrie 4.0 sollen national abgestimmte Anwendungsszenarien und Anwendungsbeispiele für KI in Industrie 4.0 erarbeitet und in bilaterale und internationale Arbeits- und Expertengruppen sowie Normungsgremien eingebracht werden. Die Nutzung eines einheitlichen Templates und Anwendung der IIRA-Viewpoints soll angestrebt werden.

Fortschrittsbewertung



Der [Technical Report ISO/IEC TR 24030](#) „Artificial Intelligence – Use cases von ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 4 – Use cases and applications“ wurde 2021 veröffentlicht. Das Dokument beinhaltet auch Use cases aus dem Industrie-4.0-Umfeld. Der Technical Report wird momentan überarbeitet, sodass wieder die Möglichkeit besteht, zusätzliche Industrie-4.0-relevante Use cases einzubringen und zu analysieren. Im Rahmen der Arbeiten der IEC/TC 65/WG 23 wurden Use cases gesammelt und analysiert. Die Use-case-Sammlung wird im Rahmen des [IEC TR 63283-2](#) „Industrial-process measurement, control and automation – Smart Manufacturing – Part 2 Use cases“ im Jahr 2022 veröffentlicht und konsequenterweise Use cases zur Anwendung von KI enthalten.

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

4.1-3:

Standardisierter Bewertungs- rahmen für die Anwendung von KI-Methoden

Ein einheitlicher Verortungs- und Bewertungsrahmen für KI-Methoden sollte durch horizontale Normungsgremien erarbeitet werden. Geeignete Klassifikationen der Autonomie technischer Systeme, notwendige Metriken für Bewertungsmethoden für den Anwendungsbereich Industrie 4.0 sowie weiterer Anforderungen, Konzepte und Methoden sollten durch vertikale Normungsgremien adressiert und in geeigneter Weise in Normungsgremien eingebracht werden.

Fortschrittsbewertung



Auf internationaler Ebene entstehen Normen und Standards zu horizontalen KI-Methoden und Systemen, u. a. die Normen [ISO/IEC 5392](#) „Information technology – Artificial intelligence – Reference architecture of knowledge engineering“ und [ISO/IEC 42001](#) „Artificial Intelligence Management System“. Durch die nationale Spiegelarbeit im DIN/DKE Gemeinschaftsgremium Künstliche Intelligenz können die Ergebnisse der so erarbeiteten Normen und Standards direkt für den Anwendungsbereich Industrie 4.0 über den SCI 4.0 Expertenrat KI geprüft werden und darauf aufbauend vertikale Normungsarbeit initiiert werden.

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4****4.1-5:
Vertrauenswürdigkeit
(„Trustworthiness“) von KI**

Die Bedeutung von Vertrauenswürdigkeit von Künstlicher Intelligenz bzw. Systemen, in denen KI-Verfahren, -Technologien oder -Methoden zum Einsatz kommen, soll detailliert untersucht werden (vgl. HE 4.1-1, HE 4.1-2), insbesondere ist hierbei auch der grundlegende Bezug zu Querschnittstechnologien wie IT-Sicherheit und funktionaler Sicherheit zu berücksichtigen.

Fortschrittsbewertung

In ISO/IEC JTC 1/SC 42/WG 3 „Artificial Intelligence – Trustworthiness“ werden eine Reihe von Standards zum Thema Vertrauenswürdigkeit erarbeitet. Ein Überblick zu Vertrauenswürdigkeit in Bezug zu KI gibt der veröffentlichte Technical Report [ISO/IEC TR 24028](#) „Information technology – AI – Overview of trustworthiness in artificial intelligence“. Des Weiteren wurde 2021 der Technical Report [ISO/IEC TR 24027](#): „Information technology – Artificial intelligence (AI) – Bias in AI systems and AI aided decision making“ veröffentlicht. Mit der VDE-Anwendungsregel [VDE-AR-E 2842-61-1](#) „Entwicklung und Vertrauenswürdigkeit von autonom/kognitiven Systemen“ wurde im Juli 2021 eine wichtige Vornorm zum Thema KI-Trustworthiness veröffentlicht.

**Handlungsempfehlung
NRM I4.0 v4****4.1-6:
Aufbau und kontinuierliche
Aktualisierung einer Normungs-
landkarte und Ableitung von
Handlungsstrategien**

Zur Wahrnehmung der unterschiedlichen, in der NRM I4.0 v4 für KI beschriebenen Handlungsempfehlungen (vgl. HE 4.1-1, HE 4.1-2, HE 4.1-4A, HE 4.1-5) wird der Aufbau und die kontinuierliche Aktualisierung einer Normungslandkarte für Künstliche Intelligenz im Allgemeinen sowie für KI in industriellen Anwendungen im Speziellen empfohlen. Insbesondere soll hierbei der Austausch mit anderen internationalen Normungsaktivitäten von ISO, IEC sowie auf europäischer Ebene (z. B. dem Projekt [Stand.ICT.eu](#) oder der Fokusgruppe Künstliche Intelligenz) aktiv forciert werden [vgl. HE 4.1-7].

Fortschrittsbewertung

Sowohl auf nationaler, europäischer als auch auf internationaler Ebene sind Arbeiten zu Normungslandkarten und Handlungsstrategien bezüglich KI gestartet bzw. veröffentlicht worden. Die Ergebnisse der ersten Ausgabe der Normungsroadmap KI wurden bereits 2020 vorgestellt und der Bundesregierung übergeben. Die identifizierten normativen Handlungsempfehlungen, welche in der ersten Ausgabe formuliert wurden, befinden sich derzeit in der Umsetzung. Die nun gestartete zweite Ausgabe zur DIN/DKE Normungsroadmap KI hat die Aufgabe, die Ergebnisse der ersten Ausgabe der Roadmap fortzuschreiben und weiterzuentwickeln. Die zweite Ausgabe wird neben Industrie 4.0 sechs weitere Fokusthemen zu relevanten Aspekten der KI adressieren. Zudem werden neue Schwerpunkte gesetzt und z. B. Themenbereiche wie sozio-technische Systeme, Finanzdienstleistungen und Energie/Umwelt betrachtet.

Auf europäischer Ebene wurde im Juni 2021 das CEN-CLC JTC 21 „Artificial Intelligence“ gegründet, deren WG 1 „Strategic Advisory Group“ u. a. die Erarbeitung einer Normungsroadmap und Strategie mit Fokus auf Europa als Zielsetzung hat. Auf internationaler Ebene wurde im Herbst 2021 eine Advisory Group bei ISO/IEC/JTC 1/SC 42 „Artificial Intelligence“ gegründet, die eine Standardisierungslandkarte und einen Überblick laufender und veröffentlichter Projekte erarbeitet. Weitere Arbeitsgruppen desselben SCs erarbeiten in Ad-hoc-Groups Roadmap-Strategien für weitere Projekte in ihren Themenbereichen. Eine kontinuierlich aktualisierte Zusammenfassung der wesentlichen Normungs- und Standardisierungsgremien und deren strukturelle Organisation im Kontext von KI in industriellen Anwendungen finden sich auf der Webseite des [SCI4.0 Expertenrats Künstliche Intelligenz in industriellen Anwendungen](#).

Handlungsempfehlung NRM I4.0 v4

4.1-7: Synchronisation, Abstimmung und Austausch mit (nationalen und internationalen) Normungsroadmaps und Guidelines

Der gremienübergreifende Austausch zwischen den Normungs- und Standardisierungsaktivitäten im Kontext von Künstlicher Intelligenz, die Wahrung und Sicherstellung der Anforderungen der industriellen Automation in horizontalen Normungsgremien sowie die Koordination und Harmonisierung von Anforderungen und Normungsaktivitäten von Künstlicher Intelligenz für Industrie 4.0 im Sinne einer vertikalen Normung muss gestärkt werden. Insbesondere der Austausch zwischen horizontalen Normungsgremien (wie z. B. ISO/IEC JTC/1 SC 42) und vertikalen Bedarfen und Anforderungen aus dem Bereich Industrie 4.0 ist notwendig und kann lediglich durch eine Beteiligung industrieller Vertreter in diesen Gremien sowie nationaler, institutioneller Vertreter vertikaler und horizontaler Normungsorganisationen sichergestellt werden. Mit dieser Aufgabe sollte ein Gremium zur Koordination und Harmonisierung von Normungsaktivitäten im Kontext von Industrie 4.0 betraut werden, welches in enger Abstimmung mit Gremien der horizontalen Normung arbeitet und explizit das Thema Künstliche Intelligenz adressiert.

Fortschrittsbewertung



Die erste Ausgabe der deutschen DIN/DKE Normungsroadmap KI, die auch einen großen Bereich zu Industrie 4.0 inkludiert, wurde sowohl auf europäischer Ebene in der Fokusgruppe KI und weiterhin bei CEN-CLC JTC 21 „Joint Technical Committee Artificial Intelligence“ zur Verfügung gestellt und besprochen. CEN-CLC JTC 21 bezieht sich zur eigenen Gründung auf die Empfehlungen der DIN/DKE Normungsroadmap KI. Der neu gegründete DIN/DKE Gemeinschaftsausschuss KI hat die Einreichung der DIN/DKE Normungsroadmap KI in die ISO/IEC JTC 1/SC 42 „Advisory Group“ zur Erstellung internationaler Normungsroadmap-Arbeiten im Herbst 2021 beschlossen. Weitere Harmonisierungen von KI-spezifischen Normungsaspekten in Industrie 4.0 werden aktuell durch bilaterale Länderdialoge aktiv vorangetrieben. Insbesondere im Rahmen der Unterarbeitsgruppe I4.0²⁴ der deutsch-chinesischen Normungskooperation werden die KI-spezifischen Normungsaspekte in einer Übersicht und Gegenüberstellung nationaler und internationaler Normungsaktivitäten von Deutschland und China erarbeitet.

Handlungsempfehlung

NRM I4.0 v4

4.1-8A:**Digital formulierte Normen und Standards für eine automatisierte Auswertung**

Digital formulierte Normen und Standards für eine automatisierte Auswertung Industrie 4.0 und hierbei speziell der Einsatz von KI kann eine Vorreiterrolle bei der Anwendung digital formulierter Normen und Standards einnehmen. Hierzu sind sowohl die Verfügbarkeit digital formulierter Normen notwendig als auch geeignete Auswertungsverfahren. Die Anwendung digital formulierter Normen für eine automatisierte Auswertung sollte untersucht und vorangetrieben werden. Beispielsweise können maschineninterpretierbare Normen zur automatischen Auswertung in der Entwicklung von Komponenten, Maschinen und Anlagen eingesetzt werden, um automatisiert die Normkonformität der Entwicklungen zu prüfen (siehe hierzu HE 4.1-4A).

Fortschrittsbewertung

DIN und DKE haben bereits 2017 begonnen, das Themengebiet SMART Standards konzeptionell vorzubereiten. 2019 wurden mit Beteiligung von DIN und DKE auf europäischer Ebene Pilotprojekte gestartet, die 2020 analysiert wurden. DIN hat im Rahmen des strategischen Unternehmensprojektes „SMART Standards“ seit Juli 2020 die Leitung eines der CEN-Pilotprojektes „New Work Item“ übernommen. Das Pilotprojekt wurde Ende Juni 2021 abgeschlossen.²⁷ Weiterführende Arbeiten auf Basis von SMART Standards werden im Rahmen der IDiS-Initiative²⁸ geleistet. Industrie-4.0-spezifische Aspekte, auch im Kontext Künstlicher Intelligenz, werden dabei u. a. im Rahmen der Plattform Industrie 4.0 – Arbeitsgruppe 2 betrachtet.

27 Siehe: PROJECT REPORT „Standards of the future“ Pilot Project 4 „New Work Item“

28 Siehe: [IDiS – Initiative Digitale Standards](#)



5

Ausblick

Die neue Normungsroadmap Industrie 4.0 Version 5 wird die Ergebnisse der vierten Ausgabe der Roadmap fortschreiben und weiterentwickeln. Dabei setzt die aktuelle Ausgabe andere Schwerpunkte und wird Handlungsempfehlungen und neue Querschnittsthemen wie industrielle Datenräume und ökologische Aspekte in Industrie 4.0 adressieren. Ausgehend von den zuvor getroffenen Fortschrittsbewertungen lässt sich folgender Ausblick, auch hinsichtlich der kommenden Normungsroadmap Industrie 4.0, treffen:

- **Use cases auf Anwendungs- und Branchenbezug analysieren und bewerten:** Die diversen Use-case-Aktivitäten in den verschiedenen Arbeitskreisen und Gremien werden auf dezentraler Basis weitergeführt und durch eine Diskussion diverser Querbezüge wird das Gesamtbild weiter geschärft. Es wird empfohlen, sich mit dem aufkommenden Thema der Datenräume für die industrielle Produktion intensiver auseinanderzusetzen und insbesondere eine Betrachtung aus der Use-case-Perspektive zu berücksichtigen.
- **Systemische Umsetzung von Industrie 4.0:** Weiterhin besteht die übergeordnete Herausforderung, die unterschiedlichen Abstraktionsebenen einer geschäftlichen Perspektive und Anwendungsperspektive mit den oft sehr detaillierten technischen Betrachtungen systematisch zusammenzuführen. Nach der Klärung vieler Detailfragen und der Entwicklung und Harmonisierung vieler bereits vorhandener und neu entstandener Technologieansätze rückt die systemische Entwicklung und Normung sowie die Normung von Systemen zunehmend in den Mittelpunkt. Erst die systemische Umsetzung der Industrie 4.0 wird die erwarteten Produktivitätsvorteile für die Unternehmen bringen.
- **Einheitliche Standards für mehr Interoperabilität:** Einheitliche Standards für mehr Interoperabilität sind nach wie vor grundlegende Voraussetzung für Anwendungen wie z. B. den Digitalen Zwilling. Dies zeigt sich auch in den beschriebenen Einschätzungen und Ausblicken des Fortschrittsberichtes. Es braucht ein Werkzeug, das einen standardisierten und nahtlosen Austausch von Informationen zwischen allen Akteuren auf einheitliche Weise

festlegt. Dieses Werkzeug für einen standardisierten Austausch ist die Verwaltungsschale. Wie ein Digitaler Zwilling bildet sie sämtliche Gegenstände ab und stellt somit die Schnittstelle für Industrie 4.0-Kommunikation zur Verfügung. Die Verwaltungsschale setzt sich deshalb aus vielen verschiedenen Teilmodellen zusammen, die die Eigenschaften und Merkmale detailliert beschreiben. So werden standardisierte Mechanismen und Verfahren für die Spezifikation neuer Merkmale nun zunehmend zwischen ISO, ECLASS und IEC synchronisiert, und die kommende Ausgabe wird dabei untersuchen, ob weitere Abweichungen zwischen ECLASS und CDD vermieden werden konnten. Die weitere durchgehende Verwendung und Standardisierung der Verwaltungsschale wird die NRM I4.0 V5 weiterhin aufgreifen, um sie zum zentralen „Integrationsstecker“ für digitale Ökosysteme zu machen.

- **Industrielle Kommunikation:** Mit der Referenzierung in weiteren technischen Standards (z. B. OPC-UA, 5G-ACIA) wird die Bedeutung des Profils IEC/IEEE 60802 zunehmen. Ergänzt um Abschnitte zu einem Security-Modell folgt das Profil einem Security-by-Design Ansatz. Eine weitere Aktivität in IEEE 802 ist der Versuch, die Cut-Through-Forwarding-Technologie (CTF) in einen IEEE-Standard zu überführen. CTF wird bereits in unterschiedlichen Prägungen verwendet und verringert die Latenzen in Netzwerken, insbesondere bei einer linearen Topologie. Für die Anwendung der Technologie im Sinne von „Converged Networks“ ist die Entwicklung eines Standards für industrielle Netzwerke zwingend notwendig.
- **Mensch und Arbeit in Industrie 4.0:** Die Auswirkungen der digitalen Transformation, noch verstärkt durch Pandemie-Effekte, werden in der gesamten Arbeitswelt spürbar sein. Unweigerlich wird in Industrie 4.0 auch die Frage aufgeworfen, welche Aufgaben die Mitarbeitenden übernehmen sollen. Die Arbeit in der Produktion wird anspruchsvoller, abwechslungsreicher und kreativer – und wird sich weiterhin verändern. Während die Roboter in der Produktionshalle arbeiten, sitzen Mitarbeiter in kleinen Gruppen zusammen und tauschen Ideen aus, um ihre Prozesse und Produkte weiterzuentwickeln. Wo

anstrengende und körperliche Arbeit wegfällt, ist Platz für Kreativität und Innovationsarbeit. In V5 werden wir identifizieren, welche Standardisierungsaktivitäten benötigt werden, um die Innovations- und Produktivitätsrendite von Industrie 4.0 und, durch den Einsatz neuer Technologien, die Nachhaltigkeitswende gestalten können.

- **Agile Standardisierung mittels Open Source:** Die große Bedeutung von Open Source und die Erarbeitung von Open-Source-Referenzimplementierungen, um die Verbreitung von I4.0 zu beschleunigen, wurden bereits herausgestellt. In der nächsten Ausgabe sollen die Themen Agile Standardisierung (als Methode) und Open Source (als Werkzeug) separat voneinander betrachtet werden, um die Durchmischung beider Begriffe zu verhindern und die Potenziale beider Themen herauszuarbeiten.
- **Industrial Security:** Für die weitere Digitalisierung, insbesondere im Kontext der industriellen Produktion, ist industrial security als wichtiger Enabler zu betrachten. In Zukunft wird es darauf ankommen, notwendige Use cases aus einem datengetriebenen Kontext heraus zu beschreiben. Dies erfordert wiederum die Einbindung von Security-by-Design-Ansätzen, um die Vertrauenswürdigkeit („Trustworthiness“) eines digitalen Ökosystems für die beteiligten Stakeholder zu gewährleisten.
- **Konkretisierung der Konzepte für Funktionale Sicherheit in Industrie 4.0:** Ein wichtiger Schritt für die kommenden Monate wird die weitere Konkretisierung der entwickelten Konzepte sein. Dies ist eine Voraussetzung für die Überführung dieser Konzepte in Normen mit entsprechenden normativen Festlegungen und Anforderungen. Die Initiierung entsprechender Forschungsprojekte kann eine geeignete Maßnahme zur Beschleunigung dieser Entwicklung darstellen. Speziell in Europa wird ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden müssen, inwieweit eine europäische KI-Regulierung Vorgaben für die Verwendung von KISystemen in sicherheitskritischen industriellen Umfeldern machen wird.
- **Nachhaltigkeit und ökologische Aspekte von Industrie 4.0:** Für die CO₂-Reduktion der Produktion spielen Industrie 4.0 und die daran geknüpften Technologien eine zentrale Rolle. Digitale Produktpässe, die standardisierte Informationen zum Energie- und Ressourcenverbrauch abbilden, sind ein wichtiger Schritt für die nachhaltige Produktion. Industrie 4.0 ermöglicht es, zusätzliche Potenziale der Ressourceneffizienz zu heben. In Kombination mit konstruktiven und prozessualen Ansätzen können Stoffkreisläufe über den gesamten Produktlebenszyklus geschlossen werden. Industrie 4.0 ist ein maßgeblicher Enabler für eine zirkuläre Wirtschaft sowie Umwelt und Klimaschutz. Dabei sind erste konkrete Maßnahmen wie der digitale Produktpass (DPP) bereits auf den Weg gebracht. Der digitale Produktpass ist ein Datensatz, welcher Informationen zu den Komponenten, Materialien und chemischen Substanzen, aber auch zu Reparierbarkeit, Ersatzteilen oder fachgerechter Entsorgung für ein Produkt zusammenfasst. Ziel ist es, die Daten über alle Phasen des Produktlebenszyklus zu sammeln und in all diesen Phasen für verschiedene Zwecke zur Verfügung zu stellen (Design, Herstellung, Nutzung, Entsorgung). Die Strukturierung umweltrelevanter Daten in einem standardisierten, vergleichbaren Format ermöglicht es allen Akteuren in der Wertschöpfung, Lieferkette und den digitalen Ökosystemen, Potenziale im Bereich Umwelt- und Klimaschutz zu heben und gemeinsam auf eine nachhaltige, zirkuläre Wirtschaft hinzuarbeiten. Eine konkrete Anforderungsbeschreibung aus dem Bereich der Industrie 4.0 ist, klassische Typenschilder durch eine elektronische Kennzeichnung zu ersetzen. Zudem besteht der Bedarf, weitere Geräteinformationen unter Verwendung moderner Informationskonzepte wie der Verwaltungsschale aus der Industrie 4.0 bereitzustellen. Durch die verschiedenen Anforderungen an ein Digitales Typenschild gibt es aktuell zwei Ausprägungsformen, die international in zwei Normungsprojekten bei der IEC bearbeitet werden. So sind auf Ebene der internationalen Normung bereits zwei Normungsanträge bei der IEC eingereicht, an denen derzeit gearbeitet wird.²⁹

29 Vgl. Handlungsempfehlung 2.3-12; IEC/SC 65E Devices and integration in enterprise: IEC 63365 ED1 Digital Nameplate – Digital Product Marking; IEC 61406 ED1 Identification Link – Unambiguous biunique Machine-Readable Identification)

Zum Abschluss bleibt festzuhalten, dass für ein erfolgreiches Setzen von Normen und Standards aus Deutschland heraus eine enge Koordination der verschiedenen Disziplinen erforderlich ist und sich in ihrer Tendenz noch verstärken wird. Bereits heute ist es absehbar, dass sich Themen wie semantische Aspekte der Interoperabilität oder kollaborative industrielle Datenräume noch weiter konkretisieren werden und so kommt die Herausforderung hinzu, nationale, europäische und internationale Strukturen zu schaffen und Definitionen für aufeinander abgestimmte Datenmodelle zu formulieren.

Die Normungsroadmap Industrie 4.0 wird vor diesem Hintergrund in ihrer fünften Ausgabe auf Basis neuer Erkenntnisse die existierenden und bevorstehenden Herausforderungen adressieren und in den jeweiligen normativen Kontext einordnen. Sie wird ein aktuelles Bild der Normungs- und Akteurslandschaft zeichnen, existierende oder mögliche Lücken aufzeigen sowie entsprechende Handlungsempfehlungen aussprechen. Die Sicherstellung und internationale Koordination der Durchgängigkeit eines offenen und globalen Industrie-4.0-Ökosystems sollte nach wie vor das erklärte Ziel sein.

In diesem Sinne möchten wir alle Interessierten dazu aufrufen und motivieren, sich aktiv an dem Prozess zur Erstellung der neuen Normungsroadmap Industrie 4.0 zu beteiligen.

Annex 1

Abkürzungsverzeichnis

AA	Arbeitsausschuss
AAS	Asset Administration Shell
AI	Artificial Intelligence
AK	Arbeitskreis
CDD	Common data dictionary
CEN	Comité Européen de Normalisation
CLC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CEN-CLC	CEN und CENELEC
COMDO	Common Data Repository for Smart Manufacturing
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
DTR	Draft technical report
ED	Edition
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU CRA	European Cyber Resilience Act
GA	Gemeinschaftsausschuss
HE	Handlungsempfehlung
IACS	Industrial Automation and Control Systems
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IS	International Standard
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information technology
JTC	Joint Technical Committee

KI	Künstliche Intelligenz
NA	Normungsausschuss
NIST	National Institute of Standards and Technology
NRM I4.0	Normungsroadmap Industrie 4.0
OT	Operational technology
PAS	Publicly Available Specification
PKI	Public-Key-Infrastruktur
PNW	New work item proposal
SMART	Standards Machine Applicable Readable Transferrable
SM2TF	Smart manufacturing Standards Map Task Force
SC	Sub committee
TC	Technical committee
TR	Technical Report
TS	Technical Specification
TSN	Time Sensitive Network
WG	Working Group
W3C	World Wide Web Consortium

Annex 2

Verzeichnis der gelisteten Normungsgremien

National	
DIN NA 023-00-06 AA	Ergonomie der Arbeits- und Produktgestaltung in der Industrie 4.0
DIN NA 023-00-08 GA	Exoskelette
DIN NA 043-01-41 AA	Internet of Things
DIN/DKE NA 043-01-42 GA	DIN/DKE Gemeinschaftsarbeitsausschuss Künstliche Intelligenz
DKE/AK 914.0.11	Funktionale Sicherheit und künstliche Intelligenz
DKE/K 931	Systemaspekte der Automatisierung
DKE/AK 931.0.14	Smart manufacturing und Industrie 4.0
DKE/AK 931.0.16	Asset Administration Shell for Industrial Applications
Europa	
CEN-CLC JTC 13	Joint Technical Committee Cybersecurity and Data Protection
CEN-CLC JTC 21	Joint Technical Committee Artificial Intelligence
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
International	
IEC/SMB	Standardization Management Board
IEC/SMB/SG 12	Standardization Management Board/Digital Transformation
IEC/TMB	Technical Management Board
IEC/TC 1	Terminology
IEC/SC 3D	Classes, Properties and Identification of products – Common Data Dictionary (CDD)
IEC/TC 65	Industrial process measurement, control and automation

IEC/TC 65/AG 4	Coordination of properties and CDD
IEC/TC 65/SC 65A	System aspects
IEC/TC 65/SC 65C/WG 18	Time-sensitive networking for industrial automation
IEC/TC 65/SC 65E	Devices and integration in enterprise systems
IEC/TC 65/WG 10	Security for industrial process measurement and control – Network and system security
IEC/TC 65/WG 23	Smart Manufacturing Framework and Concepts for industrial-process measurement, control and automation
IEC/TC 65/WG 24	Asset Administration Shell for Industrial Applications
IEC/SyC SM	IEC System Committee Smart Manufacturing
ISO/TMBG/SMCC	Technical Management Board/ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee (SMCC)
ISO/TC 184	Automation systems and integration
ISO/TC 184/SC 4	Industrial data
ISO/TC 292	Security and resilience
ISO/IEC/JWG 21	Joint Working Group Smart Manufacturing Reference Model(s)
ISO/IEC/JWG 21/ TF 8	Task Force Digital Twin and Asset Administration Shell
ISO/IEC SM2TF	Smart manufacturing standards map Task Force
ISO/IEC/JTC 1/AG 8	Meta Reference Architecture and Reference Architecture for Systems Integration
ISO/IEC/JTC 1/WG 13	Trustworthiness
ISO/IEC/JTC 1/SC 27/WG 5	Identity management and privacy technologies
ISO/IEC JTC 1/SC 38	Cloud computing and distributed platforms
ISO/IEC/JTC 1/SC 41	Internet of things and digital twin

ISO/IEC/JTC 1/SC 41/AG 20	Sectorial Liaison Group (SLG 1) on Industrial sector
ISO/IEC/JTC 1/SC 41/WG 3	IoT Foundational Standards – Development of IoT foundational standards, including IoT and Digital Twin vocabulary
ISO/IEC/JTC 1/SC 41/WG 6	Digital twin
ISO/IEC/JTC1/SC41/WG27	Digital Twin – Strategy
ISO/IEC/JTC 1/SC 42	Künstliche Intelligenz
ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 1	Foundational standards
ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 3	Artificial Intelligence – Trustworthiness
ISO/IEC/JTC 1/SC 42/WG 4	Use cases and applications

Annex 3

Autorenliste

Prof. Dr. Lennart Brumby	Duale Hochschule Baden-Württemberg
Prof. Dr. Christian Diedrich	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Dr. Jens Gayko	Standardization Council Industrie 4.0
Daniel Haack	DIN e. V.
Roland Heidel	Heidelcom
Dr. Günter Hörcher	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
Dr. Wolfgang Klasen	Siemens AG
Dr. Britta Kirchhoff	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Yves Leboucher	Standardization Council Industrie 4.0
Dr. Christoph Legat	Hekuma GmbH
Prof. Dr. Ulrich Löwen	Siemens AG
Jan de Meer	smartspacelab.eu GmbH
Olga Meyer	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
Anna Petschulies	DIN e. V.
Dieter Pröll	Siemens AG
Prof. Dr. Kai Rannenber	Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
Gernot Rossi	Siemens AG
Michael Rudschuck	DKE
Dr. Johannes Schmidt	Universität Leipzig
Katharina Sehnert	DIN e. V.
Detlef Tenhagen	HARTING Stiftung & Co. KG



DIN e.V.

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

Stand: April 2022



**VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik e. V.
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik in DIN und VDE**
Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
Tel.: +49 69 6308-0
E-Mail: service@vde.com
Internet: www.dke.de