

INDUSTRIE 4.0



Semantic

AI



IIoT

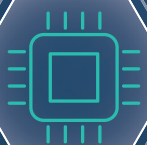


PCF



Cloud

AAS



RAMI
4.0

Use
Cases

Safety



Security

5G

FORTSCHRITTSBERICHT

DEUTSCHE NORMUNGSROADMAP
INDUSTRIE 4.0



STANDARDIZATION
COUNCIL
INDUSTRIE 4.0

PDF-Download
dieses Fortschrittsberichtes:



HERAUSGEBER



DIN e. V.

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



**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

Fotonachweis Titelbild: VDE

Stand: 31.12.2024

1	Einleitung	5
2	Fortschritte – Aspekt 1: Interoperabilität	6
2.1	Eigenschaften und deren Systemintegration in industriellen Anwendungen	6
2.2	Referenzarchitekturmodelle	9
2.3	Semantik und Eigenschaften	10
2.4	Werkzeuge zur Umsetzung des digitalen Zwillings	12
2.5	Industrielle Kommunikation	19
2.6	Funktionale Sicherheit in Industrie 4.0	21
2.7	Künstliche Intelligenz in industrieller Automation	22
3	Fortschritte – Aspekt 2: Souveränität	26
3.1	Datenräume	26
3.2	Industrial Security	26
3.3	Privacy	30
3.4	Trustworthiness	30
4	Fortschritte – Aspekt 3: Nachhaltigkeit	32
5	Anforderungen an die Erarbeitung von Normen und Standards	34
5.1	Anforderungen im Kontext von Open Source	34
5.2	Anforderungen im Kontext von Use Cases	35
5.3	Anforderungen im Kontext von maschinenlesbaren Standards	37
6	Ausblick	40
	Abkürzungsverzeichnis	42
	Verzeichnis der gelisteten Normungsgremien	43
	Autorenliste	45

GRUSSWORT



Olga Meyer

Leiterin der Forschungsgruppe „Interoperabilität für Produktion“ am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und Vorsitzende des Arbeitskreises „Normungsroadmap Industrie 4.0“

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

Wir freuen uns, Ihnen mit dem vorliegenden Fortschrittsbericht die aktuellen Entwicklungen und Erfolge bei der Umsetzung der in der fünften Ausgabe der Deutschen Normungsroadmap Industrie 4.0 formulierten Handlungsempfehlungen präsentieren zu dürfen. Als wichtiger Meilenstein der normativen Arbeit nationaler Gremien bietet dieser Bericht eine umfassende Bestandsaufnahme der Aktivitäten und zeigt Fortschritte zu den von der Plattform Industrie 4.0 im Leitbild 2023 formulierten Aspekten wie Interoperabilität, Souveränität und Nachhaltigkeit für Industrie 4.0.

Viele der angestoßenen Aktivitäten, wie die Harmonisierung der Entwicklung von Asset Administration Shell und anderer Normen für den digitalen Zwilling, der Digitale Produktpass, neue Ansätze für resiliente Datenräume und die durch [EU Data Act](#) angestoßenen Normen in Bereich der Künstlichen Intelligenz, verdeutlichen die Bedeutung einer strategischen und strukturierten Normung. Nur so kann in offenes und interoperables Industrie-4.0-Ökosystem geschaffen werden, das sowohl nationale als auch internationale Anforderungen erfüllt.

Der Fortschrittsbericht belegt, dass die Handlungsempfehlungen in den Gremien auf fruchtbaren Boden gefallen sind und zeigen auch Wirkung in der internationalen Normung. Rund 77 der insgesamt 113 formulierten Empfehlungen konnten als Fortschritt eingeordnet werden –

ein klares Zeichen dafür, dass die Industrie 4.0-Normung in der industriellen Anwendung schneller vorangeht und Anwendung findet.

Nachhaltigkeit ist dabei ein wichtiges Thema, dass wir weiterhin vorantreiben wollen. Besonders die Einführung des Digitalen Produktpasses in Kombination mit der [AAS](#) ist ein hervorragendes Beispiel für die Verbindung von Digitalisierung und interoperablen Umsetzung von digitalen Zwillingen für die nachhaltiger Produktion. Auch die Resilienz von Wertschöpfungsketten und die Sicherung von technologischer Souveränität gewinnen durch die jüngsten globalen Krisen zunehmend an Bedeutung.

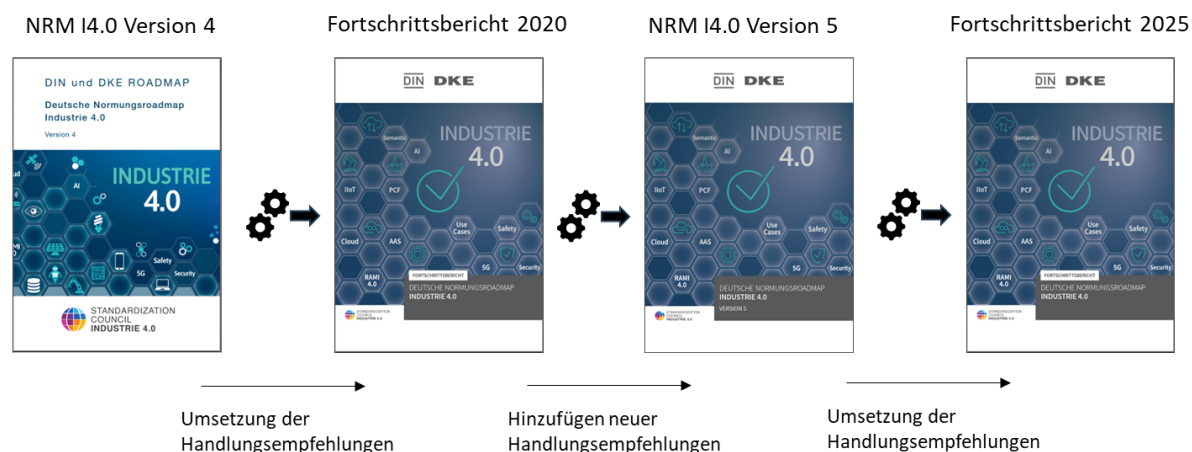
Mit diesem Fortschrittsbericht möchten wir nicht nur den aktuellen Status quo dokumentieren, sondern auch Impulse für die weitere Entwicklung geben. Wir danken allen Expertinnen und Experten, die durch ihr Engagement und ihre Expertise die Umsetzung der Handlungsempfehlungen unterstützt haben. Ihre Arbeit ist der Schlüssel zum Erfolg von Industrie 4.0.

Wir laden Sie ein, diesen Fortschrittsbericht als Leitfaden und Orientierung zu nutzen und freuen uns, gemeinsam mit Ihnen die nächsten Schritte in der Normung für Industrie 4.0 zu gestalten. Wir wünschen Ihnen eine aufschlussreiche und inspirierende Lektüre!

1 EINLEITUNG

Die Normungsroadmap Industrie 4.0 hat sich in nunmehr fast einem Jahrzehnt und insgesamt fünf Ausgaben zu einem zentralen Element der deutschen Normungsarbeit entwickelt und ist fester Bestandteil der Normungsstrategie für Industrie 4.0, um die Industrie bei der digitalen Transformation zu unterstützen. Aufgrund ihrer Relevanz auf der Internationalen Bühne wurde die Normungsroadmap ins Englische übersetzt und liegt auch in Japanischer Sprache vor.

Die Version 5 der [Normungsroadmap](#) wurde 2023 veröffentlicht, und deswegen ist es an der Zeit den aktuellen Umsetzungsstand der Handlungsempfehlungen vorzustellen.



Wie die vorigen Ausgaben nimmt auch die fünfte Ausgabe der Normungsroadmap das Leitbild 2030 für Industrie 4.0 für die Gestaltung digitaler globaler Ökosysteme als Grundlage. Dabei liegt der Fokus aus Sicht der Normierung auf Aspekten, die im derzeitigen Kontext für jedes digitale Ökosystem von zentraler Bedeutung sind, wie z.B. die Semantik und Eigenschaften als Grundlage von interoperablen digitalen Systemen, „Industriellen Datenräume“ um zusätzliche Wertschöpfung basierend auf Daten zu erzeugen und „Nachhaltigen und ökologischen Aspekte von Industrie 4.0“, d.h. die Umsetzung von Klima- und Umweltzielen mit Industriebezug.

2 FORTSCHRITTE – ASPEKT 1: INTEROPERABILITÄT

2.1 Eigenschaften und deren Systemintegration in industriellen Anwendungen

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.1-3 V5]

Mindeststandards für die Berücksichtigung soziotechnischer Aspekte

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. 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.

Fortschrittsbewertung

Erste Ansätze werden derzeit in NA 023 BR-03 SO erarbeitet.



Handlungsempfehlung

[HE 5.1.1-5 V5]

Adaptive, dynamische Allokation von Aufgaben zwischen Mensch und Maschine

Da eine starre Aufgabenallokation (Funktionsteilung) zwischen Mensch und Maschine in vielen Fällen keine angemessenen Möglichkeiten zur Wahrnehmung, Situationsbewertung, Einflussnahme, zum Resultatfeedback sowie keine daraus resultierenden Chancen zum Lernen und zur Kompetenzentwicklung bietet, sollte die Funktionsteilung im Idealfall dynamisch-adaptiv gestaltet sein. Auf jeden Fall sollte sie transparent sowie für die Beschäftigten nachvollziehbar und beeinflussbar gestaltet sein. Dabei ist ggf. zu berücksichtigen, dass u. U. verschiedene Beschäftigte in einem Arbeitssystem (parallel und synchron oder auch asynchron) tätig sind. Es ist eine Vorgehensweise zur prozessbegleitenden Evaluation der adaptiven Aufgabenallokation mit besonderem Augenmerk auf Safety, Security und psychosoziale Auswirkungen von Beschäftigten zu erarbeiten und in die Normung zu integrieren. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass Maschinen für eine dynamische Anpassung an den Menschen evtl. Körpermaße etc. erfassen und auswerten. Ergänzungs- bzw. Änderungsbedarf ergibt sich hieraus z. B. bei den Normen DIN EN 614-2, ISO/TS 15066, DIN EN ISO 10218, DIN EN 894-1,3, DIN EN ISO 29241-2, DIN EN ISO 10075-2, DIN EN ISO 11064-1,5,7, DIN EN ISO 13861, C-Normen für Maschinen, ISO/TS 15066, Normen zu Künstlicher Intelligenz ([ISO/IEC JTC1 SC42](#)), DIN EN ISO 9241-110, -112, DIN EN ISO 11064-5, DIN EN ISO 11064.[

Fortschrittsbewertung

Aktualisierungsbedarfe für DIN EN 614-1 werden derzeit in NA 023 BR-03 SO formuliert.



Handlungsempfehlung**[HE 5.1.1-9 V5]****Standardisierte Eingabe von Instandhaltungsinformationen**

Standardisierung der Schnittstellen von Industrie 4.0-Komponenten (Anlagen und Produkten) für die Eingabe von aktuellen Instandhaltungsinformationen, z. B. auf Basis iiRDS (Instandsetzungen, Wartungen, Umbauten) in die Systeme des Condition Monitoring und Predictive Maintenance. Im industriellen Umfeld können Assets auch solche immateriellen Dinge wie Konzepte, Patente, Verfahren oder Prozesse umfassen. Eigenschaften von konzeptionellen Assets, wie z. B. Planungsunterlagen sollten als standardisierte Wörterbucheinträge aufgenommen werden.

Fortschrittsbewertung

Das vom Projekt InterOpera eingereichte Submodell „SMT Intelligent Information for Use“ (ehemals „iiRDS Handover Documentation“) wird seit Juni 2024 in der IDTA entwickelt und befasst sich u.a. mit der Integration von Instandhaltungsinformationen in Industrie 4.0-konforme Systeme. Basierend auf dem IDTA-Submodell „Handover Documentation“, der Richtlinie VDI 2770 und dem iiRDS-Standard zielt das Submodell auf die Bereitstellung interoperabler Informationen zur Beschreibung der iiRDS-Überbedokumentation in Bezug auf das Asset der jeweiligen AAS. Der Fokus liegt dabei auf der Bereitstellung von Eigenschaften, die idealerweise mit Hilfe von Wörterbüchern wie ECLASS und IEC CDD interoperabel sind. Ziel der Integration des Standards in die AAS ist es, die Benutzerdokumentation kontextabhängig in einem standardisierten Format zur Verfügung zu stellen, so dass die technische Dokumentation als intelligente Information in einem maschinenlesbaren Format entlang des Wertschöpfungsnetzes übertragen werden kann.

Im Mai 2023 wurde die IEC PAS 63485 “Intelligent Information Request and Delivery - A process model for the exchange of information for use“ veröffentlicht und damit ein wichtiger Meilenstein zur Internationalisierung des iiRDS-Konzepts erreicht.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.1-10 V5]****Eigenschaften von konzeptionellen Assets in standardisierten Dictionaries**

Eigenschaften von konzeptionellen Assets, wie z. B. Planungsunterlagen, sollten in standardisierte Dictionaries wie dem Common Data Dictionary von IEC/SC 3D aufgenommen werden, z. B. die Festlegungen in der VDI 2770. Zusätzlich sollen Planungsunterlagen zwischen Menschen und Maschine-/Industrie 4.0-Komponente kommunizierbar sein.

Fortschrittsbewertung

Die für die Koordination von semantischen Projekten und CDD zuständige IEC/TC 65/SC 65E/AG 4 des IEC/TC 65 hat die Anforderungen aus verschiedenen Arbeitsgruppen (aus Sicht des IEC/TC 65) für die IEC CDD gesammelt und dem SC3D vorgelegt. Diese Aufgaben der SC 65E/AG 4 werden in Zukunft in der IEC/TC SC 65E /WG 2 bearbeitet.

Weitere Aktivitäten zur Standardisierung von Merkmalen in der intelligenten Fertigung werden in IEC/TC 65/SC 65E/WG 2 geführt, wie z.B. die IEC 63489 „Common data concepts for Smart Manufacturing“, einschließlich der Eigenschaften von Typenschildern für AAS-Submodellvorlagen, sowie die Entwicklung von Normen zu Datenstrukturen und -elementen (IEC 61987-100DB).

Des Weiteren hat IDTA das Submodell "Handover Documentation" veröffentlicht, welches VDI 2770 Blatt 1 (erschieden im Jahr 2020) als Grundlage nutzt.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.1-11 V5]****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

IEC und ISO arbeiten an einer Kooperation zur gemeinschaftlichen Nutzung der IEC CDD. Sobald diese organisatorischen Vorbereitungen abgeschlossen sind, können ISO-definierte Inhalte in der CDD abgebildet werden. Als eines der ersten Data Dictionary mit Inhalten der ISO ist ein Dictionary zur Klassifizierung von Standards (i.e. Klassifizierung von Dokumenten) geplant.

IEC, ECLASS und ISO arbeiten in dem von SCI 4.0 koordinierten Projekt Projekt COMDO (One COMMON. Data RepOsitory for Smart Manufacturing) an einer Möglichkeit zur durchgehenden Nutzung von semantischen Merkmalen der CDD (Common Data Dictionary) und von ECLASS.

Ein interner Pilot zum COMDO-Projekt konnte durchgeführt werden und die Erkenntnisse sind in Bearbeitung. Eine Bereitstellung des Inhaltes der IEC CDD über die ECLASS Content Development Platform (CDP) ist in Vorbereitung.

Weiterhin wurde bei IEC der Annex SK der Internen Regularien überarbeitet und somit die Möglichkeiten zur Erarbeitung von semantischen Merkmalen der CDD erweitert.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.1-12 V5]****Standardisierte Dictionaries**

Vorhandene Feldbusprofile, Companion Specification und andere Spezifikationen, die Geräte- und Komponenteneigenschaften definieren, sollten in standardisierte Dictionaries, wie z. B. ECLASS und IEC CDD überführt werden. Außerdem sollen sie in einer geeigneten semantischen Weise (z. B. grafisch/algebraisch) darstellbar sein.

Fortschrittsbewertung

In Bezug auf die Schaffung einer einheitlichen Grundlage für die Durchgängigkeit von Feldbusprofilen, AAS-Submodel-Templates und OPC-UA-Companion-Specs gibt es Gespräche zwischen Vertretern der IDTA, der OPC-Foundation, von AutomationML, ECLASS und der IEC CDD.

2.2 Referenzarchitekturmodelle

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.2-1 V5]

Industrielle Cloud-Plattformen

Ein offenes, verteiltes, echtzeitfähiges und sicheres Betriebssystem, 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



Die laufenden Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten konzentrieren sich weiterhin auf die Standardisierung von effizienten und innovativen Cloud-Infrastrukturen und auf die Entwicklung sicherer und vertrauenswürdiger Cloud-basierter Dienste. Einerseits arbeitet die Europäische Kommission in [digitalen Dekade der EU](#) verstärkt daran, den europäischen Unternehmen und Behörden Zugang zu sicheren, nachhaltigen und interoperablen Cloud-Infrastrukturen und -Diensten anzubieten, um den Aufbau gemeinsamer europäischer Datenräume zu unterstützen. Andererseits setzen die nationale Initiativen wie [Catena-X](#), [Manufacturing-X](#) und [Factory-X](#) die Empfehlungen für Interoperabilität für solche Ökosystemen in die Praxis um.

[Catena-X](#) schafft eine sichere Dateninfrastruktur für die Automobilindustrie, was den Empfehlungen für eine flexible und erweiterbare Architektur entspricht. [Manufacturing-X](#) integriert diese Prinzipien in die gesamte Fertigungsindustrie und unterstützt damit die Schaffung domänenübergreifender Wertschöpfungsnetzwerke, wie in der Empfehlung gefordert. [Factory-X](#) entwickelt spezifische Lösungen, wie den „Factory-X Kernel“, um cyber-physische Systeme und IIoT-Anwendungen zu integrieren, was den Empfehlungen zur Untersuchung hybrider Cloud-Plattformen entspricht.

Des Weiteren wurde das Querschnittsprojekt [DAVID](#) auf nationaler Ebene initiiert, um die technologische und semantische Interoperabilität verschiedener Manufacturing-X-Projekte auf Basis der [AAS](#) sicherzustellen. DAVID zielt auf die Entwicklung von Open-Data-Ökosystemen in der Industrie ab und ermöglicht die Realisierung branchenübergreifender Anwendungsfälle.

Über das [International Manufacturing-X Council](#) (IMX Council) erfolgt eine Internationalisierung der Konzepte der zuvor genannten Initiativen. Seitens IM-X gibt es Kontakte zur [Ad-hoc Gruppe 8](#) „Data Spaces for Smart Manufacturing“ des [IEC System Committee Smart Manufacturing](#) mit der Idee, über diese Gruppe eine Koordinierung der internationalen Normung zu erreichen.

Darüber hinaus wurde die ISO 20151: "Dataspace Concepts and Characteristics" in das Arbeitsprogramm von [ISO/IEC JTC 1/SC 38](#) „Cloud Computing and Distributed Platforms“ aufgenommen, um grundlegende Konzepte und Merkmale von Datenräumen weiter zu standardisieren und zu entwickeln. Diese Schritte tragen zur Schaffung einer Basis für die sichere Nutzung und den Austausch von Daten in verschiedenen digitalen Umgebungen bei.

2.3 Semantik und Eigenschaften

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.3-3 V5]

Sicherstellung effektiver normativer Infrastrukturen

Es wird empfohlen, in gemeinsamen Anstrengungen von ISO, IEC und CEN und CENELEC sowie den nationalen Komitees den digitalen Transformationsprozess von dokumenten-zentrierten Standards hin zu digitalen Mehrwertdiensten für Inhalte der Standards zu unternehmen, um so die Vorbereitungen in den Infrastrukturen frühzeitig zu treffen und die Zukunft der konsensbasierten Standardisierung sicherzustellen. Eine starke Beteiligung in den internationalen Gremien ist deshalb von Bedeutung.

Fortschrittsbewertung



Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur digitalen Transformation der Standardisierung werden mittlerweile international und in laufender Abstimmung untereinander durchgeführt. Federführend in Deutschland ist dabei die DKE-Initiative Digitale Standards (IDIS), die unter breiter Mitwirkung von Industrie und Forschung sowie unter Verbindung zu internationalen Initiativen das digitale Ökosystem um Smart Standards vorantreibt. Dies schließt Arbeiten zu standardisierten Informationsmodellen und Prozessen, wie z.B. mittels Ontologien und AAS, mit ein.

Aus den USA steuert etwa NISO mit dem Standards Tag Set (STS) einen wesentlichen Baustein für die XML-basierte Informationsmodellierung bei. Mit IEC/ISO SMART existiert ein gemeinsames Arbeitsprogramm von IEC und ISO zur internationalen Förderung von Smart Standards. Diese Arbeiten finden Konkretisierung etwa bei den Arbeiten der IEC SG 12 zu Smart Standards inkl. IEC SMART Information Modell (SIM), aber auch ISO/IEC JTC 1/SC 32 adressiert mit "Data management and interchange" Bausteine in Form von Ontologien und Dokumentenstrukturen. Zudem adressiert ISO/IEC JTC 1/SC 41 mit dem Digital Twin einen wesentlichen Organisationsbaustein für die Zusammenführung von Standards, welcher auch z.B. durch die IDTA und die dort gesammelten Submodelle behandelt wird.

Auf europäischer Ebene entwickeln CEN und CENELEC in den beiden Schlüsselprojekten "Online Standards Development" und "SMART Standards" konkrete Prototypen für zukünftige Werkzeuge, jeweils unter Verbindung zu den Arbeiten bei ISO/IEC.

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.3-4 V5]

Semantik im Kontext des digitalen Zwillings

ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 6 soll die Verbindung zwischen Semantik und dem digitalen Zwilling domänenübergreifend normativ erklären.

Fortschrittsbewertung



Die Semantik im Kontext des digitalen Zwillings bezieht sich auf die Interoperabilität zwischen digitalen Entitäten und Ziel-Entitäten. Laufende Standardisierungsarbeiten konzentrieren sich auf die Harmonisierung von Datenräumen, Prozeduren und Datenformaten, um die Rückführungs-Kontrollschleifen und Interoperabilitätskonzepte effizient umzusetzen. Diese Arbeiten werden in den ISO/IEC JTC 1/SC 38 und SC 41 Komitees für Cloud, Edge Computing und industrielles IoT und digitaler Zwilling, aktuell vorangetrieben.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.3-5 V5]	Industrie 4.0-Sprache Die bestehende VDI/VDE 2193 (Blatt 1 und Blatt 2, Sprache von Industrie 4.0-Komponenten) steht als Richtlinie zur Verfügung und bildet eine wesentliche Grundlage für die Interoperabilität zwischen Industrie 4.0-Komponenten. Es ist zu empfehlen, dass die Industrie 4.0-Sprache in die internationale Standardisierung überführt wird.
Fortschrittsbewertung 	Eine formale Sprache zur Beschreibung von Anforderungen und Eigenschaften industrieller Produkte und Produktionsprozesse über den gesamten Lebenszyklus, einschließlich Refurbishing, ist bisher nicht in semantischen Standards für Industrie 4.0 eingeführt. Die VDE SPEC 90010 Anleitung zur Erstellung ausführbarer semantischer Standards (SemNorm) liefert erste Ansätze für den Einsatz solcher formalen Sprachen, die aus einem deklarativen Teil zur Attributbeschreibung und einem operationalen Teil zur Definition von Umformungsregeln für attributierte Graphen bestehen. Die VDI 2193 bietet weitere relevante Inhalte zur Beschreibung der Interaktion und von einem AAS basierten Datenmodell, die in den AAS-Standard IEC 63278 als zusätzlicher Part beschrieben werden könnten. Eine Initiative zur Umsetzung könnte vom SCI 4.0 angestoßen werden.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.3-6 V5]	Werkzeuge der Semantik Es wird empfohlen, Werkzeuge der Semantik, d. h. Hilfsmittel und Artefakte, die zur Analyse, Definition, Beschreibung oder zum cyber-physischen Engineering für die Herstellung eines Produkts verwendet werden können, zu entwickeln. Diese sollten entsprechend ihrer Verwendung (z. B. Bereitstellung in Kombination) und Eigenschaften standardisiert werden.
Fortschrittsbewertung 	Der Normentwurf IEC 63538 des Komitees IEC/TC 65/SC 65 E/WG 2 standardisiert Informationsmodelle für Produktlebenszyklen auf der Basis des „Event“-Konzepts. Produktkomponenten werden mit Attributen wie <Ereignis, Rohmaterial, Unterkomponente> beschrieben. Dieser Ansatz ist kompatibel mit der formalen Sprache Common Logic, die UML-ähnliche Graphen verwendet. In diesem Bereich wurden Proof-of-Concept-Beispiele wie AGG (TUB) und GrGEN.NET (KIT) entwickelt, die zeigen, dass eine formale Sprache, die graphentheoretische (graphische) Konzepte verwendet um eine Industrie 4.0-Semantik/Ontologie darzustellen, auf Plattformen mit attributiven Graphgrammatiken übertragbar ist. SysML V2, das demnächst veröffentlicht wird, kann ebenfalls im Zusammenhang mit semantischen Werkzeugen betrachtet werden. Als formale Grundlage dient die Kernel Modeling Language, die sich auf eine Darstellung in Logik erster Ordnung stützt und die Maschinen-Interpretierbarkeit fördert. Aktuelle Open-Source-Entwicklungen für AAS setzen zunehmend auf Open-Source-Werkzeuge zur Integration der AAS. Dies zeigt der aktuelle Stand im Solutions Hub von IDTA.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.3-7 V5]	Qualitätskriterien für Ontologien Die Anforderungen an die bestehenden Ontologien sollen grundlegend überprüft werden. Zu diesem Zweck sollen Qualitätskriterien für Ontologien erarbeitet werden, um eine eindeutige Identifizierung der Ontologiekonzepte (z. B. Vermeidung von Homonymen und synonymen Konzepten) zu ermöglichen.
Fortschrittsbewertung 	In der DKE (in Kollaboration mit der IEC) wird ein Projekt Harbsafe 2 durchgeführt, bei dem es um die automatisierte Qualitätsprüfung für Data Dictionaries geht. Die Definitionen der Elemente werden in Bezug auf Konsistenz und anderen Qualitätsanforderungen geprüft. Ergebnisse des Projekts werden bereits eingesetzt um die Terminologie in Data Dictionaries (z.B. IEC 61987 Data Dictionary) zu verbessern.

2.4 Werkzeuge zur Umsetzung des digitalen Zwillings

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.4-1 V5]

Asset Administration Shell Konzept durchgehend verwenden und international 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 AAS-Konzept erreicht, wenn die AAS bzw. deren generische Submodelle sowie deren Kommunikation zwischen Industrie 4.0-Komponenten in Normen festgelegt sind. Es wird empfohlen, die Aktivitäten der [IEC/TC 65/WG 24](#) in Bezug auf die IEC 63278-Reihe zu unterstützen und voranzutreiben.

Fortschrittsbewertung



Bei [IEC/TC 65/WG 24](#) "Asset Administration Shell for Industrial Applications" konnte IEC 63278-1 "Asset Administration Shell for industrial applications - Part 1: Asset Administration Shell structure" erfolgreich zum Abschluss gebracht und veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung dieser internationalen Norm hat entscheidend zur internationalen Akzeptanz dieses zentralen Konzepts von Industrie 4.0 beigetragen.

Seit Veröffentlichung der 5. Ausgabe der Normungsroadmap konnten bei IEC/TC 65/WG 24 erfolgreich die Normungsprojekte

- IEC 63278-4 ED1 "Asset administration shell for industrial applications – Part 4: Use cases and modelling examples"
- IEC 63278-5 ED1 "Asset Administration Shell for industrial applications – Part 5: Interfaces"

gestartet werden.

Mit diesen neuen Teilen der Normenreihe IEC 63278 konnte eine erste vollständige Beschreibung des Konzepts der AAS in die internationale Normung eingebracht werden.

Aktuell besteht die Herausforderung darin, die Teile -2 „Information meta model“, -3 „Security provisions for Asset Administration Shells“ und -5 „Interfaces“ zügig zum Abschluss zu bringen, die diese Normen zur Erfüllung regulatorischer Anforderungen des Digitalen Produktpasses nutzbar sein sollen. Die Bereitstellung ausreichender personeller Ressourcen ist hierfür unerlässlich.

Die Lebenslaufakte eines Assets erfordert die Sammlung und Dokumentation von Informationen über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage oder eines Produkts, einschließlich Dokumentation, Instandhaltung, Nachhaltigkeit und Rückverfolgbarkeit. Im Kontext der Lebenslaufakte eines Assets sind daher folgende [IDTA-Submodelle](#) wie z.B. Handover Documentation, Plant Asset Management, Part Traceability, Maintenance Instructions, Carbon Footprint/Product Environmental Data u.a. besonders relevant. Diese decken verschiedene Anwendungsbereiche wie Instandhaltung, Produktion, Qualitätssicherung und Life Cycle Management ab.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.4-2 V5]

Synchronisierung der Konzepte der Asset Administration Shell und des digitalen Zwillings

Es wird empfohlen, die Konzepte, die gegenwärtig sowohl für den digitalen Zwilling und das industrielle IoT in der [ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 6](#) als auch für die AAS in der [IEC/TC 65/WG 24](#) entwickelt werden, zu synchronisieren.

Fortschrittsbewertung



Unter deutscher Projektleitung wird im [IEC/TC 65/WG 24](#) kontinuierlich an der internationalen Standardisierung des Konzepts „AAS“ gearbeitet. Die derzeit laufenden Arbeiten beziehen sich auf die Weiterentwicklung der zwischen 2022 und 2023 begonnenen Normen, wie z.B. der IEC 63278-Reihe.

Darüber hinaus sind in der [IEC/TC 65/ WG 24](#) weitere Themen geplant, um die AAS-Standards zu vervollständigen und ihre Anwendung zu erleichtern, wie z.B. die Spezifikation der AAS-Inhalte für verschiedene Domänen sowie die Entwicklung von Interaktionsmodellen für die Kommunikation zwischen AAS.

In der [ISO/IEC JTC 1/SC 41](#) werden derzeit mehrere Grundlagenstandards (*engl.*: Foundational Standards) entwickelt, die sich im derzeit WD bzw. CD Stage befinden und auf Synchronisationsanforderungen mit der AAS-Normung in [IEC TC 65/ WG 24](#) oder [WG 23](#) geprüft werden. Im Einzelnen sind dieses:

- PWI JTC1-SC41-16 „Digital twin – Extraction and Transactions of Data Products“. Hier werden folgende Normen für den Kontext „digitaler Zwilling“ auf SC41-Ebene zwischen der ISO/IEC JTC 1/WG 6 durch Liaison zu [IEC/TC 65 /WG 24](#) (AAS) und der [SC41](#)-internen WG 3 (IoT/RA) referenziert bzw. inhaltlich abgestimmt:
 - Grundlagen hierzu als Referenz über ISO/IEC 5209 (Data usage - Terminology and use cases) sowie ISO/IEC 5212 (Data usage – Guidance for data usage) sowie
 - Interoperability (Metadaten Level bei Digital Twin (s.o. AAS) hierzu als weitere Referenz über ISO/IEC 11179-1 (Metadata registries (MDR) – Part 1 framework) – und ISO/IEC 19763-1 (Metamodel framework for interoperability (MFI) – Part 1 Framework).
- PWI JTC1-SC41-19 „Digital twin – SC41 PWI 19 Guidelines for digital twin entity modeling “ mit dem Focus auf Interoperabilität in Liaison mit [ISO/IEC JTC 1 /SC 38](#) – Kontext “Data Space” in Hinsicht auf Digital Twin (WG6).

Die Liaison zwischen [IEC/TC 65](#) und [ISO/IEC JTC 1/SC 41](#) konnte seit Erscheinen der 5. Ausgabe der Normungsroadmap intensiviert werden, womit die Voraussetzungen für eine Synchronisierung der Aktivitäten der beiden Gremien gegeben sind.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.4-3 V5]

ISO/IEC-21823-Reihe im Industrie 4.0-Kontext

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.

Fortschrittsbewertung



In der [ISO/IEC JTC 1/SC 41](#) werden derzeit mehrere Grundlagenstandards entwickelt, welche die (systemischen) Aspekte u.a. zu „Interoperabilität“ (ISO/IEC 21823) bearbeiten und sich im derzeit WD bzw. CD Stage befinden (siehe [\[HE 5.1.4-2 V5\]](#)).

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.4-4 V5]

Internationale Zusammenarbeit im Kontext der Asset Administration Shell und des digitalen Zwillings

Die [ISO/IEC JTC 1/SC 41/WG 6](#), [IEC/TC 65](#) und [ISO/IEC JTC 1/SC 41/AG 20](#) sollen ihre gemeinsame Zusammenarbeit und ihren Austausch zum „industriellen Sektor“ im Hinblick auf das Industrial IoT, die AAS und den digitalen Zwilling mit allen damit verbundenen Liaisons weiter fortsetzen.

Fortschrittsbewertung

Die Aktivitäten der [SC41/AG 20](#) (SELG1) konzentrieren sich weiterhin auf die Förderung der Liaison in/über [ISO/IEC JTC 1/SC 41](#) im industriellen Sektor - insbesondere für IoT und Digital Twin - um ein gemeinsames gegenseitiges Verständnis zu ermöglichen, sowohl auf Seiten der konsortialen Regelsetzer (z.B. [IDTA](#), OneM2M) und der Normungsorganisationen ([IEC](#), [ISO](#), [ETSI](#)) für „Industrial IoT“ und „Industrial Digital Twins“ Standards zu ermöglichen. Um die Normung in diesen für Anwender/Organisationen interessanten Bereichen zu fördern, wurden in enger Zusammenarbeit Cat-C Liaisons eingerichtet.

Beispielsweise wurde [ISO/IEC JTC 1/SC 41 JAG 28](#) im Anschluss an die [ISO/IEC JTC 1/AG 20](#) gegründet, um den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen den Vorsitzenden von [JTC 1/SC 41](#) und [IEC/TC 65](#) für alle ihre Arbeitsgruppen (und zugehörigen JWGs) zu erleichtern, um eine reibungslose Entwicklung zu ermöglichen und Überschneidungen/Doppelungen zu vermeiden.

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.4-5 V5]

OPC UA Companion Specifications zur Umsetzung des digitalen Zwillings

Zur Umsetzung des digitalen Zwillings für die Produktionsumgebung sollen die in OPC UA Companion Specifications semantisch standardisierten Informationen genutzt werden. Digitale Zwillinge der Produktion sind in der Folge sowohl branchenspezifisch als auch branchenübergreifend durch eine interoperable Semantik effizient nutzbar und erzielen eine hohe Wertigkeit.

Fortschrittsbewertung

Es wurde die Erkenntnis gewonnen, dass der Digitale Zwilling in Echtzeit Produktionsinformationen erhalten muss. Folglich ist eine steigende Umsetzung der OPC UA Companion Specifications in der Industrie gesamtheitlich global zu verzeichnen. Die Umsetzung erfolgt je nach Branche in unterschiedlicher Intensität, wenngleich diese noch ausbaufähig ist.

Für den Maschinen- und Anlagenbau erarbeiten und veröffentlichen VDMA-Arbeitsgruppen, zusammengesetzt aus verschiedenen Industrievertretern, branchenspezifische und übergreifende OPC UA Companion Specifications. Stand August 2024 existieren 109 Veröffentlichungen (branchenspezifische und -übergreifende Spezifikationen sowie Aktualisierungen), 62 Releases und 13 Release Candidates (hier abrufbar: <https://www.vdma.org/catalogs>) und 38 Arbeitsgruppen. Branchenübergreifend gelöst in der OPC UA for Machinery Basispezifikation wurden bisher: Maschinenidentifikation, Maschinenstatus, Betriebsstundenzähler, Job Management, Prozesswerte und Prüfberichtübermittlung.

Die international ansteigende Relevanz ist weiterhin zu verzeichnen. So werden bspw. bestimmte OPC UA Companion Specifications auch als Smart Manufacturing Profile durch [CESMII](#)¹ angeboten. Gleichzeitig werden auch auf weiteren Kontinenten neue Arbeitsgruppen für die Erarbeitung neuer OPC UA Companion Specifications gebildet, wie bspw. im Bereich Mining in Brasilien.

Es wird weiterhin eine Ausweitung des digitalen Zwillings auf die gesamte Produktion verzeichnet, wie beispielsweise die Batterieproduktion verdeutlicht, da diese hier gesamt semantisch standardisiert und somit ein digitaler Zwilling der gesamten Produktion vorliegen wird. Dies hat den Vorteil einer vergleichbaren Integration und Auswertung von neuen Assets im digitalen Zwilling. Hierdurch wird ebenso deutlich, dass auch die Standardisierungsarbeit bzgl. der OPC UA Companion Specifications auch hinsichtlich aktueller Themen weiter voranschreitet, wie auch die Standardisierungsarbeit im Bereich Wasserstoffelektrolyse bestätigt.

¹ <https://marketplace.cesmii.net/> <https://marketplace.cesmii.net/> <https://marketplace.cesmii.net/> <https://marketplace.cesmii.net/>

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.4-6 V5]****OPC UA im Kontext der Asset Administration Shell**

Die AAS-Konzepte sollen weiterhin im Kontext von OPC UA ausgebaut werden. Hierfür sollen weitere Bedarfe standardisierter Semantik für Informationen aus der Produktion an die zuständige OPC UA-Arbeitskreise zur Entwicklung gemeldet werden. Im Sinne der Single Source of Truth müssen Informationen aus der Produktion, wie z. B. die Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus, an deren Entstehungsort unter Nutzung von OPC UA Companion Specifications standardisiert und im Kontext der aktuellen Normen der [IEC/TC 65/WG 24](#) harmonisiert werden (z. B. die Differenzierung und die Komplementarität der beiden Technologien sollen beschrieben werden).

Fortschrittsbewertung

In der JWG IDTA/OPC Foundation wurde eine Submodell-Arbeitsgruppe gegründet mit dem Ziel der Erarbeitung eines OPC UA Server Data Sheet. Die Bereitstellung von Implementierungsdetails des OPC UA Servers über die AAS soll es Entwicklern und Nutzern von OPC UA Client-Anwendungen ermöglichen, die spätere Integration der Assets vorzubereiten, die OPC UA Server enthalten.

Durch die Verbände AutomationML, [IDTA](#), OPC Foundation und VDMA sowie Unternehmensexperten wurde ein „[Diskussionspapier über industrielle Interoperabilität](#)“ mit einem gemeinsamen Zielbild sowie Handlungsempfehlungen für industrielle Interoperabilität veröffentlicht. Hierin wird ebenso das Zusammenwirken der verschiedenen Technologien beschrieben.

Noch nicht hinreichend geklärt ist derzeit die Nutzung von mittels OPC UA aggregierten Daten in der AAS, ohne diese zu duplizieren und direkt in der AAS zu speichern, sondern lediglich als Referenz einzubinden. Ein Beispiel für eine zukünftige Synergie könnte in der Umsetzung des [DPP](#) durch die Kombination von OPC UA Companion Specification und der AAS gezeigt werden.

Des Weiteren bedarf es einer klaren Abgrenzung, welche Daten für die AAS relevant bzw. welche es nicht sind (bspw. bezogen auf die Anforderungen an Echtzeitübermittlung). Es sollte künftig Klarheit zu jeder OPC UA Companion Specification bestehen, welche Attribute in einem Submodell der AAS genutzt werden sollen bzw. können. Sowohl zur Abgrenzung als auch zum Aufzeigen der Synergien ist es angebracht, entsprechende Use Cases zu identifizieren und beispielhaft zu beschreiben.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.4-7 V5]****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 kodiert. AAS bzw. Submodelle erfordern jedoch für den operationalen Betrieb gegenüber den reinen 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, um solche Semantik in den Datenmodellen zu erweitern, um dynamische Werte einwandfrei darstellen zu können. Beispielsweise kann dies mit entsprechenden neuen Attributen im Datenmodell der ISO 13584/IEC 61360 erfolgen. Modelle für Funktionen/Befehle sind zu entwickeln bzw. vorhandene in Normen festzuschreiben.

Fortschrittsbewertung

In der [IEC CDD](#) (IEC 61360-4 DB) im Data Dictionary IEC 61987 wurden und werden Produktbeschreibungen von Geräten um Beschreibungen von variablen Parametern und von dynamischen Prozessvariablen der Geräte ergänzt.

Aktuell wird an einer Revision der IEC 61360-1 gearbeitet, zu der auch Vorschläge zur Unterstützung von variablen Werten diskutiert werden.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.4-8 V5]****Holistische Entwicklung von AAS-Submodellen**

Es wird empfohlen, die Entwicklung und Internationalisierung der Submodelle der AAS in IDTA, ISO und IEC voranzutreiben. Die Anwendung der Submodelle sollte so weit wie möglich dem holistischen Ansatz folgen, um ihre Anwendbarkeit auch in anderen Bereichen zu ermöglichen.

Fortschrittsbewertung

ISO, IEC und IDTA legen aktuell großen Wert auf die holistische Entwicklung von Digitaler Zwilling- Standards. Durch die gemeinsamen Aktivitäten wird angestrebt, dass nicht nur die Schnittstellen, sondern auch die Semantik der ausgetauschten Daten standardisiert wird. Dies garantiert, dass unterschiedliche Systeme die gleichen Informationen auf die gleiche Weise interpretieren können.

Die IDTA und IEC/TC 65/WG 24 tragen maßgeblich zur Definition und Entwicklung von AAS-Submodellen im holistischen Aspekt bei.

Bei IEC/TC 3/SC 3D und bei IEC/TC 65/SC 65E/WG 2 wurden mit den Projekten

- IEC 61360-7 "Standard data element types with associated classification scheme - Part 7: Data dictionary of cross-domain concepts",
- IEC 61987-100 „Industrial-process measurement and control - Data structures and elements“ und
- IEC 63489 "DB - Common data concepts for smart manufacturing"

wichtige Voraussetzungen für die Beschreibung von AAS-Submodellen und der dafür benötigten semantischen Merkmale in internationalen Normen geschaffen.

Die IDTA sorgt weiterhin dafür, dass Submodelle über verschiedene Industriezweige hinweg wie z.B. Automobil-, Chemie-, Maschinenbau- oder Elektronikindustrie anwendbar sind. Zur Unterstützung hat IDTA das IDTA-Portal eingerichtet, das die Validierung von AAS und den Zugriff auf das Repository für Submodel Templates ermöglicht.

Die WG 24 setzt die Arbeit an den kommenden vier Teilen von IEC 63278 fort (siehe [HE 5.1.4-2 V5], [HE 5.1.4-3 V5], [HE 5.1.4-4 V5], sowie [HE 5.1.4-10 V5]), einschließlich Teil 5 zu AAS-Schnittstellen, der für die Digitale Produktpass (DPP)-Norm von Bedeutung ist. Die Arbeitsgruppe sucht nach Liaisons zu den relevanten IEC-, ISO-, ISO/IEC- und weiteren Normungsgremien.

Im Rahmen der Kooperation von IDTA, OPC Foundation, CESMII, Digital Twin Consortium, ECLASS, LNI 4.0, VDMA und ZVEI erfolgt ein Erfahrungsaustausch hinsichtlich der Entwicklung einer optimalen Systemarchitektur für den anstehenden DPP.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.4-9 V5]****Digitale Lebenslaufakte als Submodell der Asset Administration Shell**

Das Informationsmodell zur digitalen Lebenslaufakte soll als Submodell der AAS für technische Anlagen abgebildet werden. Es wird weiterhin empfohlen, eine Internationalisierung der Normreihe DIN 77005 anzustreben.

Fortschrittsbewertung

Generell entwickelt die IDTA generische Submodell, die von Unternehmen und Organisationen angepasst werden können. Diese Submodelle decken verschiedene Anwendungsbereiche wie Wartung, Produktion, Qualitätssicherung und Lebenszyklusmanagement ab (siehe [HE 5.1.4-1 V5]). Ein zentrales Ziel der IDTA ist es, sicherzustellen, dass die erarbeiteten Modelle nicht nur theoretisch, sondern praktisch in der Industrie umgesetzt werden können und dabei auf den internationalen Standards von ISO und IEC basieren.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.4-10 V5]****Standardisierung der AAS-Submodelle**

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

Folgende **IDTA-Submodelle** / aktuelle Arbeiten bieten Werkzeuge und operative Modelle, die mit einer gemeinsamen Semantik maschinell ausführbar sind und die Darstellung der Systemeigenschaften in ihrer Umgebung ermöglichen:

- *Provision of Simulation Models* für die Bereitstellung interoperabler Modelle zur Simulation von Systemen sowie *Virtual Commissioning* mit Fokus auf die Ingenieurdaten für simulationsgestützte Validierung vor der Implementierung;
- *Provision of 3D Models* für die interoperable Darstellung von 3D-Daten für die Simulation des betrachteten Systems;
- *Value Chain, Material Flow, and Process Simulation* mit Fokus auf die Simulation von Prozessen, Materialflüssen und Wertschöpfungsketten;
- *Robot Online Programming and Simulation* bietet Werkzeuge für Simulation und Programmierung von Robotern;
- *P&I Diagrams* für maschinenlesbare Diagramme zur Abbildung von Systemen und Prozessen;
- *Time Series Data*, beispielsweise für Daten zur zeitlichen Analyse und Simulation von Betriebsverläufen;
- *Capability Description* für die Beschreibung der Eigenschaften und Fähigkeiten von Ressourcen für simulationsgestützte Entscheidungen sowie
- *Detailed Structure of Production Systems* für eine strukturierte Darstellung komplexer Produktionssysteme für Simulationen.

Handlungsempfehlung**[HE 5.1.4-11 V5]****Standardisierung der Dictionaries**

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

Die AAS ist zwischenzeitlich in die Konzept-Repositories der **CDD** und ECLASS integriert. Die erstmalige Übernahme standardisierter Submodelle in das IEC 61360-7 Datenwörterbuch erfolgte in der **IEC CDD** und ist unter <https://cdd.iec.ch> abrufbar.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.4-12 V5]	Digitales Typenschild Im September 2022 wurde die IEC 61406 (auf Basis der DIN SPEC 91406) für das Digitale Typenschild veröffentlicht. Zusätzlich sollen Anpassungen in allen Anwendungsnormen zur maschinenlesbaren Kennzeichnung in Anlehnung an VDE V 0170-100:2021-02 „Digitales Typenschild“ eingebracht werden.
Fortschrittsbewertung 	Die Normen IEC 61406-1 und IEC 61406-2 sind kürzlich erschienen und bieten wichtige Grundlagen für die Standardisierung in ihrem jeweiligen Bereich. Zudem wurde die IEC 63365 auf Basis der VDE V 0170-100 veröffentlicht. Diese Normen sind aufeinander abgestimmt, um eine konsistente und harmonisierte Grundlage für ihre Anwendung zu gewährleisten. Im Rahmen der laufenden Arbeiten wurde die Überarbeitung der IEC 61406-1 beschlossen, um den aktuellen Entwicklungen und Anforderungen gerecht zu werden. Die grundlegenden Elemente der IEC-Aktivitäten im Hinblick auf die von der EU geforderte Standardisierung des DPP sind in der Norm IEC 63278 in Verbindung mit der Norm IEC 61406-Serie definiert.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.4-13 V5]	Standardisierung der AAS-Submodelle und Merkmale Es sind vorbereitende Tätigkeiten für die Standardisierung von Submodellen der AAS zu initiieren. Die Einbindung sollte in Abstimmung mit IEC/TC 65/WG 24 erfolgen. Ein Submodell muss in Grundzügen standardisiert sein, das bedeutet, dass es sowohl Basis-/Pflichtmerkmale als auch Basis-/Pflichtfunktionen geben muss, die über individuelle Merkmale und Funktionen durch Industrie 4.0-Partnerschaften 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 	Bei der IDTA gibt es eine Arbeitsgruppe, die sich mit den Anforderungen der Basis-/Pflichtmerkmale sowie Basis-/Pflichtfunktionen auseinandersetzt.

2.5 Industrielle Kommunikation

Handlungsempfehlung [HE 5.1.5-1 V5]	Heterogene industrielle Netzwerke 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 eines der verbindenden Elemente von heterogenen, industriellen Elementen von heterogenen, industriellen Netzwerken. Ein White Paper von 5G-ACIA "Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications" und der OPC Präsentation "OPC UA for Field eXchange" vom Juli 2022 zeigen das Interesse an der Fertigstellung des Profils. Eine Publikation wird für Herbst 2025 angestrebt. Im 1. Quartal 2025 wird die Veröffentlichung der Publicly Available Specification or IEC DPAS 63595 "INDUSTRIAL NETWORKS – 5G COMMUNICATION TECHNOLOGY – General considerations" erwartet. Dieses Dokument definiert Funkkommunikationssysteme, die auf 5G- und nachfolgenden Mobilfunktechnologien basieren und für Anwendungen der industriellen Mess- und Automatisierungstechnik geeignet sind. Es werden in diesem Dokument Anforderungen für Nutzer, Entwickler und Gerätehersteller beschrieben. Insbesondere wird auch die Verbindung mit bestehenden und sich in Entwicklung befindenden Standards der industriellen Kommunikation adressiert. Zeitgleich wird der Vorschlag für einen Standard mit dem Titel IEC 63595 "INDUSTRIAL NETWORKS – 5G COMMUNICATION TECHNOLOGY" erwartet. Damit werden auch den Empfehlungen [HE 5.1.5-9 V5], [HE 5.1.5-10 V5] und [HE 5.1.5-11 V5] gefolgt.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.5-3 V5]	Integration der Kommunikationsgeräte in Industrie 4.0 Kommunikationsgeräte mit adaptiven Funktionen zum Geräte- und Netzwerkmanagement sind als Industrie 4.0-Komponenten zu modellieren. Für ein Kommunikationssubmodell einer AAS sind entsprechende Merkmale und Dienste zu spezifizieren.
Fortschrittsbewertung 	Im Mai 2024 wurde von der IDTA die Spezifikation IDTA 02022-1-0 "Wireless Communication - Submodel Template of the Asset Administration Shell" veröffentlicht. Die aktuelle Version des Submodells enthält Informationen über die Kommunikationsfunktionen von Funkkommunikationsgeräten und Merkmale der verwendeten Frequenzen. Einige Teile dieses Submodells werden derzeit erweitert und zu eigenen Teilmodellen, wie z. B. das Antennen-Submodell entwickelt. Darüber hinaus sind Submodelle für Datenverkehrssubmodelle (betrifft auch [HE 5.1.5-4 V5]) und für die Bewertung von Echtzeitkommunikation (betrifft auch [HE 5.1.5-6 V5]) in Vorbereitung.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.5-7 V5]	Validierung und Test Kommunikationsnormen für Industrie 4.0 haben Testspezifikationen bereitzustellen, die zum Nachweis der Performanz, der Konformität und der Interoperabilität von Produkten herangezogen werden können.
Fortschrittsbewertung 	Eine Testspezifikation zum Profil 60802 wird aktuell innerhalb TIACC erstellt. Sobald der Reifegrad der TIACC-Dokumente ausreicht, werden die Inhalte in IEC 61802 formuliert. Der Normenentwurf IEC 63595 "INDUSTRIAL NETWORKS – 5G COMMUNICATION TECHNOLOGY" enthält auch einen Abschnitt über "Test methods", in dem Methoden für Konformitätstest, Performancetests und für das Monitoring, Diagnose und Fehleranalyse im Betrieb beschrieben werden.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.5-12 V5]	Security in der industriellen Kommunikation Es wird empfohlen, ein abgestimmtes und akzeptiertes Security-Modell zu entwickeln und voranzutreiben. Eine Integration des Inhaltes soll in den Feldbusstandards erfolgen.
Fortschrittsbewertung 	Das sich derzeit in Entwicklung befindliche Profil zur IEC/IEEE 60802 ist das verbindende Element von heterogenen, industriellen Netzwerken. Ein White Paper von 5G-ACIA "Integration of 5G with Time-Sensitive Networking for Industrial Communications" und der OPC Präsentation "OPC UA for Field eXchange" vom Juli 2022 zeigen das Interesse an der Fertigstellung des Profils. Eine Publikation wird für Herbst 2025 angestrebt.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.5-13 V5]	Single Pair Ethernet (SPE) Es wird empfohlen, die Integration von SPE (Single Pair Ethernet) in Feldbusstandards voranzutreiben. Relevante Standards sollen von IEEE in IEC 61158-2 aufgenommen werden.
Fortschrittsbewertung 	Mit Unterstützung von IEC/TC 65/SC 65C wird SPE im Maintenance Cycle 2025-2028 in die Feldbus Standards (IEC 61158 und IEC 61784 Serie) integriert.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.5-14 V5]	Advanced Physical Layer (APL) Es wird empfohlen, die Integration von APL (Advanced Physical Layer) in relevante Feldbusstandards voranzutreiben. Die Technische Spezifikation (IEC TS 63444) ist ein erster Schritt und eine Integration des Inhaltes in IEC 61158-2 soll folgen.
Fortschrittsbewertung 	Mit Unterstützung von IEC/TC 65/SC 65C wird APL im Maintenance Cycle 2025-2028 in die Feldbus Standards (IEC 61158 und IEC 61784 Serie) integriert.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.5-15 V5]	Einheitliche Normung für industrielles Lokationsmanagement Für ein industrielles Lokationsmanagement ist eine einheitliche Normung zu folgenden Aspekten erforderlich: • Technologien zur Ermittlung der Lokationsdaten; • Formate für Lokationsdaten; • Vereinbarungen zur Datenhaltung (zentral/dezentral); • Protokolle zum Datentransport; • Applikationen und Visualisierungswerkzeuge.
Fortschrittsbewertung 	Omlox-Standard hat seine Präsenz bei Mitgliedsunternehmen und Branchen (Maschinenbau, Logistik, Automotive Industrie, Prozess Industrie, etc.) weiter erhöht. Die Arbeitsgruppe für Anwendungsfälle hat inzwischen mehr als 340 Anwendungsfälle identifiziert. Die Technologie erweitert sich von funkbasierten Verfahren (UWB, BLE, WIFI, Radar usw.) zu bildbasierten Verfahren und Ultraschallortung (Genauigkeit von wenigen Millimetern).

2.6 Funktionale Sicherheit in Industrie 4.0

Handlungsempfehlung [HE 5.1.6-2 V5]	Safety- und Security-Normungsaktivitäten Die Arbeiten zu Safety und Security sollten weiter vertieft und konkretisiert werden. Dies sollte z. B. im Rahmen der Überarbeitung der IEC TR 63069 oder IEC TR 63074 geschehen. Weitere Arbeiten sollten insbesondere die neue Maschinenverordnung im Blick behalten und auf deren Anforderungen zur Informationssicherheit eingehen.
Fortschrittsbewertung 	Der IEC TR 63074 wurde zum IEC TS 63074 ausgearbeitet. Der IEC TR 63069 wird derzeit zum TS ausgearbeitet. In der Überarbeitung des TR 63069 zum TS 63069 wurden wesentliche Bedenken, die aus deutscher Sicht bestanden, ausgeräumt. Ein zusätzlicher Teil für die IEC 62443, welcher auf dem TS 63069 beruht, ist denkbar. Für die Ausgestaltung des Themas Security (Corruption Abschnitt 1.1.9 in der Maschinenverordnung) im Rahmen der Maschinenverordnung gibt es das Projekt EN 50742 in der TC 44X WG 02, mit dem Ziel, die Norm im Amtsblatt zu listen.
Handlungsempfehlung [HE 5.1.6-3 V5]	Standardisierte Verfahren und Methoden für Ontime-Risikomanagement entlang des Lebenszyklus 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, welche in der NRM Industrie 4.0 V4 beschrieben ist, sollte zunächst ein Leitfaden entwickelt werden (Sino-German Whitepaper on Functional Safety in I4.0), der die Stakeholder*innen hinsichtlich der möglichen Rückwirkungen (Risikoerhöhungen oder Kompromittierung von risikoreduzierenden Maßnahmen) verschiedener Industrie 4.0-Anwendungsszenarien auf die Anlagensicherheit (Safety) sensibilisiert. Des Weiteren sollte die Möglichkeit, Sicherheitsrelevante Begleitunterlagen digital austauschbar zu gestalten, beispielsweise über ein digitales Typenschild, angestrebt werden.
Fortschrittsbewertung 	Im Rahmen der deutschchinesischen Kooperation wird ein weiteres Whitepaper zur Digitalisierung der funktionalen Sicherheit und vorbeugender Instandhaltung ausgearbeitet. Ziel ist es, die Potentiale zu beschreiben und zugänglich zu machen.

2.7 Künstliche Intelligenz in industrieller Automation

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.7-1 V5]

Standardisierte Terminologie und Definitionen im Kontext von KI und 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 – harmonisiert und/oder für die industrielle Automation präzisiert werden. Identifizierte Widersprüche und Anwendungshürden sollen in entsprechenden Normungsgremien eingebracht werden. Der Geltungsbereich von Dokumenten (Spezifikationen, Normen, Standards sowie regulatorischen Akten) sollten einen klar definierten Geltungsbereich aufweisen. Existierende Regulierung muss diesbezüglich geschärft werden. Auch in der Entwicklung von KI-basierten Systemen stellt das sich hieraus ergebende, gemeinsame und konsistente Grundverständnis der Begriffe sowie der Zusammenhänge verwendeter Konzepte unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von KI-Methoden eine wichtige Grundlage für die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Entwicklung industrieller KI-Systeme dar.

Fortschrittsbewertung



Die Umsetzung dieser Handlungsempfehlung zeigt nur bedingt Fortschritte. Die Komplexität ein einheitliches Verständnis von Begriffen zu erarbeiten – insbesondere im internationalen Kontext – fällt schwer. Herausfordernd dabei ist, dass europäische, regulatorische Anforderungen, insbes. in diesem Zusammenhang der AI Act, nicht die international normierten Begriffe und Definitionen verwenden, sondern eigene Begrifflichkeiten einführen.

Handlungsempfehlung

[HE 5.1.7-2 V5]

Durchgängige Anwendung existierender Terminologien und Definitionen im Kontext von KI und Industrie 4.0 (insbes. in regulativen Aktivitäten)

Da eine Regulierung, deren zu regulierender Kernaspekt und (Teil-)Systeme, für die eine Regulierung gelten soll, nicht eindeutig und im normativen Kontext teils widersprüchlich sind, kann weder zielgerichtet reguliert noch auf Basis von Standardisierungsmandaten (Standardization Requests) adäquat adressiert werden. Daher wird empfohlen, durchgängig (auch im regulativen Kontext), existierende Definitionen von KI (und ggf. etwaiger Methoden [HE 5.1.7-6 V5]) oder Qualitätsanforderungen (siehe [HE 5.1.7-7 V5]) zu verwenden oder, bei Bedarf, geeignete Anpassungen existierender normativer Definitionen anzustreben; nicht jedoch eigene (teils orthogonal zu existierenden Definitionen) formulierte Bezüge herzustellen. Ebenso sollte ggf. eine klare Abgrenzung zu existierenden Normen, z. B. für High-Risk KI-Systeme und Safety, erfolgen.

Fortschrittsbewertung



Der eingeschränkte Fortschritt in HE 5.1.7-1 V5 sowie die mangelnde, durchgängig Verwendung normierter Terminologien in regulatorischem Kontext erschwert zusätzlich die internationale Harmonisierung. Demzufolge ergeben sich (in diesem Fall negative) Wechselwirkungen zwischen HE 5.1.7-1 V5 und HE 5.1.7-2 V5 im Hinblick auf deren Fortschritt. Auf europäischer Ebene wird in CEN/CLC/JTC 21 (sowie entsprechend in den nationalen Spielgremien wie in Deutschland der DIN/DKE NA 043-01-42 GA „Künstliche Intelligenz“) mit hoher Intensität die Bearbeitung der Standardization Requests der Europäischen Kommission hinsichtlich des AI Acts vorangetrieben. Die Zeitschiene ist hierbei sehr knapp, so dass zu befürchten ist, dass nicht alle notwendigen Normungsprojekte rechtzeitig erfolgreich abgeschlossen werden können und/oder hinsichtlich der Qualität (und damit auch terminologischer Konsistenz) sowie internationaler Harmonisierung ggf. Abstriche notwendig sein könnten.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.7-3 V5]

Stärkung der Ausbildung hinsichtlich Normung und Standardisierung von (Software-)Innovation für Ingenieurberufe

Künstliche Intelligenz umfasst größtenteils softwarezentrierte Innovationen und Lösungen. Das Verständnis von Innovationskonzepten in softwareintensiven Systemen und die Rolle von Normung und Standardisierung im Allgemeinen sowie für solche Systeme im Speziellen sind von essenzieller industrieller Bedeutung. Eine Stärkung der beruflichen und akademischen Ausbildung hinsichtlich Innovation, Standardisierung und Normung ist notwendig. Hierzu wurden erste Initiativen seitens DIN und DKE auf nationaler Ebene bereits initiiert. Diese sollten weiter gestärkt und auch entsprechende Initiativen (forschungs- und förder-)politisch forciert und unterstützt werden.

Fortschrittsbewertung



Die Verankerung in der Aus-/Weiterbildung wird vorangetrieben. Fokus hierbei ist sowohl die Stärkung des systemischen Verständnisses von Normen und Standards aus unterschiedlichen Gründen (z.B. Interoperabilität, Regulation, etc.). Insbesondere Seitens der nationalen Normungsorganisationen DIN und [DKE](#), aber weiterer, nationaler (Standardisierungs-)Organisationen wie z.B. VDI und [IDTA](#) sind Bemühungen zu beobachten, Normung und Standardisierung in der Ausbildung weiter zu verankern. So gibt es bereits zentrale Anlaufstellen im Internet mit (kostenfrei) zur Verfügung gestelltem Lehrmaterial. Für (interessierte) Lehrende fand bereits zum zweiten Mal im Jahr 2024 die DIN/DKE-Konferenz zur Normungslehre statt, bei der eine steigende Teilnehmerzahl zu beobachten ist. Auch sind bereits zahlreiche Gemeinschaftsspiele mit didaktischer Aufbereitung von Normung und Standardisierung verfügbar, wie z.B. der [IEC Standardization Quest](#) oder das [DIN-Spiel](#) – teils auch als Online-Spiel wie [KANelot](#). Der aktuelle Stand kann dabei jedoch ausschließlich als erste, wichtige Schritte betrachtet werden, bei dem ein weiter Weg noch zurückzulegen ist. Insbesondere zeigt sich, dass die An- und Übernahme von Lehrinhalten/ an Lehrinstitutionen (unabhängig der Art der Ausbildungsart in der Erwachsenenbildung) stagniert. Die ist unter anderem auf fehlende Expertise bei Lehrpersonal zurückzuführen sowie mangelnde Anreize, sich diesem Thema spezifisch anzunehmen.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.7-4 V5]

Stärkung der Kopplung von (Forschungs-)Innovation und Normung

Stärkung und Förderung der Beteiligung nationaler Normungsinstitutionen an Forschungsprojekten, um einen Abgleich zwischen normativem und wissenschaftlichem Stand der Technik zu erleichtern und die nationale bzw. internationale Einbringung neuer (wissenschaftlicher) Erkenntnisse beratend und konsolidierend zu begleiten. In größeren wissenschaftlichen Initiativen (bestehend aus mehreren Forschungsprojekten) sollte (neben einer häufig eingesetzten wissenschaftlichen Austauschplattform und Synchronisierung) auch ein (Synchronisierungs- und Orchestrierungs-)Projekt mit normativem Fokus Berücksichtigung finden. Auf europäischer Ebene würde dies ferner den multilateralen Austausch zwischen nationalen Normungsinstitutionen und Wissenschaft, und so auch einen Hebeleffekt durch die föderalistische Grundstruktur Europas in der internationalen Normung erreichen.

Fortschrittsbewertung



Der Wissenstransfer, insbesondere auch im Hinblick auf die Geschwindigkeit, zur Übernahme neuer Erkenntnisse aus der Wissenschaft ist noch verbesserungsfähig. Insbesondere in Themenbereichen wie der Künstlichen Intelligenz, welche durch eine schnelle technologische Weiterentwicklung charakterisiert ist, stellt die Geschwindigkeit der Überführung und Berücksichtigung etwaiger, schneller Veränderungen des Stands der Wissenschaft ein wichtiges Element (auch im Kontext regulatorischer Aktivitäten) dar. Hier ist kaum Fortschritt zu verzeichnen und noch deutliches Verbesserungspotential zu beobachten.

Es ist jedoch zu beobachten, dass die Präsenz normativer Themen in der Wissenschaft (vornehmlich in Ingenieursdisziplinen und Anwendungsbereichen der Automatisierung) ansteigend ist. Positiv wirkt sich hierbei der steigende Bekanntheitsgrad und Bedeutung einzelner Normen und Standards (wie z.B. OPC UA, AutomationML und der AAS) aus, welche in wissenschaftlichen Veröffentlichungen vermehrt aufgegriffen und thematisiert werden. Auch der regulatorische Druck seitens der Europäischen Kommission wirkt sich in diesem Kontext positiv aus: Themen wie der [DPP](#) und die AAS (beides auch im Kontext von KI als Datenlieferant) sowie weitere regulatorische Aspekte werden zunehmend auf wissenschaftlichen Veranstaltungen und Veröffentlichungen im technischen Bereich referenziert und führen unweigerlich zu einer stärkeren Präsenz normativer Inhalte.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.7-5 V5]

Weiterführung und kontinuierliche Aktualisierung einer Normungslandkarte und Ableitung von Handlungsstrategien

Auf Grundlage der Handlungsempfehlungen aus der vorangegangenen Version 4 der NRM Industrie 4.0 wurde eine erste Landkarte von Normungsaktivitäten für KI im Kontext von Industrie 4.0 erarbeitet. Zur Wahrnehmung der in dieser Normungsroadmap für KI beschriebenen Handlungsempfehlungen werden die Weiterführung und die kontinuierliche Aktualisierung einer Normungslandkarte für KI 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 [StandICT.eu](#) oder der Fokusgruppe Künstliche Intelligenz) aktiv forciert werden ebenso wie mit konsortialen Initiativen und Plattformen.

Fortschrittsbewertung



Die zeitlich eng verzahnte Veröffentlichung der [DIN/DKE Normungsroadmap Künstliche Intelligenz](#) im Dezember 2022 zur [DIN/DKE Normungsroadmap Industrie 4.0 – Version 5](#) im Januar 2023 ist kein Zufall: Aus Sicht der Industrie 4.0 erfolgte durch den [SCI4.0 Expertenrat Künstliche Intelligenz](#) in industriellen Anwendungen bereits im Vorgriff eine thematische Verzahnung, da die Beiträge zu beiden Normungsroadmaps dort gemeinsam erarbeitet wurden. Der Fortschritt der Umsetzung der Normungsaspekte zu Künstlicher Intelligenz erfolgte initial durch DIN/DKE und der der Koordination von FOCUS.ICT (im Rahmen einer Task Force). Auf Basis einer stringenten Priorisierung der Handlungsempfehlungen wurde die Umsetzung seitens DIN/DKE sowie [SCI4.0](#) kontinuierlich vorangetrieben und dokumentiert. Ab 2025 übernimmt der DIN/DKE NA 043-01-42 GA die Führung der Umsetzung der ihm zugewiesenen Handlungsempfehlungen; Handlungsempfehlungen der industriellen Automation (sofern nicht unmittelbar bereits in Normungsprojekten eingebracht) verbleiben in der administrativen Verantwortung des [SCI4.0 Expertenrats Künstliche Intelligenz](#) in industriellen Anwendungen.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.7-6 V5]

Klassifikation und Kriterien zur Einordnung und Bewertung von KI-Systemen

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 weitere Anforderungen, Konzepte und Methodiken sollten durch vertikale Normungsgremien adressiert und geeignet in Normungsgremien eingebracht werden. Dabei sollten Eigenschaften der KI-Methoden hinsichtlich Qualitätsmerkmale (siehe [\[HE 5.1.7-7 V5\]](#)) Berücksichtigung finden. Eine präzise Definition von KI-Methoden, deren Qualitätskriterien bzw. Qualitätsparameter sowie eine klare Abgrenzung zu anderen (normativen) Definitionen sollten sichergestellt werden. Seitens des Anwendungsbereichs Industrie 4.0 sollen etwaige Inkonsistenzen mit vertikalen und relevanten horizontalen Normen geprüft und innerhalb der Normung geeignet adressiert werden.

Fortschrittsbewertung



Hinsichtlich des Kerns dieser Handlungsempfehlung – der Klassifikation und Definition von Kriterien zur Einordnung und Bewertung von KI-Systemen – ist kein grundlegender Fortschritt zu erkennen. Dies ist nicht zuletzt auf die hohe Arbeitslast der Normung von Künstlicher Intelligenz im Hinblick auf den Standardization Request und damit verbundene, notwendige normative Tätigkeiten zurückzuführen. Die aktuell – insbesondere im europäischen Kontext maßgeblich eingesetzte Klassifikation bezieht sich auf eine Risikoklassifikation entsprechend des [AI Act](#), trifft aber die Zielsetzung dieser HE nicht. Arbeiten hinsichtlich Qualitäts- und Güteigenschaften von Künstlicher Intelligenz wurden bereits erarbeitet bzw. sind aktuell in Arbeit sowohl auf nationaler Ebene (z.B. DIN SPEC 92001 Serie) als auch auf europäischer/internationaler Ebene.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.7-7 V5]

Qualitätsbeschreibung, Prüfmethode und Konformitätsbewertung KI-basierter Systeme in Industrie 4.0

KI wird als Werkzeug betrachtet, welches die Qualität, wie z. B. Verlässlichkeit, Vertrauenswürdigkeit, Sicherheit, etc. von (Teil-)Systemen verändern kann. Demzufolge ist eine Definition von allgemeingültigen Kriterien und Workflows zur Abnahme und zum Vergleich der Leistungsfähigkeit von KI-basierten Systemen notwendig. Eine Beschreibung wesentlicher Arbeitsschritte im (Engineering-)Workflow und der Anwendung von Bewertungskriterien, insbesondere bei hochkritischen Systemen, gemäß dem Entwurf zum [AI Act](#) der EU muss normativ unter Berücksichtigung entsprechender bereits existierender Normen definiert werden (siehe auch [\[HE 5.1.7-8 V5\]](#)) und sollte insbesondere die Definition einzelner Prozessschritte für Entwicklung, Test, Abnahme, Betrieb und Wartung umfassen und dabei die Beschreibung der Struktur des Systems und der Subsysteme sowie der KI-basierten Teile sowie deren Einfluss auf Qualitätskriterien berücksichtigen. Hierzu sind eine einheitliche Definition und Beschreibung der Bedeutung für kennzeichnende (Qualitäts-)Merkmale wie Akzeptanz, Verlässlichkeit, Zuverlässigkeit, Planbarkeit, Kontrollierbarkeit, Erklärbarkeit, Cybersicherheit (Security), funktionale Sicherheit (Safety) und Unsicherheit notwendig (siehe auch [\[HE 5.1.7-1 V5\]](#), [\[HE 5.1.7-2 V5\]](#) und [\[HE 5.1.7-6 V5\]](#))

Fortschrittsbewertung



Erste Fortschritte hinsichtlich etwaiger Prüfmethode, -Kriterien und Verfahren zur Konformitätsbewertung von Künstlicher Intelligenz wurden erarbeitet. Die meisten Aktivitäten finden hierzu auf normativer, horizontaler Ebene aktuell statt. Erste, spezifische Aktivitäten für eine Verfeinerung dieser normativen Aktivitäten hinsichtlich der Industrie 4.0 sind noch jung und haben bisher noch keine signifikanten Fortschritte erzielt.

Handlungsempfehlung [HE 5.1.7-8 V5]

Stärkung vertikaler Normungsbezug von Künstlicher Intelligenz

Stärkere Verzahnung existierender Normungsaktivitäten (z. B. Elektrotechnik, Automatisierung, insbes. IEC und ISO) und existierender KI-Normungsaktivitäten (im Wesentlichen [ISO/IEC JTC 1/SC 42](#)). Hierzu wird eine Verlagerung der Normungsaktivitäten in die entsprechenden (fachspezifischen, ggf. vertikalen) Gremien in ISO und IEC empfohlen. Eine enge Beteiligung des [ISO/IEC JTC 1/SC 42](#) an KI-bezogenen Normungsaktivitäten in ISO und IEC wird empfohlen.

Fortschrittsbewertung



Ein Fortschritt hinsichtlich der Stärkung der vertikalen Normung bzw. der Verzahnung der horizontalen und vertikalen Normung von Künstlicher Intelligenz kann identifiziert werden. Dabei ist zu beobachten, dass mittels der Gründung des Gemeinschaftsausschusses KI (DIN/DKE NA 043-01-42 GA) als nationaler Spiegel sowohl von [CEN/CLC/JTC 21](#) als auch [ISO/IEC JTC1/SC 42](#) eine zunehmende Vernetzung querschnittlicher Aspekte der Normung in der Elektrotechnik und Automatisierung zu beobachten ist. So wird beispielsweise das Thema „KI und funktionale Sicherheit“ sowohl horizontal als auch vertikal in konsolidierter Weise betrachtet wie das Thema „KI und Smart Grid“. Strukturell ergibt sich auf nationaler Ebene hierbei eine Zusammenarbeit des Gemeinschaftsausschusses mit entsprechenden Fachgremien bei IEC/DKE.

3 FORTSCHRITTE – ASPEKT 2: SOUVERÄNITÄT

3.1 Datenräume

Handlungsempfehlung [HE 5.2.1-1 V5]

Sicherstellung der Industrie 4.0 – Tauglichkeit der regulierungsbezogenen Standardisierung zur Cybersecurity in der EU

Schwerpunkt der Security-Standardisierung zur Unterstützung der europäischen Regulierung bei CEN und CENELEC nach dem New Legislative Framework (NLF) sind derzeit die Arbeiten zur Cybersecurity für Radio Equipment (RED). Es ist zu erwarten, dass der anstehende „Cyber Resilience Act“ umfangreiche securitybezogene Arbeiten bei CEN und CENELEC zur Folge hat, die als horizontale Sicherheitsstandards für Industrie 4.0-Security von hoher Bedeutung sein werden und dies global, über den europäischen Raum hinaus. Dabei erzwingen evtl. regional unterschiedliche Vorgaben zum Thema Kryptografie (und auch Datenschutz) die Möglichkeit profilierbarer und agiler Implementierungen der Security-Standards, insbesondere für die Kommunikation auf globaler Ebene.

Fortschrittsbewertung



Aktuelle Standardisierungsaktivitäten im Bereich Datenraum-spezifischer Sicherheitsaspekte wurden in den Gremien CEN/CENELEC (JTC 13 und JTC 24) sowie ISO/IEC JTC 1/SC 27 (WG 4) aufgenommen. Diese Aktivitäten zielen darauf ab, Sicherheitsanforderungen für Datenräume zu definieren und zu standardisieren.

Darüber hinaus wurde die ISO 20151: "Dataspace Concepts and Characteristics" in das Arbeitsprogramm von ISO/IEC JTC1/SC 38 aufgenommen (Siehe [HE 5.1.2-1]).

3.2 Industrial Security

Handlungsempfehlung [HE 5.2.2-2 V5]

Generische Schnittstelle für Sicherheitselemente in Embedded Systemen

Die Implementierung kryptografisch basierter Sicherheitsfunktionen in Industrie 4.0-Geräten muss gegen Angriffe geschützt werden. Durch die Integration geeigneter Sicherheitshardware können dabei hohe Sicherheitsniveaus erzielt werden. Die Verschiedenheit und Komplexität der im Markt erhältlichen Baugruppen mit ihren speziellen Randbedingungen führen allerdings zu hohen Integrationsaufwänden und damit zu einer relativ hohen Anwendungsschwelle für Hersteller und Integratoren, insbesondere bei kleinen und mittelständischen Unternehmen. Ein „Generisches Trust Anchor API“, welches als einheitliche Programmierschnittstelle von vielen Hardwareherstellern unterstützt werden würde, kann Abhilfe schaffen.

Fortschrittsbewertung



Die Handlungsempfehlung wurde erfolgreich bei ISO/IEC JTC 1/SC 41 WG 3 abgeschlossen. Die Spezifikation ISO/IEC TS 30168 wurde veröffentlicht und definiert ein generisches API für die Verwendung von Secure Elements in IIoT-Geräten. Verschiedene Profile können von industriellen Anwendungen zur Unterstützung kryptographiebasierter Sicherheitsfunktionen genutzt werden.

Derzeit werden in verschiedenen Projekten Proof-of-Concepts für unterschiedliche Hardware-Elemente entwickelt, um diese Erfahrungen in eine zukünftige IS-Version der TS 30168 einfließen zu lassen. Zudem wird in Zusammenarbeit mit der OPC Foundation die Interaktion der GAT API mit OPC UA geklärt.

Handlungsempfehlung
[HE 5.2.2-5 V5]
Etablierung einer SBOM als notwendiges Informationsartefakt in der Softwarelieferkette (für Industrie 4.0)

Dabei Berücksichtigung vorhandener Standards ISO/IEC 5962:2021, SPDX und OWASP CycloneDX Software Bill of Materials (SBOM) Standard und Berücksichtigung von Anforderungen aus der Regulierung (US: EO 14028 section 4 (e); EU: [CRA](#) und NIS2.0).

Fortschrittsbewertung


Die OWASP beschäftigt sich derzeit intensiv mit dem Thema SBOM (Software Bill of Materials), das auch Hardware- und Fertigungsaspekte umfasst. Es wurde festgestellt, dass kein Bedarf an zusätzlichen Formaten besteht, da die bestehenden Lösungen ausreichend sind. Zum Thema „Vertrauenswürdigkeit“ wurden in diesem Zusammenhang jedoch bisher keine Beiträge geleistet.

Die weitere Entwicklung des SBOM-Submodells wurde von [IDTA](#) aufgenommen. Die entsprechende Arbeitsgruppe hat Anfang 2024 ihre Arbeit aufgenommen.

Handlungsempfehlung
[HE 5.2.2-7 V5]
Security für die Asset Administration Shell

Jede Ausprägung einer AAS erfordert Sicherheitsmechanismen zur Integrität, zum Zugang/Vertraulichkeit und zur nachweislichen Verarbeitung im operativen Betrieb entlang der Wertschöpfungskette. Weiterführung der Arbeiten innerhalb der [IEC/TC 65](#).

Fortschrittsbewertung


Security-Funktionen für die AAS werden derzeit in der [IDTA](#) und [IEC/TC 65](#) abgestimmt erarbeitet.

Handlungsempfehlung
[HE 5.2.2-8 V5]
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 und zur Zugriffssteuerung abgestimmt sein.

Fortschrittsbewertung


Diese Handlungsempfehlung wird durch die Ergebnisse der **[HE 5.2.2.-7 V5]** erfüllt, nämlich implizit durch die Aktivitäten innerhalb der [IDTA](#) und des [IEC/TC 65](#).

Handlungsempfehlung**[HE 5.2.2-10 V5]****Sicherheit für agile Systeme**

Definition von Standards zur technischen Aushandlung von Sicherheitsprofilen (auf der Basis von Fähigkeiten und Eigenschaften) für Industrie 4.0-Kommunikation bzw. Kooperation von Entitäten in verschiedenen (teilweise unterschiedlich regulierten) Sicherheitsdomänen. Dies enthält:

- Identifikation und Authentifizierung der beteiligten Partner (Anforderungen und Lösungen);
- Bewertung des Grades der Vertrauenswürdigkeit der Kooperationspartner;
- Die technische Unterstützung der Informationsklassifizierung und Anforderungen an den Umgang mit entsprechend klassifizierten Daten;
- Insbesondere bei Anwendung von KI-Methoden: Deren Qualität muss sichergestellt werden; Methoden der Bewertung sind wichtig und müssen entwickelt werden (Forschung);
- Thema Qualitätszertifikate und
- Definition Trustworthiness Profile – Capabilities, Supply-Chain, Traceability, (Cloud Trustworthiness), Trustworthiness Framework ([ISO/IEC JTC 1/SC 41](#)).

Fortschrittsbewertung

Aktuell werden mehrere Standardisierungsaktivitäten in verschiedenen Gremien vorangetrieben.

Gruppenbasiertes Key Management wird derzeit im IETF definiert, insbesondere im Rahmen der NTP Working Group, die sich mit der Sicherstellung der Timesynch-Integrity befasst. Zudem werden relevante Standards wie RFC 3161, der RFC Draft TST Header Parameter und Messaging-Protokolle (MLS) bearbeitet. Auch das Thema Group Key Security wird im Rahmen der IPSec-Maintenance weiterentwickelt.

KI-Sicherheit wird im AI Act für hochkritische Anwendungen gefordert, wobei die entsprechenden Spezifikationen und Anforderungen noch ausstehen. Die Arbeiten in diesem Bereich werden in [CEN/CENELEC/JTC21 WG5](#) erwartet, wo die grundlegenden Sicherheitsaspekte von KI-Technologien weiter definiert und standardisiert werden.

Standardisierungsarbeiten zur Trustworthiness finden insbesondere in den Arbeitsgruppen [ISO/IEC JTC1/WG 13](#) (ISO/IEC TS 5723) und ISO/TC 292/WG 4 statt. Diese Arbeiten fokussieren sich auf die Entwicklung von Normen und Spezifikationen zur Vertrauenswürdigkeit von Systemen, was auch in der **[HE 5.2.4-3]** behandelt wird.

Handlungsempfehlung**[HE 5.2.2-11 V5]****5G Security for Industry**

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.

- 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 Meta-Daten 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

Die Normungsaktivitäten im Bereich 5G sind derzeit sehr aktiv und umfassen auch relevante Sicherheitsthemen, insbesondere dort, wo dies durch regulatorische Anforderungen (wie RED und CRA) sowie durch Marktbedürfnisse erforderlich ist. Verschiedene Regierungsorganisationen beteiligen sich aktiv an diesen Prozessen, indem sie Experten zur Verfügung stellen, die die Entwicklungen und Anforderungen mitgestalten.

Zudem wird bereits ein Ausblick auf die kommenden Entwicklungen im Bereich "6G" gegeben. Dabei werden Themen wie Leistungssteigerungen, die Integration von Welt-raumtechnologien sowie die Schaffung neuer Dienste und Anwendungen diskutiert, die für die zukünftige Kommunikationstechnologie von Bedeutung sein werden.

Handlungsempfehlung**[HE 5.2.2-12 V5]****Security-Infrastruktur für sichere Inter-Domain-Kommunikation**

Sichere Kommunikation benötigt sichere Identitäten (Identifikatoren und Attribute) und Vertrauensanker. Die Generierung und Verwaltung von sicheren Identitäten und die Sicherung deren Vertrauenswürdigkeit erfordern eine gesicherte Infrastruktur. Anforderungen sind u. a. Skalierbarkeit, Resilienz, Wirtschaftlichkeit, Langzeitfähigkeit, (benutzerdefinierte) Vertrauenswürdigkeit über lokale Rechtsräume hinweg und unabhängig von lokalen Rechtsräumen. domänenübergreifende Governance-Strukturen zur Unterstützung sicherer Industrie 4.0-Kommunikation müssen definiert und standardisiert werden. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit aller industriellen Stakeholder*innen. Die mögliche Verwendung und Einbeziehung nationaler und regionaler Lösungen (wie z. B. eIDAS) muss mit den regulatorisch Verantwortlichen geprüft und in Feldversuchen/Pilotprojekten getestet werden.

Fortschrittsbewertung

Konkrete Arbeiten in diesem Bereich werden in Kürze erwartet. Die treibenden Kräfte hinter diesen Entwicklungen sind vor allem die Anforderungen durch „Global Data Spaces“ sowie sicherheitsrelevante Regulierungen, die weitreichende Auswirkungen auf globale Wertschöpfungsketten haben, wie beispielsweise die ESPR- und CRA-Vorgaben. Zwischen mehreren Nationen wurden bereits gemeinsame Projekte angestoßen oder sind in Planung, darunter Kooperationen zwischen Japan, Taiwan, Deutschland und Südkorea.

3.3 Privacy

Handlungsempfehlung

[HE 5.2.3-1 V5]

Schutz personenbezogener Daten innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken

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.:

- 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 mit z. B. 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 deutet, 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.

Fortschrittsbewertung



Der Fortschritt in der Normung zeigt sich deutlich in zwei zentralen Entwicklungen. Erstens wird die Norm ISO/IEC 27555:2021, die Richtlinien zur Löschung von personenbezogenen Informationen bietet, voraussichtlich im Jahr 2025 auch in Deutschland als DIN EN ISO/IEC 27555 eingeführt. Dies stellt einen wichtigen Schritt zur Standardisierung von Datenschutzpraktiken dar.

Zweitens kommt es zu einer Reorganisation im Bereich Datenschutz für Konsumenten im Kontext des Internet of Things (IoT). Die bisher zuständige ISO/PC 317 "Consumer protection: Privacy by design for consumer goods and services" wird durch ein neues Komitee, das [JTC 1/SC 44](#) "Consumer protection in the field of privacy by design", ersetzt.

3.4 Trustworthiness

Handlungsempfehlung

[HE 5.2.4-1 V5]

Definition von Prozess-Standards für die Vertrauenswürdigkeit der Zusammenarbeit innerhalb eines Industrie 4.0-Wertschöpfungsnetzwerks

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 bzgl. Sicherheit für B2B;
- Einbeziehung von Prozessen und Komponenten und
- Beachtung regulatorischer Vorgaben.

Fortschrittsbewertung



Die Norm ISO 22373 befindet sich derzeit im DIS-Status bei ISO/TC 292. Es wird ein Nachfolgeprojekt zu ISO 22373 erwartet, dass unter anderem die Klassifikation von "Trust Level" zum Ziel hat. Darüber hinaus gibt es innerhalb der IETF Arbeitsgruppe SCITT einen Entwurf, der sich mit der Architektur, den Anwendungsfällen und der API für die Integrität der Lieferkette befasst.

Handlungsempfehlung
[HE 5.2.4-3 V5]**Standardisierte Mechanismen zum Trustworthiness-Management entlang der Wertschöpfungskette definieren (Chain of Trust)**

Die Trustworthiness von Wertschöpfungsbeiträgen entlang der Supply-Chain kann sich über den Lebenszyklus des Produktes hinweg verändern. Die erfordert ein Management einer Chain of Trust, auch aufgrund staatlicher Regulierungen, die über die bilateralen Beziehungen zwischen Lieferanten und Kunden hinausgehen.

Fortschrittsbewertung

Neben den Arbeiten in der ISO TC 292 entstehen/existieren Basisstandards für die Begrifflichkeiten in [ISO/IEC JTC1/WG 13](#): ISO/IEC 31303- WD- Trustworthiness – Overview and concepts und ISO/IEC 5723-Trustworthiness - Vocabulary (veröffentlicht).

4 FORTSCHRITTE – ASPEKT 3: NACHHALTIGKEIT

Handlungsempfehlung [HE 5.3.2-1 V5]	„Nachhaltigkeits-Baukasten“ Es wird empfohlen, im Hinblick auf die Umsetzung einer digitalen, automatisierten Erfassung und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten in Industrie 4.0-Systemen verschiedene Standardmodule zur digitalen Datenerfassung und Weiterverarbeitung zu definieren. Diese Standardmodule können sodann flexibel und bedarfsorientiert zu größeren Informationseinheiten aggregiert werden.
Fortschrittsbewertung 	Zum Zeitpunkt der Entstehung des Fortschrittberichtes waren die verschiedenen Gremien und Arbeitsgruppen mit Relevanz für den Bereich Nachhaltigkeit noch im Prozess der Entstehung. In verschiedenen Projekten und Initiativen wie Catena-X, Factory-X, InterOpera wurden und werden Aspekte der Erfassung von Nachhaltigkeitsaspekten von Produkten und Anlagen erarbeitet. Eine übergreifende Koordinierung findet aktuell nicht statt. Alle Experten sind herzlich eingeladen, sich an der Weiterentwicklung des Nachhaltigkeitsaspekts zu beteiligen.
Handlungsempfehlung [HE 5.3.2-2 V5]	Klima- und Umweltdaten zu (Industrie-) Anlagen Klima-, Umweltdaten und sonstige ökologische Nachhaltigkeitsaspekte zu (Industrie-)Anlagen bzw. Betriebstätten sollten in einer standardisierten Form erfasst, dargestellt und vergleichbar gemacht werden.
Fortschrittsbewertung 	Im Rahmen des Förderprojekts InterOpera wurde ein Vorschlag für ein Submodel-Template "Facility Related Environmental Data" erarbeitet und an die IDTA übergeben.
Handlungsempfehlung [HE 5.3.2-6 V5]	Betriebsinterner Prozess Es wird empfohlen, ein standardisiertes Format zur Beschreibung von betriebsinternen Prozessen und zur Weitergabe von Prozessinformationen an Dritte zu entwickeln und zu etablieren.
Fortschrittsbewertung 	Im Rahmen der Einführung des Digitalen Produktpasses wird der Austausch von Nachhaltigkeitsdaten entlang der Wertschöpfungskette von zentraler Bedeutung. Aktuell laufen Arbeiten zur grundlegenden Strukturierung des Datenaustauschs entlang der Wertschöpfungskette.

Handlungsempfehlung [HE 5.3.2-7 V5]	Anlagen- bzw. standortübergreifender linearer Prozess Es wird empfohlen, ein standardisiertes Format zur Beschreibung von vorrangig linearen, (industrie-)anlagen- bzw. standortübergreifenden Prozessen zu entwickeln, welches als integralen Bestandteil eine standardisierte Methodik zum Daten- bzw. Informationsaustausch im Prozess bzw. zwischen den kooperierenden Akteuren definiert.
Fortschrittsbewertung 	Hierzu sind die Arbeiten und der IEC/TC 111 /JWG 16 an der ISO/IEC 82474-1 „Materialdeklaration - Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ und die Arbeiten des IEC/TC 111/WG 17 an der IEC 63372 – „Quantifizierung und Kommunikation des Carbon FootPRINT und der Reduzierung/Vermeidung von THG“ zu verorten. Der nationale Entwurf der ISO/IEC 82474-1 erschien im Dezember 2023 und kann Q1/2025 mit der Internationalen Veröffentlichung rechnen. Der Komitee-Entwurf der IEC 63372, der zur Abstimmung gestellt wurde, wurde angenommen. Das Gremium diskutiert ob und welche Normeninhalte in das IEC Common Data Dictionary überführt werden können um zusammen mit den Product Category Rules (PCR) die Berechnungen der THG Emissionen schneller und maschinenlesbar durchführen zu können. Besonders der Aspekt der Überführung von Normeninhalten in Maschinenlesbarkeit Formate zur Verbesserung der Nachhaltigkeit wird einer starken Synchronisation bei der Vereinheitlichung der Informations- und Datenmodelle erfordern. An dieser Stelle seien die Arbeiten der IDTA zu erwähnen, die bereits das Submodell Template „Carbon Footprint“ in einem ersten Entwurf für den ökologischen Fußabdruck und das Digital Nameplate zur Darstellung von Produktdaten veröffentlicht hat. Des Weiteren wird das IDTA-Submodell „Energy Flexibility Data Model“ 2025 entwickelt, um einen optimalen energieflexiblen Betrieb über Systeme innerhalb von Industrieunternehmen zu ermöglichen und die Kommunikation von Energieflexibilität zwischen Industrieunternehmen und energiemarktbezogenen Dienstleistungen zu erleichtern.
Handlungsempfehlung [HE 5.3.2-9 V5]	Klima- und Umweltdaten zum Produkt Klima- und Umweltdaten mit direktem Produktbezug sollten in einer standardisierten Form erfasst, dargestellt und vergleichbar gemacht werden.
Fortschrittsbewertung 	Im Rahmen der Einführung des Digitalen Produktpasses befassen sich mehrere Gremien von ISO und IEC mit der Erfassung von Umwelt- und Klimadaten für Produkte. Beispiel hierzu ist IEC/TC 111 Environmental standardization for electrical and electronic products and systems. Eine Arbeitsgruppe zur Entwicklung eines standardisierten Submodells für Recycling wird im Januar 2025 bei der IDTA eingerichtet.
Handlungsempfehlung [HE 5.3.2-10 V5]	Digitaler Nachhaltigkeitspass für Produkte Es wird empfohlen, für Inhalte und Struktur des digitalen Nachhaltigkeitspasses ein standardisiertes, modulares Format zur digitalen Dokumentation und Verfügbarmachung von Klima-, Umweltdaten und sonstigen Nachhaltigkeitsaspekten zu Produkten zu entwickeln und zu etablieren.
Fortschrittsbewertung 	Im Rahmen des Inkrafttretens der ESPR und der damit einhergehenden Einführung des Digitalen Produktpasses wurde das CEN/CENELEC/JTC 24 gegründet, um einen Standard für das DPP-System zu entwickeln. ISO und IEC haben ebenfalls Aktivitäten zu dem Thema.

5 ANFORDERUNGEN AN DIE ERARBEITUNG VON NORMEN UND STANDARDS

5.1 Anforderungen im Kontext von Open Source

Handlungsempfehlung

[HE 6.1-1 V5]

Zusammenarbeit von Normung mit Open-Source-Communities verstärken

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

Fortschrittsbewertung



Im Rahmen der Arbeiten wurde ein intensiver Kontakt mit den einschlägigen Open Source Vereinigungen und Konsortien gepflegt.

Handlungsempfehlung

[HE 6.1-2 V5]

Synergien aufzeigen und Anlaufstellen schaffen

Um die Verbreitung von Industrie 4.0 zu beschleunigen, sollte die Entwicklung von Open-Source-Implementierungen noch stärker vorangetrieben werden. Insbesondere im Zusammenspiel mit der Normung und Standardisierung müssen hier Synergien aufgezeigt und Anlaufstellen geschaffen werden (z. B. durch ein DIN DKE OSPO), die den Einsatz und die Mitarbeit an Open-Source-Projekten leicht ermöglichen.

Fortschrittsbewertung



Die bisherigen Aktivitäten führten dazu, dass DIN und DKE eine gemeinsame Anlaufstelle für Open Source in der Normung (Arbeitstitel: Joint DIN/DKE OSPO) zu gründen. Erste Konzepte und ein Projektplan wurden bereits vom DIN vorgestellt.

Handlungsempfehlung

[HE 6.1-3 V5]

Gegenseitiges Einbinden

Die Potenziale eines Zusammenwirkens von Open Source und Standardisierung müssen besser ausgeschöpft und Aktivitäten zusammengedacht werden. Es wird daher empfohlen, die Normung und Standardisierung stärker bei Open-Source-Projekten einzubinden. Ebenso sollten bei Normungs- und Standardisierungsaktivitäten (im Bereich Industrie 4.0) verstärkt Open-Source-Lösungen mitgedacht werden.

Fortschrittsbewertung



Die Realisierung konkreter Open Source und Standardisierung-Projekte erfolgt nur zögerlich. Dies ist auf die divergierenden Paradigmen und Methoden bei der Erstellung der Inhalte zurückzuführen.

5.2 Anforderungen im Kontext von Use Cases

Handlungsempfehlung [HE 6.2-1 V5]	Begründung von Standardisierungsaktivitäten durch Use Cases Grundsätzlich sollten alle Standardisierungsvorhaben auf Basis von Beispielen/Business-Szenarien/Use Cases begründet werden. Die IEC 63283-2 Use-Case-Sammlung kann dazu als Input genutzt werden. Sollte sich dabei herausstellen, dass in IEC 63282-2 Use Cases fehlen, sollten solche fehlenden Use Cases an die IEC TC65 WG23 TF Use Cases gemeldet werden.
Fortschrittsbewertung 	Es wurden keine fehlenden Use Cases an die IEC/TC 65/WG 23 TF Use Cases gemeldet.
Handlungsempfehlung [HE 6.2-2 V5]	Ergänzung von IEC 63283-2 um „Datenraum“-Use Cases Ergebnisse von [HE 6.2-1 V5] analysieren, inwieweit IEC 63283-2 um „Datenraum“-Use Cases ergänzt werden kann und sollte (Verantwortlich: IEC/TC 65/WG 23 TF Use Cases).
Fortschrittsbewertung 	IEC/TC 65/WG 23 TF Use Cases hat das Thema "Datenraum" analysiert, daraufhin weitere Use Cases entwickelt und eine ED2 von IEC 63283-2 initiiert (Status: Vorschlag für CDV bei IEC eingereicht).
Handlungsempfehlung [HE 6.2-3 V5]	Systematisches Aufbereiten von Use Cases Systematisches Aufbereiten von Beispielen/Business-Szenarien/Use Cases für das Bereitstellen, Auswerten und Verwalten von Daten in der produzierenden Industrie (Verantwortlich: z. B. Gaia-X-Community, AK Datenwirtschaft des ZVEI, AK Plattformökonomie des VDMA etc.). Kommentar: Die Handlungsempfehlung beinhaltet insbesondere auch die Detaillierung der in Kapitel „Industrielle Datenräume“ der NRM Industrie 4.0 V5 genannten Themen, wo Datenräume das Potenzial bieten, neue Anwendungen zu erschließen.
Fortschrittsbewertung 	Die Aktivitäten haben in der politische Initiative Manufacturing-X gemündet und konkret in der Beantragung und Bewilligung des Projekts Factory-X.
Handlungsempfehlung [HE 6.2-4 V5]	Handlungsempfehlungen an die Standardisierung Ableitung von Handlungsempfehlungen an die Standardisierung aus den Anforderungen an die Standardisierung, die in den IEC TC65/WG 23 Use Cases formuliert sind (Verantwortlich: IEC/TC 65/WG 23 TF Gap analysis and recommendations for standardization actions).
Fortschrittsbewertung 	Die Taskforce IEC/TC 65/WG 23 TF Gap analysis and recommendations for standardization actions beschäftigt sich mit den Handlungsempfehlungen an die Standardisierung.

Handlungsempfehlung [HE 6.2-5 V5]	Analyse von Use-Case-Sammlungen Screening der existierenden und entstehenden Use-Case-Sammlungen aus z. B. ISO/IEC JTC 1/SC 41, SC 42 im Hinblick auf eine Vervollständigung der IEC/TC 65/WG 23 Use Cases (Verantwortlich IEC/TC 65/WG 23 TF Use Cases).
Fortschrittsbewertung 	Es liegen keine konkreten Use-Case-Sammlungen aus entsprechenden Gremien vor.
Handlungsempfehlung [HE 6.2-6 V5]	Unterstützung der Taskforce „Smart Manufacturing Use Cases“ der IEC/TC 65/WG 23 Die Taskforce „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 Taskforce geholfen, sich als zentrale Drehscheibe einer systematischen Konsolidierung der vielfältigen Use Cases im Umfeld von Industrie 4.0 zu etablieren.
Fortschrittsbewertung 	Erfolgte lediglich indirekt durch Mitarbeit in der verschiedenen Gremien in Personalunion.
Handlungsempfehlung [HE 6.2-7 V5]	Internationale Abstimmung zu Use-Case-Beschreibungen 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), aber auch Aktivitäten auf Ebene der Europäischen Union, wie sie insbesondere im Kontext von Künstlicher Intelligenz im Rahmen des AI-PPP4 geplant sind.
Fortschrittsbewertung 	Erfolgt in Form der Use Cases im Projekt wie Factory-X und Methodik soll auf weitere wie Manufacturing-X-Projekte übertragen werden.
Handlungsempfehlung [HE 6.2-8 V5]	Nutzung des Begriffs „Use Case“ 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 Industrie 4.0 formulierten Verständnisses positionieren, sodass dieses weiter geschärft werden kann.
Fortschrittsbewertung 	Erfolgte lediglich indirekt durch Mitarbeit in der verschiedenen Gremien in Personalunion.

5.3 Anforderungen im Kontext von maschinenlesbaren Standards

Handlungsempfehlung [HE 6.3-1 V5]

Adaption von Industrie 4.0-Mechanismen, Prinzipien und Ontologien für die Digitalisierung der Normen und Normung

Industrie 4.0-Konzepte und -Mechanismen wie beispielsweise Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) und AAS sollen weiter im Kontext der Digitalisierung der Normen und der Normung untersucht und angewandt werden. Grundsätzlich sind die Herausforderungen von Industrie 4.0 auf die Digitalisierung der Normen und der Normung übertragbar, sodass eine Angleichung bzw. Kompatibilität der angestrebten Lösungen sichergestellt werden sollte. Ein erster Schritt könnte die Identifikation und Integration Industrie 4.0-relevanter Informationseinheiten sowie Semantik-Mechanismen in das Standards Information Model (SIM) sein.

Fortschrittsbewertung



Mit der Unterstützung von Industrie 4.0-Experten konnte eine erste Version des SIM (Standards Information Model) erstellt und international abgestimmt werden (Veröffentlichung vsl. Q1 2025), das SIM dient zur Beschreibung von Informationselementen in Normen und nutzt dazu ähnliche Semantik-Mechanismen wie die ASS (IEC 63278). Die IEC veröffentlichte einen [Report zu Semantik Interoperability](#), welcher u.a. den Zusammenhang zwischen SMART Standards und der Notwendigkeit von semantischen Konventionen (sprich Standards) hervorhebt.

Handlungsempfehlung [HE 6.3-2 V5]

Nutzung fragmentierter Norminformationen im Kontext von Industrie 4.0-Anwendungen

Um die Vorteile von SMART Standards und des angestrebten Informationsmodells (SIM) effektiv nutzen zu können, müssen die Zielsysteme von fragmentierten und semantischen Informationen für die Nutzung solcher Informationen vorbereitet werden. Daher muss erarbeitet werden, wie digitale Norminhalte im Kontext der AAS und anderer Industrie 4.0-Systeme importiert, verarbeitet und weiterverwendet werden können. Ein erster Schritt könnte die Entwicklung eines Submodells für Normen sein, welches in unterschiedlichen Ausbaustufen sowohl die dokumentbasierten als auch die fragmentierten (Provision-based) Informationen aus Normen abbilden kann.

Fortschrittsbewertung



Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur digitalen Transformation der Standardisierung werden mittlerweile international und in laufender Abstimmung untereinander durchgeführt. Federführend in Deutschland ist dabei die DKE-Initiative Digitale Standards (IDIS), die unter breiter Mitwirkung von Industrie und Forschung sowie unter Verbindung zu internationalen Initiativen das digitale Ökosystem um Smart Standards vorantreibt. Dies schließt Arbeiten zu standardisierten Informationsmodellen und Prozessen, wie z.B. mittels Ontologien und AAS, mit ein. Aus den USA steuert etwa NISO mit dem Standards Tag Set (STS) einen wesentlichen Baustein für die XML-basierte Informationsmodellierung bei. Mit IEC/ISO SMART existiert ein gemeinsames Arbeitsprogramm von IEC und ISO zur internationalen Förderung von Smart Standards. Diese Arbeiten finden Konkretisierung etwa bei den Umfängen der IEC SG 12 zu Smart Standards inkl. Informationsmodell, aber auch [ISO/IEC JTC 1/SC 32](#) adressiert mit "Data management and interchange" Bausteine in Form von Ontologien und Dokumentenstrukturen. Zudem adressiert [ISO/IEC JTC 1/SC 41](#) mit dem Digital Twin einen wesentlichen Organisationsbaustein für die Zusammenführung von Standards, welcher auch z.B. durch die [IDTA](#) und die dort gesammelten Submodelle behandelt wird. Auf europäischer Ebene entwickeln [CEN](#) und [CENELEC](#) in den beiden Schlüsselprojekten "Online Standards Development" und "SMART Standards" konkrete Prototypen für zukünftige Werkzeuge, jeweils unter Verbindung zu den Arbeiten bei ISO/IEC.

Die erfolgreiche Umsetzung lässt sich anhand verschiedener Beispiele belegen. Dazu zählt zunächst die Erarbeitung und Veröffentlichung des [IDTA-Submodells „Digital Standards Datasheet“](#) (Submodell zur Beschreibung eines Standards) bei DIN, [DKE](#) und [IDTA](#) über das [InterOpera](#)-Projekt. Die erfolgreiche Durchführung eines Piloten, inkl. Web-Demonstrator, in [IDIS](#), welcher ein Matching von Produktfähigkeiten und Normanforderungen auf Basis der Verwaltungsschalen (IEC 63278) eines Produktes und zugehöriger Standards prototypisch umsetzte, kann als weiterer Meilenstein betrachtet werden.

Handlungsempfehlung**[HE 6.3-3A V5]****Nutzung und Konsolidierung von Referenzdefinitionen (IEV u. a.)**

Um Ein-Eindeutigkeit der Begriffe herzustellen, sollte auf eine 1:1-Korrespondenz zwischen Bezeichnung und Definition hingewirkt werden. Hierzu sollte möglichst unverändert auf die Referenzdefinitionen im IEV (IEC 60050) zurückgegriffen werden, die bereits einen konsolidierten Stand der Normungsterminologie repräsentieren. Ist eine Neudefinition unvermeidlich, sollten beteiligte Gremien identifiziert, Definitionen koordiniert und das IEV im Rahmen neuer **IEC TC 1**-Projekte ergänzt oder korrigiert werden.

Fortschrittsbewertung

Der DKE TermAnalyzer und das **DKE E-Glossary** wurden entwickelt, um die Harmonisierung der Terminologie der IEC-Normen zu erleichtern. Die zusätzliche Berücksichtigung der **IEV**-Einträge steht noch aus.

Handlungsempfehlung**[HE 6.3-3B V5]****Systematischer Abgleich aller relevanten Normdefinitionen**

Sowohl bei der Erweiterung des **IEV** (IEC 60050) als auch bei Normungsprojekten in den technischen Gremien sollte eine Sammlung aller relevanten Begriffseinträge aus der gültigen Normung erfolgen, um die Wiederverwendung von Definitionen zu fördern. Dabei sollte auf Terminologiedatenbanken und Tools zur Strukturierung der relevanten Einträge zurückgegriffen werden. Technische Gremien sollten Abweichungen zu anderen Normen in den Notes erläutern.

Fortschrittsbewertung

Der DKE TermAnalyzer (siehe **HE [6.3-3A]**) wurde auf den Datenbestand der **CDD** angewandt, wobei Änderungsvorschläge generiert, geprüft und schließlich vom IEC-Gremium umgesetzt wurden. Des Weiteren wurde der DKE TermAnalyzer im Rahmen der SMARTifizierung bei IEC dafür eingesetzt die allgemeine Datenqualität der Terms and Definition in IEC-Normen zu optimieren. Basierend auf den positiven Erfahrungen wird derzeit evaluiert, ob der TermAnalyzer als fest integrierter Dienst innerhalb der IEC-Prozesse etabliert werden kann, um Änderungsvorschläge kontinuierlich in den Normerstellungsprozess zu integrieren.

Handlungsempfehlung**[HE 6.3-3C V5]****Softwaregestützte Assistenz beim systematischen Abgleich**

Die Sammlung aller relevanten Begriffseinträge im Rahmen von **IEC TC 1** und in technischen Gremien sollte datenbankgestützt erfolgen, um die Vollständigkeit sicherzustellen. Um die Menge etwaiger Optionen beherrschbar zu machen und eine informierte Auswahl zu treffen, sollte dabei eine Computerassistenz verwendet werden, die Textvergleiche unterstützt, Definitionen vorstrukturiert und auf Regelverstöße hinweist.

Fortschrittsbewertung

Die Normerstellung erfolgt zunehmend unter Verwendung der neuen Benutzerumgebung **OSD** (Online Standards Development). Aus diesem Grund ist es nicht zielführend, weitere Tools neben dem OSD anzubieten, wie beispielsweise das entwickelte E-Glossary. Der Fokus liegt nun auf der Integration der Datendienste in OSD. Erste Überlegungen wurden angestellt, wie der TermAnalyzer (Datendienst in E-Glossary) als festen Dienst in OSD und SMART.X-Ökosystem von ISO/IEC integriert werden können.

Handlungsempfehlung [HE 6.3-3D V5]	Softwaregestützte Assistenz bei der formalen Prüfung Um formalen terminologischen Abweichungen vorzubeugen, sollten die formalen Anforderungen an das Erstellen von Definitionen gemäß ISO/IEC Directives, Part 2:2021, ISO 10241-1:2011 (confirmed 2022), und ISO 860:2022 und ISO 704:2022 berücksichtigt werden. Die Prüfung der Anforderungserfüllung sollte systematisch und möglichst tool-gestützt erfolgen.
Fortschrittsbewertung 	Siehe Fortschritt [HE 6.3-3C V5]
Handlungsempfehlung [HE 6.3-4 V5]	Skills für Normenanwender Überprüfung der notwendigen Skills für die Erstellung und Konsumierung Industrie 4.0-relevanter SMART Standards.
Fortschrittsbewertung 	ISO/IEC haben ein Schulungs- und Trainingsprogramm für die Einführung von OSD (siehe auch [HE 6.3-3C]) etabliert, welche grundlegende Skills für die Online-Erstellung von Normen vermittelt. Diese werden in Zukunft auf SMART Standards erweitert. In diesem Kontext wurden bereits erste Untersuchungen durchgeführt, beispielsweise zur Frage, welche neuen Personengruppen (Personas) angesprochen werden müssen und welche Skills allgemein benötigt werden. Weitere Maßnahmen sind ab 2025 vorgesehen, darunter SMART Standards-Schulungen E-Learning.

6 AUSBLICK

Die fünfte Ausgabe der Normungsroadmap Industrie 4.0 ging auf Handlungsempfehlungen für diverse Querschnittsthemen wie industrielle Datenräume, den DPP und ökologische Aspekte in Industrie 4.0 ein. Die Ergebnisse des aktuellen Fortschrittsberichtes lassen auf die folgenden weiteren Entwicklungen vermuten:

- **Der digitale Produktpass:** Mit Inkrafttreten der Ökodesign-Verordnung (ESPR) im Juli 2022, haben die Standardisierungs- und Normungsaktivitäten um den Digitalen Produktass zugenommen. Unter anderem wurde das CEN/CENELEC Gemeinschaftsgremium „JTC24 – Digital Product Passport – Framework and Systems“ zur Entwicklung des Europäischen Rahmenwerkes für den DPP als Informationssystem für die Kreislaufwirtschaft eingerichtet. Aufgrund der Wichtigkeit und des Potentials des DPP's als Informationssystem für Produktdaten, gibt es auf den verschiedenen nationalen und internationalen Ebenen eine Reihe von Standardisierungs- und Normungsprojekte, um den DPP auch für andere Bereiche nutzbar zu machen. Es muss beobachtet werden, ob die Anschlussfähigkeit des DPP4.0, dem DPP auf Basis der Industrie 4.0 Konzepte, an die verschiedenen Informationssysteme gewährleistet sein wird.
- **Nachhaltigkeit und ökologische Aspekte von Industrie 4.0:** Für die Kreislaufwirtschaft und die CO₂-Reduktion der Produktion spielen Industrie 4.0 und die daran geknüpften Technologien eine zentrale Rolle. Digitale Produktpässe, die eine standardisierte Abbildung von Informationen zum Energie- und Ressourcenverbrauch ermöglichen, 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 die Kreislaufwirtschaft sowie Umwelt- und Klimaschutz. So kann das DPP4.0 Konzept als Informationssystem genutzt werden, um in einem föderierten digitalen Ökosystem die Anschlussfähigkeit zu ermöglichen und um den Datenaustausch zu ermöglichen, um die Nachhaltigkeit zu fördern. Hierfür wird die Relevanz der Standardisierung der sektorspezifischen Daten und Datenformate zunehmen. Weiterhin muss geklärt werden, welche Standards und Normen notwendig sind, so ein föderiertes System zu ermöglichen.
- **Use cases auf Anwendungs- und Branchenbezug analysieren und bewerten:** Die diversen Use-case-Aktivitäten werden in den verschiedenen Arbeitskreisen und Gremien der Normungsorganisationen und Konsortien weitergeführt.
- **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 und in der Praxis umzusetzen.
- **Einheitliche Standards für mehr Interoperabilität:** Standardisierte Mechanismen und Verfahren für die Spezifikation neuer Merkmale werden zunehmend zwischen ISO, ECLASS und IEC synchronisiert. Die durchgehende Verwendung und Standardisierung der AAS ist nötig, 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.
- **Mensch und Arbeit in Industrie 4.0:** Der Trend zu mehr Homeoffice und mobilem Arbeiten sowie die fortschreitende Digitalisierung in der Produktion verändern nachhaltig, wie wir arbeiten. Immer häufiger können Mitarbeiter remote in Gruppen zusammenarbeiten, Maschinen und Anlagen aus der Ferne steuern und Weiterentwicklungen vorantreiben. Der gezielte Einsatz neuer Technologien bietet zudem die Chance, die Nachhaltigkeitswende aktiv zu gestalten und voranzutreiben.
- **Agile Standardisierung mittels Open Source:** Die große Bedeutung von Open Source und die Erarbeitung von Open-Source-Referenzimplementierungen, um die Verbreitung von Industrie 4.0 zu beschleunigen, wurden bereits herausgestellt. Es muss weiter diskutiert werden ob die Themen Agile Standardisierung (als Methode) und Open Source (als Werkzeug) separat voneinander betrachtet werden müssen, 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 nach wie vor 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:** Die Konkretisierung der Konzepte bleibt die 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 daraufgelegt werden müssen, ob und inwieweit eine europäische KI-Regulierung ([EU-AI Act](#)) Vorgaben für die Verwendung von KI-Systemen in sicherheitskritischen industriellen Umfeldern machen wird.

Um Normen und Standards aus Deutschland heraus setzen zu können ist eine enge Koordination der verschiedenen Disziplinen erforderlich. Wie bereits in der vorigen Ausgabe der Normungsroadmap angemerkt, haben sich Themen wie semantische Aspekte der Interoperabilität oder kollaborative industrielle Datenräume noch weiter konkretisieren. Die Schaffung von nationalen und internationalen Strukturen und die Formulierung für aufeinander abgestimmter Datenmodelle bleiben als Herausforderung bestehen und wird mit der fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung der System zunehmen.

Die verschiedenen Ausgaben der Normungsroadmap Industrie 4.0, die entsprechenden Fortschrittsberichten und die unterstützenden Positionspapiere haben und werden vor diesem Hintergrund in zukünftigen Ausgaben auf Basis neuer Erkenntnisse die existierenden und bevorstehenden Herausforderungen adressieren und in den jeweiligen normativen Kontext einordnen. Sie wird die der Normungs- und Akteurslandschaft aktualisieren, existierende oder mögliche Lücken aufzeigen sowie entsprechende Handlungsempfehlungen aussprechen. Die Sicherstellung und internationale Koordinierung 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 einladen, sich aktiv an dem Prozess zur Erstellung der neuen Normungsroadmap Industrie 4.0 und den Positionspapieren zu beteiligen.

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
DPP	Digitaler Produktpass
DTR	Draft technical report
ED	Edition
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU CRA	European Cyber Resilience Act
GA	Gemeinschaftsausschuss
GG	Gemeinschaftsgremium
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
I4.0	Industrie 4.0
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
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

VERZEICHNIS DER GELISTETEN NORMUNGSGREMIEN

National	
DIN NA 023 BR-03 SO	Ergonomie der Arbeits- und Produktgestaltung für die vernetzte und intelligente Digitalisierung
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
GG DPP	DIN/DKE Gemeinschaftsgremium „Digitaler Produktpass“
Europa	
CEN/CLC/JTC 13	Joint Technical Committee Cybersecurity and Data Protection
CEN/CLC/JTC 21	Joint Technical Committee Artificial Intelligence
CEN/CLC/JTC 24	Joint Technical Committee Digital Product Passport
CEN/CLC/JTC 25	Joint Technical Committee, Data management, Dataspaces, Cloud and Edge
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
International	
IEC/SMB	Standardization Management Board
IEC/SMB/SG 12	Standardization Management Board/Digital Transformation
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/TMB	Technical Management Board
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

AUTORENLISTE

Böll, Dr. Marvin	DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Offenbach
Brumby, Prof. Dr. Lennart	Duale Hochschule Baden-Württemberg
de Meer, Jan	smartspacelab.eu GmbH
Diedrich, Prof. Dr. Christian	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Gayko, Dr. Jens	DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Offenbach
Haack, Daniel	DIN e.V., Berlin
Hadlich, Dr. Ing. Thomas	Rockwell Automation, Düsseldorf
Jeske, Dr. Tim	ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V., Düsseldorf
Klasen, Dr. Wolfgang	Siemens AG, München
Kirchhoff, Dr. Britta	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Legat, Prof. Dr. Christoph	Technische Hochschule Augsburg
Lee, Man-Son	DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Offenbach
Lindenberg, Uwe	SGS-TÜV Saar GmbH, Dortmund
Löwen, Prof. Dr. Ulrich	Siemens AG, Erlangen
Meyer, Olga	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Müller, Andreas	Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Nürnberg Herzogenaurach
Pröll, Dieter	Siemens AG, Nürnberg
Rannenberg, Prof. Dr. Kai	Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
Rudschuck, Dr. Michael	DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Offenbach
Stock, Dr. Patricia	REFA Fachverband e. V. – REFA-Institut, Darmstadt
Tenhagen, Detlef	HARTING Stiftung & Co. KG, Espelkamp
Wagner, Maximilian	VDMA e.V.



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: 31.12.2024



**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