AUTONOMIK
INDUSTRIE 4.0

Leitfaden Band 4

Normung und Standardisierung für Industrie 4.0

Impressum

Herausgeber
Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0
VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Alfons Botthof
Steinplatz 1 | 10623 Berlin
alfons.botthof@vdivde-it.de

www.autonomik40.de

Texte
Uwe Seidel (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH)
Stefan Heusinger, Reinhold Pichler (VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.)

Gestaltung
Loesch*Hund*Liepold
Kommunikation GmbH
Hauptstraße 28 | 10827 Berlin

Stand
September 2016

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Vorwort 4

1 Normung und Standardisierung 5
1.1 Allgemeines und Begriffe 5
1.2 Grundsätze der Normung und Standardisierung 5
1.3 Weltweite Einbettung von Normung und Standardisierung 6
1.4 Durchführung von Normungs- und Standardisierungsarbeit 8
1.5 Nutzen von Normung und Standardisierung 9
1.6 Ergebnisse der Normungs- und Standardisierungsarbeit 10

2 Nationale und internationale Akteure 11
2.1 Allgemeines 11
2.2 Aktivitäten in Deutschland 11
2.3 Aktivitäten auf internationaler Normungs- und Standardisierungsebene 13
2.4 Standardisierungsbegleitende Aktivitäten 13

3 Status der Normungslandschaft Industrie 4.0 15
3.1 Allgemeines 15
3.2 Beschreibung und Nutzen von Referenzarchitekturmodellen 15
3.3 RAMI 4.0 16
3.4 IIRA 17
3.5 Normung und Standardisierung für Industrie 4.0 18
3.6 Use-Case-Management 19

4 Normung und Standardisierung in AUTONOMIK-Projekten 24
4.1 Allgemeines 24
4.2 ProSHAPE 24
4.3 InSA 25
4.4 Allgemeine Handlungsempfehlungen 25

5 Glossar 26

Literaturverzeichnis 27

Vorwort

Die moderne Welt könnte ohne Regelsetzung nicht funktionieren. Angefangen bei den scheinbar einfachen Dingen des täglichen Lebens, wie einem Blatt Papier oder einer Glühlampe, bis hin zu den hochkomplexen Maschinen und Anlagen, wie Werkzeugmaschinen oder Kraftwerken: Ohne Technische Regeln läuft nichts. Sie legen nicht nur Schnittstellen fest und bilden damit die Grundlage für Austauschbarkeit, Vergleichbarkeit und Interoperabilität. Der Nutzer technischer Regeln, egal ob Endanwender, Konstrukteur, Entwickler oder Systemintegrator, erhält damit die Gewissheit über Sicherheit und Qualität des Gegenstands, mit dem er arbeitet. Der Begriff Sicherheit bedeutet in diesem Zusammenhang umfassenden Schutz vor Gefährdungen für Menschen, Tiere und Sachen, ganz gleich, wie sich diese Gefährdungen ergeben. Technische Regeln bauen auf dem Erfahrungsschatz vieler technischer Experten auf, dazu gehören Ingenieure, Wissenschaftler oder auch Arbeits- und Verbraucherschützer. Somit erhalten Konstrukteure, Entwickler und Systemintegratoren ein Werkzeug, das ihre Arbeit effizienter und verlässlicher macht.

Die technische Regelsetzung wird in Zeiten immer kürzerer Innovationszyklen als träge, „verstaubt“ und fortschrittshemmend wahrgenommen, allerdings ist genau das Gegenteil richtig. Technische Regelsetzung ist ein hochkomplexer und gleichzeitig transparenter Prozess, der für alle Interessengruppen ein gleichermaßen ausgewogenes Ergebnis liefert. Ziel dieses vorliegenden Leitfadens ist es daher, dem Leser zunächst einen Überblick über technische Regelsetzung im Allgemeinen zu geben. Dabei werden die wesentlichen Begriffe wie Normung, Standardisierung oder Konsensprinzip erläutert. Die Einbettung der nationalen technischen Regelsetzung in den internationalen Kontext wird genauso erläutert wie der daraus resultierende Nutzen einer aktiven technischen Regelsetzung für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Im Fokus des gesamten Leitfadens steht die technische Regelsetzung im Themenschwerpunkt Industrie 4.0. Neben dem Stand der technischen Regelsetzung werden insbesondere auch für die Technische Regelsetzung in Industrie 4.0 relevante Organisationen und Aktivitäten skizziert.

Leser dieses Leitfadens erhalten einen allgemeinen Überblick über die technische Regelsetzung sowie einen speziellen Einblick in ihre Anwendung in Industrie 4.0. Dabei gilt ein besonderes Augenmerk der Relevanz technischer Regelsetzung für die unternehmerische Praxis.

1 Normung und Standardisierung

1.1 Allgemeines und Begriffe

Technische Regelsetzung bedeutet im Allgemeinen die Erstellung und Herausgabe von Dokumenten wie Normen, Spezifikationen, Leitfäden, Richtlinien oder technischen Berichten unter Einhaltung der dafür vorgesehenen Erarbeitungsprozesse. Das Einsatzgebiet technischer Regeln ist vielfältig. Sie sind beispielsweise dann erforderlich, wenn gleichartige oder ähnliche Gegenstände, Methoden und Verfahren in unterschiedlichen Anwendungsfällen an verschiedenen Orten von verschiedenen Nutzergruppen zum Einsatz kommen. Sie dienen damit im weitesten Sinne der Vereinheitlichung. Werden die in den technischen Regeln festgelegten Anforderungen eingehalten, was durch unabhängige Prüfinstitute bescheinigt werden kann, lassen sich Produkte, Prozesse und Dienstleistungen untereinander vergleichen, und es ist u. a. ein Mindestniveau an Sicherheit, Austauschbarkeit und Interoperabilität sichergestellt.

Eine technische Norm (kurz: Norm) wird von einer anerkannten Normungsorganisation nach festgelegten WTO-konformen Grundsätzen konsensbasiert erarbeitet. Technische Spezifikationen (kurz: Spezifikation) dagegen werden häufig nach vereinfachten Verfahren erstellt, die eine schnellere Anwendung ermöglichen und deren Festlegungen nicht im Konsens des gesamten Gremiums festgelegt werden müssen. Dabei sollte stets das Ziel sein, die technischen Spezifikationen zu einer Norm weiterzuentwickeln. Die Begriffe Normung bzw. Standardisierung bezeichnen den definierten Prozess, an dessen Ende als Ergebnis eine Norm oder eine Spezifikation zur Verfügung steht.

Normungs- oder Standardisierungsarbeit findet in Normungs- oder Standardisierungsgremien statt. Ähnlich wie zwischen Normen und Spezifikationen bestehen auch hier Unterschiede. Ein Normungsgremium besteht aus bis zu 15 fachlich qualifizierten Mitarbeitern. Sie werden von Fachkreisen (in der Regel Verbände, Behörden, Hochschulen usw.), die an der Normungsarbeit interessiert sind, autorisiert und durch die Normungsorganisation in das Normungsgremium berufen. Die Fachkreise müssen im Normungsgremium – entsprechend des Arbeitsgebietes – angemessen vertreten sein. Dies gilt besonders bei der Erarbeitung von Sicherheitsnormen. Zusätzliche Fachexperten sind einem Normungsgremium als Gäste zugeordnet. Im Gegensatz zu einem Normungsgremium spielt die ausgewogene Besetzung eines Standardisierungsgremiums eine untergeordnete Rolle. Da es sich bei den Arbeitsgebieten von Standardisierungsgremien eher um forschungsnahe Themenfelder handelt, ist das wirtschaftliche und politische Interesse für eine ausgewogene Besetzung noch nicht groß genug. Dennoch hat sich auch hier eine Obergrenze von 15 Mitarbeitern und die Einladung zusätzlicher Gäste bewährt. Mitarbeiter und Gäste eines Gremiums werden auch zusammenfassend als technische Experten bezeichnet.

Wenn wie oben von Konsens gesprochen wird, meint dies nach der Europäischen Norm EN 45020 [1] „die allgemeine Zustimmung, die durch das Fehlen aufrechterhaltenen Widerspruches gegen wesentliche Inhalte seitens irgendeines wichtigen Anteiles der betroffenen Interessen und durch ein Verfahren gekennzeichnet ist, das versucht, die Gesichtspunkte aller betroffenen Parteien zu berücksichtigen und alle Gegenargumente auszuräumen“. Das bedeutet: Alle offenen technischen Fragestellungen müssen einvernehmlich und interessenausgewogen geklärt sein. Somit bedeutet Konsens auch nicht notwendigerweise Einstimmigkeit.

Darüber hinausgehende Begriffe zur Normung sowie Konkretisierungen finden sich in EN 45020 [1] bzw. der Normenreihe DIN 820 [2].

1.2 Grundsätze der Normung und Standardisierung

Normung basiert auf zehn Grundsätzen, auf deren Einhaltung die anerkannten Normungsorganisationen achten. Die Anwendung von Normen und auch die Mitarbeit in der Normung kann nicht erzwungen werden, sondern

basiert auf Freiwilligkeit. Für Transparenz sorgt die Einbindung der Öffentlichkeit. Die Beteiligung aller interessierten Kreise stellt sicher, dass alle technischen Aspekte ausreichend berücksichtigt sind. Durch Konsensentscheidungen (s. Kapitel 1.1) wird eine Ausgewogenheit der Norminhalte erzielt und die Interessen der Betroffenen gewahrt. Einheitlichkeit und Widerspruchsfreiheit einzelner Normen und des Normenwerkes werden durch einen strukturierten Aufbau, eine eindeutige Terminologie und das Vermeiden von entgegengesetzten Anforderungen erreicht. Sachbezogenheit lässt sich durch die Beschränkung auf eindeutige Anforderungen sicherstellen. Eine Norm muss sich immer am Stand der Technik orientieren und ist in regelmäßigen Abständen entsprechend anzupassen. Durch die Ausrichtung an den wirtschaftlichen Gegebenheiten ist die Berücksichtigung der Marktanforderungen gewährleistet. Für das Gemeinwohl und unter Ausschluss der Vorteilnahme Einzelner findet Normung im Sinne des allgemeinen Nutzens statt. Die Internationalität ist die Basis für weltweit harmonisierte Normen, dient der Öffnung der Märkte und unterstützt damit den Welthandel.

Im Gegensatz zur Normung müssen bei der Standardisierung nicht alle zehn oben genannten Grundsätze erfüllt sein. Bei den in Kapitel 1.1 genannten vereinfachten Verfahren kann beispielsweise je nach Bedarf die Einbindung der Öffentlichkeit wegfallen oder das Konsensprinzip eingeschränkt sein. Das bedeutet, dass vor dem Erscheinen einer Spezifikation auf ein öffentliches Einspruchsverfahren verzichtet wird und damit der Konsens nur innerhalb des erarbeitenden Gremiums herzustellen ist. Beides reduziert den Zeitbedarf bis zur Veröffentlichung einer Spezifikation gegenüber einer Norm erheblich, da in der Regel weniger Iterationsschleifen erforderlich sind. Je nach Zielrichtung kann auch auf die sonst geforderte Internationalität im ersten Schritt verzichtet werden, um möglichst schnell auf nationaler Ebene auf einen einheitlichen Diskussionsstand zu gelangen. Dies ist jedoch nicht unbedingt von Nachteil, da ohnehin angestrebt wird, aus einer Spezifikation später eine Norm zu entwickeln, und da gilt wie oben beschrieben die Internationalität.

Normungs- und Standardisierungsgremien sind auf qualifizierte technische Experten angewiesen, die ihr Wissen zum Wohl der Allgemeinheit zur Verfügung stellen. Dem Prinzip der Freiwilligkeit folgend kann jedoch niemand zu einer Mitarbeit gezwungen werden. Es darf auch nicht vernachlässigt werden, dass Normung und Standardisierung zunächst Kosten verursachen, nämlich Reisekosten und Ausfall von Arbeitszeit. Dass Unternehmen dennoch ihre Mitarbeiter in Normungs- und Standardisierungsgremien entsenden, zahlt sich auf andere Weise aus. Sie erhalten Informationen zum Stand und Inhalt von Normen und Spezifikationen frühzeitig und aus erster Hand, und sie können die Inhalte direkt und aktiv beeinflussen. Beides sind Aspekte, die Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil einbringen können. Unternehmen, die von den Vorteilen der Normungs- und Standardisierungsarbeit profitieren und sich aktiv in entsprechenden Gremien beteiligen wollen, sind herzlich dazu eingeladen. Die Normungsorganisationen bieten hierbei vielfältige Unterstützung an.

1.3 Weltweite Einbettung von Normung und Standardisierung

Insbesondere die Normung, und in bestimmten Arbeitsgebieten auch die Standardisierung, sind internationale Aufgaben. Die jeweils zutreffenden Verfahren werden von den zuständigen Normungsorganisationen auf nationaler, regionaler (z. B. europäischer) und internationaler Ebene organisiert. Die Aufteilung der Arbeitsgebiete und die Zuständigkeiten der anerkannten Normungsorganisationen sind in Abbildung 1 zu erkennen.

Nationale Ebene (Deutschland)

Die in Deutschland anerkannten Normungsorganisationen sind die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) in DIN und VDE und das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN). Die DKE ist dabei für die Elektrotechnik sowie die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zuständig. DIN verantwortet die allgemeinen Normungsbereiche. Beide, DIN und DKE,

Abbildung 1 – Internationaler Zusammenhang der Normungsorganisationen

betreuen Gremien, die auch auf europäischer und internationaler Ebene eine Entsprechung haben – die Gremien werden auf diesen Ebenen gespiegelt.

Die Aufgabe der nationalen Normungsorganisationen besteht zum einen darin, die gesamte Normungs- und Standardisierungsarbeit in entsprechenden Gremien zu organisieren. Dazu gehören die Übernahme von europäischen und internationalen Normen und Spezifikationen und, nach deren Übersetzung, die Aufnahme in das deutsche Normenwerk. Zum anderen wird die gesamte Kommentierung und Rückübermittlung von Stellungnahmen in die europäische und internationale Ebene vorgenommen. Darüber hinaus werden die technischen Experten bei ihren Aufgaben in europäischen und internationalen Gremien unterstützt.

Regionale Ebene (Europa)

Für den europäischen Binnenmarkt ist eine Harmonisierung der nationalen Normen der Mitgliedsländer durch die einheitliche Einführung von Europäischen Normen von besonderer Bedeutung. Ziel ist es, Handelshemmnisse abzubauen und gleiche Wettbewerbsbedingungen zu schaffen. Ähnliches gilt bei internationalen Normen für den Welthandel. Bei einer Übernahme in den internationalen Rahmen ist zu prüfen, ob so genannte „Common Modifications“ als europäische Abweichung gegenüber der internationalen Norm eingeführt werden müssen. Die Normung auf europäischer Ebene wird bei den drei europäischen Normungsorganisationen CEN (Comité Européen de Normalisation), CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) und ETSI (European Telecommunications Standards Institute) durchgeführt. Die nationalen Normungsorganisationen sind dort Mitglied und vertreten die deutschen Interessen: DIN bei CEN und die DKE bei CENELEC. Ebenfalls über die DKE werden die Aktivitäten von ETSI abgewickelt, also die Übernahme von ETSI-Normen. Die nationalen Mitgliedsorganisationen stimmen über Europäische Normen ab und übernehmen diese in das nationale Normenwerk.

Eine Delegation aus technischen Experten wird durch das nationale Spiegelgremium in das entsprechende Gremium bei CEN oder CENELEC entsandt, wo sie über europäische Normungsvorhaben entscheiden. Im Spiegelgremium wird die deutsche Meinungsbildung durchgeführt, die die Delegierten dann im europäischen Gremium vertreten müssen.

Internationale Ebene

Die hierarchisch höchste Ebene der Normung ist die internationale Normung. Ihr Ziel ist es, die Normung weltweit zu fördern, um den internationalen Waren- und Dienstleistungsverkehr zu erleichtern. Daher ist die deutsche

Wirtschaft bestrebt, einen Normungsvorschlag immer direkt auf der internationalen Ebene voranzutreiben. Hier gilt die Regel: „Do it once, do it international!“. Durch entsprechende Übernahmeregelungen (siehe unten: Übernahme europäischer und internationaler Normen) wird letztlich die Norm ins deutsche Normenwerk aufgenommen.

Auf der internationalen Ebene sind die drei Normungsorganisationen ISO (International Organization for Standardization), IEC (International Electrotechnical Commission) und ITU (International Telecommunication Union) für die Normung zuständig. Hier werden die nichtelektrotechnischen Aspekte von ISO bei DIN gespiegelt, während IEC und ITU bei der DKE abgebildet werden. Die Vertretung der deutschen Interessen in den jeweiligen internationalen Gremien folgt ansonsten denselben Prinzipien wie auf europäischer Ebene (siehe oben: Regionale Ebene (Europa)).

Übernahme europäischer und internationaler Normen

Oben genannte Gründe (Handelshemmnisse abbauen, Warenverkehr fördern) bedingen, dass die rein nationale Normung nur noch in Sonderfällen stattfindet. Heute ist die Normungsarbeit – und das gilt insbesondere für die elektrotechnische Normung – zu fast 90 Prozent europäisch und international ausgerichtet. Wie oben bereits ausgeführt, organisieren DIN und DKE als anerkannte Normungsorganisationen für Deutschland die gesamten erforderlichen Normungsprozesse auf nationaler Ebene unter Beteiligung der zuständigen nationalen Gremien.

Europäische Normen müssen von allen Mitgliedsstaaten des CEN und von CENELEC in das nationale Normenwerk übernommen werden. Sollten zum gleichen Normungsgegenstand nationale Normen vorhanden sein, sind diese zurückzuziehen. Da es in den Mitgliedsländern u. U. voneinander abweichende gesetzliche Regelungen gibt, ist in manchen Normen eine so genannte A-Abweichung erforderlich. Sie beschreiben, welche Anforderungen der Norm nur eingeschränkt in einem bestimmten Land umgesetzt werden können.

Im Gegensatz zu europäischen Normen besteht für internationale Normen keine direkte Übernahmeverpflichtung in die nationalen Normenwerke. Der Regelfall ist, dass eine internationale Norm über eine Abstimmung im so genannten Parallelverfahren zunächst als europäische Norm übernommen wird. Ist sie als europäische Norm angenommen, besteht die oben beschriebene Übernahmeverpflichtung ins nationale Normenwerk. Die Entscheidung, ob eine internationale Norm als europäische Norm übernommen wird, fällt das zuständige europäische Gremium. Dieses setzt sich aus den Delegierten der nationalen Spiegelgremien zusammen, die die nationale Position dort einbringen. Über eine direkte Übernahme einer internationalen Norm ins nationale Normenwerk entscheidet das zuständige nationale Spiegelgremium.

Wird eine internationale oder europäische Norm in das nationale Normenwerk aufgenommen, darf dies nur als vollständige, identische Übernahme erfolgen. Eventuelle Unterschiede zwischen internationaler und europäischer Norm werden als „Common Modifications“ und zwischen einer europäischen und einer nationalen Norm als A-Abweichungen an den Normentext angehängt.

1.4 Durchführung von Normungs- und Standardisierungsarbeit

Die Normungs- und Standardisierungsarbeit verläuft nach einem in der Normenreihe DIN 820 [2] festgelegten Verfahren, das mehrere Stufen vorsieht. Dabei ist es möglich, dass einzelne Stufen mehrfach durchlaufen werden können. Wichtig ist festzuhalten, dass die Arbeitsergebnisse in einem mehrstufigen Verfahren in demokratischer Weise unter Einbeziehung aller betroffenen Kreise im Konsensprinzip erarbeitet werden (siehe auch Kapitel 1.2). Darüber hinaus sei angemerkt, dass nicht etwa die Normungsorganisation normt oder standardisiert, sondern die technischen Experten. Die Normungsorganisation

schafft den notwendigen Rahmen, indem sie das gesamte Normungsmanagement und die Terminüberwachung übernimmt und entsprechende (IT-)Werkzeuge für eine effiziente Normungs- und Standardisierungsarbeit anbietet.

1. Normungs-/Standardisierungsantrag: In einem Antrag wird der Regelungsbedarf beschrieben.
2. Gremienzuordnung: Bei Eindeutigkeit wird der Antrag dem zuständigen Gremium direkt zugeordnet, andernfalls wird der Antrag mehreren möglichen Gremien zur Begutachtung vorgelegt. Eine etwaige Ablehnung des Antrags ist zu begründen. Fühlt sich kein Gremium zuständig, ist gegebenenfalls ein neues Gremium zu gründen.
3. Entwurf: Das zuständige Gremium erarbeitet auf Basis des eingegangenen Antrags einen Normentwurf. Der Entwurf einer Spezifikation ist dann erforderlich, wenn dafür ein öffentliches Einspruchsverfahren durchgeführt werden soll.
4. Öffentliches Einspruchsverfahren: Der Entwurf einer Norm oder Spezifikation wird in einem Einspruchsverfahren der Öffentlichkeit zur Kommentierung vorgelegt. Heute werden in der Regel die kostenfreien, registrierungspflichtigen Entwurfsportale von VDE und DIN zur Eingabe der Stellungnahmen verwendet [3].
5. Einspruchsbehandlung: Die Kommentare aus dem öffentlichen Einspruchsverfahren werden an das zuständige Gremium übermittelt, geprüft und gegebenenfalls in den Entwurf eingearbeitet. Sofern es sich bei den Kommentaren nicht nur um redaktionelle Kommentare handelt, erhält der Einsprecher eine Einladung zur Einspruchsberatung.
6. Veröffentlichung: Nach der inhaltlichen und redaktionellen Endbearbeitung wird das Ergebnis des Normungs-/Standardisierungsverfahrens als Norm oder Spezifikation veröffentlicht.

Die Schritte 3 bis 5 werden unter Umständen so lange wiederholt, bis ein befriedigender Status erreicht ist und keine wesentlichen Einsprüche mehr erfolgen.

1.5 Nutzen von Normung und Standardisierung

Der Nutzen von Normen und Spezifikationen erstreckt sich in alle Bereiche des privaten, des öffentlichen und des Berufslebens. Einzelpersonen profitieren ebenso wie KMU (kleine und mittlere Unternehmen), Großkonzerne, Wissenschaft und Politik. Der wesentliche Anteil am Nutzeneffekt liegt in folgenden Punkten begründet:

- Systemkompatibilität, Interoperabilität und Austauschbarkeit: Normen und Spezifikationen legen eindeutige (elektrische oder Informations-) Schnittstellen fest und bilden damit die Grundlage für Austauschbarkeit, Vergleichbarkeit und Interoperabilität. Dadurch lassen sich die Sortenvielfalt reduzieren sowie die Produktions- und Lagerkosten senken. Darüber hinaus ist sichergestellt, dass Geräte und Systeme unterschiedlicher Hersteller nahtlos zusammenarbeiten können und Dienstleistungen miteinander vergleichbar sind.
- Abbau von Handelshemmnissen, weltweite Marktöffnung: Normung und Standardisierung ist ein industriepolitisches Feld, das für das Funktionieren der Wirtschaft von großer Bedeutung ist. Normen und Spezifikationen unterstützen die Freizügigkeit der Märkte und erleichtern den freien Handel von Waren und Dienstleistungen, da keine zusätzlichen, kostenintensiven Anpassungen erforderlich sind.
- Staatsentlastende Wirkung: Die Normung und Standardisierung wirkt staatsentlastend und deregulierend, weil die in den Gremien vertretenen interessierten Kreise schneller, flexibler und sachkundiger als der Staat technische Regelungen bestimmen, auf die der Staat Bezug nehmen kann.
- Qualität und Sicherheit: Normen und Spezifikationen bilden die Grundlage für Produktprüfungen. Durch die damit erreichte Vergleichbarkeit lässt sich das Qualitätsniveau signifikant steigern. Darüber hinaus sind Anforderungen an eine umfassende Sicherheit von Produkten, Geräten und Systemen zum Schutz von Menschen, Tieren und Sachen enthalten, deren Einhaltung durch ein Zertifizierungsverfahren bestätigt werden kann. Letztlich wird damit das Vertrauen des

Anwenders in das Produkt gestärkt, weil er Gewissheit über Sicherheit und Qualität erhält.

- Verbreitung von Innovationen, Wissenstransfer: Normen und Spezifikationen schreiben keine konkreten Lösungen vor, sondern legen Anforderungen fest, die Entwicklern größtmögliche Gestaltungsfreiheit einräumen und ihre Kreativität fördern. Damit wird auch deutlich, dass Normen und Spezifikationen keineswegs technische Innovationen behindern. Im Gegenteil, unterschiedliche Lösungsansätze führen zu Innovationen, mit denen sich die Hersteller von Konkurrenten abheben können und so zum Markterfolg ihres Unternehmens beitragen.
- Neutrale Branchen-Plattform: Die Normungsorganisationen gelten als neutral und sind nur dem Allgemeinwohl verpflichtet. Daher ist es Unternehmen, die ansonsten dem Wettbewerb unterliegen, möglich, sich am runden Tisch der Gremien zusammenzufinden.

Der betriebs- und volkswirtschaftliche Nutzen für die Bundesrepublik Deutschland beläuft sich auf 16,77 Milliarden Euro pro Jahr und entspricht damit etwa 0,7 Prozent des deutschen Bruttoinlandsproduktes [4].

1.6 Ergebnisse der Normungs- und Standardisierungsarbeit

Als Ergebnis einer Normungs- oder Standardisierungsarbeit entsteht ein Dokument, das den Status einer allgemein anerkannten Regel der Technik erlangen kann. Das Ergebnis eines Normungsverfahrens ist eine Norm. Sie ist gekennzeichnet durch die Bestandteile DIN, DIN EN, DIN EN ISO, DIN ISO, DIN EN IEC, gefolgt von einer eindeutigen Nummer im Titel. Das Ergebnis eines Standardisierungsverfahrens wird als Spezifikation bezeichnet und umfasst DIN SPEC (Spezifikation von DIN), CWA (Spezifikationen aus CEN- oder CENELEC-Workshops), PAS (öffentlich verfügbare Spezifikationen bei IEC) oder VDE-AR (VDE-Anwendungsregeln).

In der Vergangenheit war Papier das Veröffentlichungsmedium der Wahl. Heute spielt die Norm oder Spezifikation im Papierformat eine eher untergeordnete Rolle. Im Zuge der Digitalisierung gewinnen elektronische Medien zunehmend an Bedeutung

2 Nationale und internationale Akteure

2.1 Allgemeines

Industrie 4.0 ist für die deutsche Wirtschaft eines der wichtigsten Zukunftsthemen überhaupt. Um die herausragende Stellung Deutschlands auf dem Gebiet der Elektrotechnik, des Maschinen- und Anlagenbaus für die Zukunft zu sichern und sogar noch auszubauen, bedarf es einer konzertierten Herangehensweise aller Beteiligten.

2.2 Aktivitäten in Deutschland

DIN/DKE-Steuerkreis „Normung Industrie 4.0“

Im Februar 2014 wurde der gemeinsame DIN/DKE-Steuerkreis „Normung Industrie 4.0“ gegründet, um die Normungs- und Standardisierungsaktivitäten in diesem Themenfeld national zu koordinieren und abgestimmt in die internationale Normung und Standardisierung einzubringen. Mehrere Arbeitskreise kümmern sich vertieft um wichtige Teilaspekte, wie industrielle Funktechniken oder Normungsprozesse. Die vom Steuerkreis erarbeitete Normungs-Roadmap Industrie 4.0 [5] ist das zentrale Kommunikationsmedium des Steuerkreises zum Austausch mit Normungsgremien, Industrie, Verbänden, Forschungseinrichtungen und Ministerien. Der vom Steuerkreis eingerichtete Arbeitskreis Normungs-Roadmap ist für die Weiterentwicklung der strategischen, technisch orientierten Roadmap zuständig und überarbeitet diese entsprechend den rasch laufenden Entwicklungen. Im Oktober 2015 ist die Normungs-Roadmap Industrie 4.0 in der zweiten Ausgabe erschienen. Aktuelle Themen wie „Der Mensch in Industrie 4.0“ oder das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0, vgl. Kapitel 3.3) sind in die neue Version aufgenommen worden. Mit der Gründung des Standardization Councils Industrie 4.0 wird der DIN/DKE-Steuerkreis in dieses als Expert Panel übergeführt. Hier erfolgt auch die Erstellung und Publikation der neuen Normungs-Roadmap Industrie 4.0 in der Version 3, deren Veröffentlichung für das 2. Quartal 2017 vorgesehen ist.

Plattform Industrie 4.0

Deutschland hat mit der Plattform Industrie 4.0 [6] eine zentrale Anlaufstelle für alle Interessengruppen geschaffen, die Industrie-4.0-Kompatibilitäten definieren wollen. Vereinbarungen und Vorschläge über solche Definitionen werden transparent und breit kommuniziert.
Die Plattform hat zunächst fünf Arbeitsgruppen gebildet, in denen sich Vertreterinnen und Vertreter von Unternehmen, Wissenschaft, Verbänden, Gewerkschaften und Bundesministerien engagieren:

- AG 1: Referenzarchitekturen, Standards und Normung
- AG 2: Forschung & Innovation
- AG 3: Sicherheit vernetzter Systeme
- AG 4: Rechtliche Rahmenbedingungen
- AG 5: Arbeit, Aus- und Weiterbildung

Diese Arbeitsgruppen führen einen interessierten und offenen Dialog mit Unternehmen verschiedener Branchen und unterschiedlicher Größen sowie mit Expertinnen und Experten aus anderen Projekten, Initiativen und Clustern auf Bundes-, Landes- und Regionalebene sowie anderen Kooperationsformen.

Die Arbeitsgruppen sind grundsätzlich für alle interessierten Akteure offen. Die Besetzung erfolgt durch einen Lenkungskreis auf Basis nachgewiesener fachlicher Expertise und eines wirksamen Mandates, für die eigene Organisation zu sprechen, zu entscheiden sowie als Multiplikator zu wirken.

Standardization Council Industrie 4.0

Deutsche Industrieverbände und Normungsorganisationen gründeten zur Hannover Messe 2016 das Standardization Council Industrie 4.0 (SC I4.0) [7]. Ziel der Initiative ist es, Normen und Spezifikationen der digitalen Produktion zu initiieren und diese national sowie international zu koordinieren. Die Initiative stärkt damit auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland. Die Einbettung des SC I4.0 ist in Abbildung 2 dargestellt.

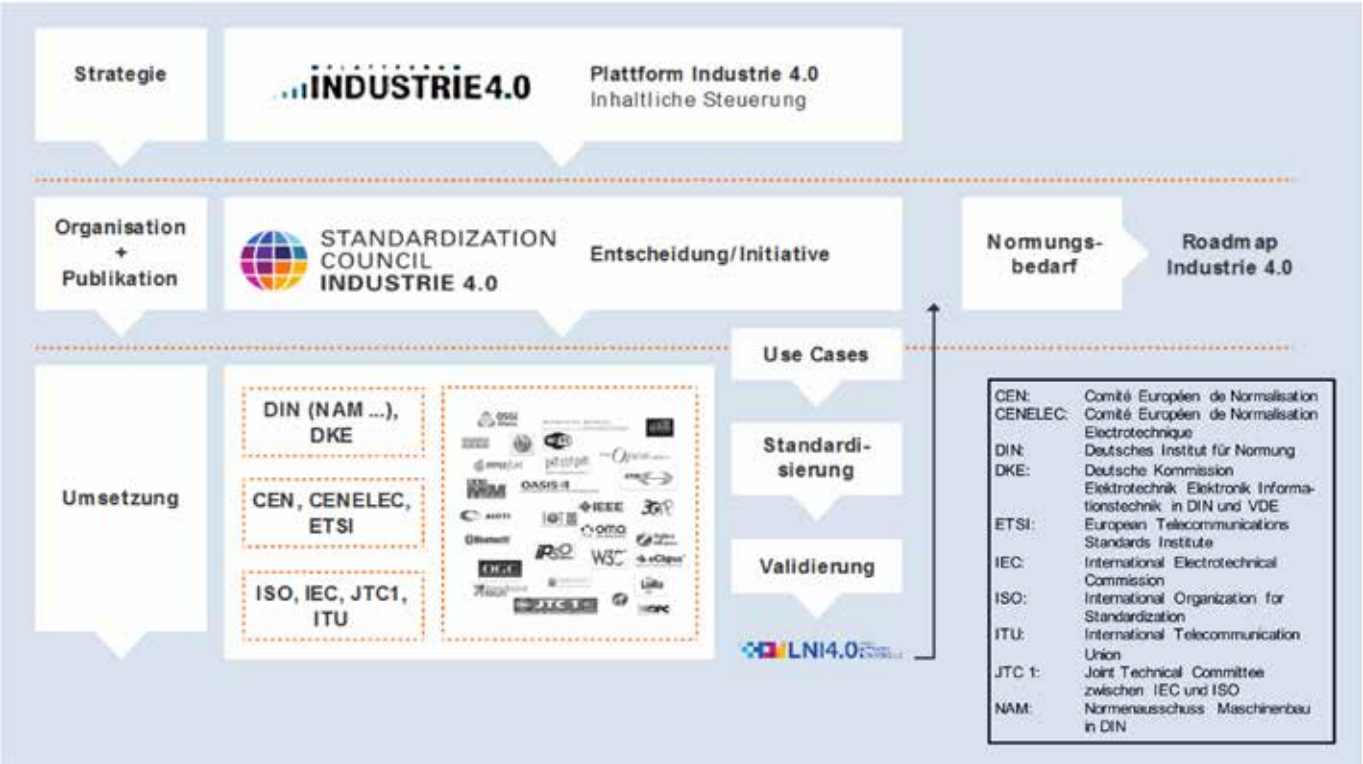

Abbildung 2 – Die organisatorische Einbettung des SC I4.0

Neben der Koordination von Normen und Spezifikationen vertritt das SC I4.0 die Interessen gegenüber internationalen Konsortien und übernimmt die Weiterentwicklung der Normungs-Roadmap Industrie 4.0. Außerdem initiiert das SC I4.0 bedarfsgerecht neue Projekte und organisiert deren Umsetzung.

Das SC I4.0 unterstützt gleichzeitig die Praxiserprobung in Testzentren. Durch eine enge Zusammenarbeit mit dem neu gegründeten Verein „Labs Network Industrie 4.0“ der deutschen Wirtschaft können neue Industrie-4.0-Lösungen und die darin genutzten Normen und Spezifikationen direkt in der Praxis getestet werden. Die Ergebnisse fließen wieder über das SC I4.0 direkt in optimierte Normen und Spezifikationen ein. Dieser weltweit bislang einmalige Ansatz konzertierter Regelsetzung hat das Potenzial, als Blaupause für andere branchenübergreifende Technologiebereiche zu dienen.

Das SC I4.0 befasst sich mit Aufgaben, die über die normalen Aufgaben der Normungsorganisationen bzw. aktueller Projekte hinausgehen. Dies bietet technischen Experten von KMU zusätzlich die Möglichkeit, direkt durch Vernetzung stark am Normungs- und Standardisierungsgeschehen teilzunehmen.

Veranstaltungen, Vorträge, Kongresse und Publikationen runden neben der Förderung der internationalen Beziehungen das Serviceportfolio des SC I4.0 ab.

Labs Network Industrie 4.0 e.V.

Der Verein Labs Network Industrie 4.0 (LNI4.0) [8] wurde von Unternehmen der Plattform Industrie 4.0 zusammen mit den Verbänden Bitkom, VDMA und ZVEI gegründet und unterstützt den deutschen Mittelstand bei dessen Vorreiterrolle in der Digitalisierung.

Das LNI4.0 dient als Dialog-, Kompetenz- und Experimentierplattform für deutsche Unternehmen. Sie können neue Technologien, Innovationen und Geschäftsmodelle rund um Industrie 4.0 kennenlernen, ausprobieren und deren technische und ökonomische Realisierbarkeit vor der Markteinführung evaluieren. Es bietet die Möglichkeit, geeignete Testumgebungen zu finden, um ein individuelles Szenario zu entwickeln.

Zu allen Fragen einer Mitarbeit und der Aufgaben steht die Geschäftsstelle des SC I4.0 gern zur Verfügung.

2.3 Aktivitäten auf internationaler Normungs- und Standardisierungsebene

Das Standardization Management Board (SMB) der IEC hat bereits im Mai 2014 eine Strategiegruppe initiiert: IEC/SG 8 – Industry 4.0 / Smart Manufacturing. Ihr Ziel ist es, Empfehlungen bezüglich der Mittel auszusprechen, mit denen das Thema Industrie 4.0 bestmöglich durch Normung und Standardisierung unterstützt werden kann. Grundlage für die Arbeiten innerhalb der IEC/SG 8 sind die Ergebnisse der Plattform Industrie 4.0 (siehe Kapitel 2.2) sowie die Inhalte der Normungs-Roadmap Industrie 4.0. Insbesondere das in der DIN SPEC 91345 [9] beschriebene RAMI 4.0 bildet die Grundlage für die Empfehlungen an die IEC/SG 8. Die Strategiegruppe hat unter Einbindung nationaler Komitees und von Experten großer Unternehmen der industriellen Automation bereits die Empfehlung ausgesprochen, eine webbasierte Normenlandkarte (standardisation map) für Industrie 4.0 / Smart manufacturing zu erstellen. Um die Ergebnisse im breiten Konsens auch über die IEC hinaus in weitere Expertennetzwerke tragen zu können, sind enge Abstimmungen mit ISO und IEEE wichtige Erfolgsfaktoren.

Auch bei der ISO wurde eine unter deutscher Leitung stehende Strategiegruppe initiiert: ISO/SAG Industry 4.0/ Smart Manufacturing [10]. Ihr Ziel ist es, den Beitrag zu Industrie 4.0 seitens ISO zu organisieren und so ein gemeinsames Vorgehen insbesondere mit der IEC und der ITU zu unterstützen. Im Fokus der Strategiegruppe stehen dabei unter anderem die Identifikation von fehlenden Normen und Spezifikationen sowie die Zusammenarbeit mit weiteren Organisationen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene.

2.4 Standardisierungsbegleitende Aktivitäten

International besteht insbesondere in Ländern wie China, USA, Korea oder Japan großes Interesse an den europäischen und allen voran den deutschen Strategieprozessen. So wurde z. B. bei der Sitzung des deutsch-chinesischen Gemeinschaftskomitees für Normung und Standardisierung im Mai 2015 die neue Arbeitsgruppe „Intelligent Manufacturing“ gegründet, die Industrie-4.0-Aktivitäten behandelt. Eine Vertiefung der Zusammenarbeit wurde auch mit dem US National Committee vereinbart.

In den USA hat sich mit dem Industrial Internet Consortium (IIC) bereits eine ernst zu nehmende Interessensgemeinschaft gebildet, die aktiv den Dialog auch zu europäischen Akteuren aufgenommen hat. Zwar ist das IIC kein Standardisierungsgremium, versteht sich aber als globale Plattform, deren Mitglieder (Unternehmen und Forschungseinrichtungen) das gemeinsame Ziel verfolgen, Anwendungsszenarien und Demonstrations-Testfelder für die Verbindung von physischer und digitaler Welt in der Industrie auf den Weg zu bringen.

Neben den zwischenstaatlich anerkannten Normungsinstituten existieren weltweit weitere Organisationen, die sich mit Spezifikationen oder Empfehlungen beschäftigen, die teilweise als „Quasi-Standards“ bezeichnet werden. Diese können die Normungsarbeit wesentlich bereichern. Um die Zusammenarbeit zu vertiefen, haben sich Vertreter der Plattform Industrie 4.0 (siehe Kapitel 2.2) und des IIC auf eine Zusammenarbeit geeinigt. Die Kooperation umfasst u. a. eine künftige Interoperabilität der Systeme und die Nutzung gemeinsamer Testumgebungen. Ziel dieser Zusammenarbeit mit IIC ist es, das IIC-Referenzarchitekturmodell (siehe Kapitel 3.4) und das RAMI 4.0 (siehe Kapitel 3.3) miteinander in Beziehung zu setzen und die technischen Fakten zu bewerten. Ein Austausch der Plattform Industrie 4.0 mit dem IIC findet auf bilateraler Ebene bereits statt und wird intensiviert. Während sich die Industrie-4.0-Aktivitäten auf die vollständige Betrachtung der Wertschöpfungskette für die Produktion von morgen konzentrieren, sieht sich das IIC in der Rolle, Interoperabilität domänenübergreifend mit Fokus auf das Internet of Things (IoT) zu betrachten. Neben der Produktion/Fertigung betrifft dies im Wesentlichen die Domänen Energie, Gesundheit, Gemeinwesen und Verkehr (vgl. Abbildung 3).

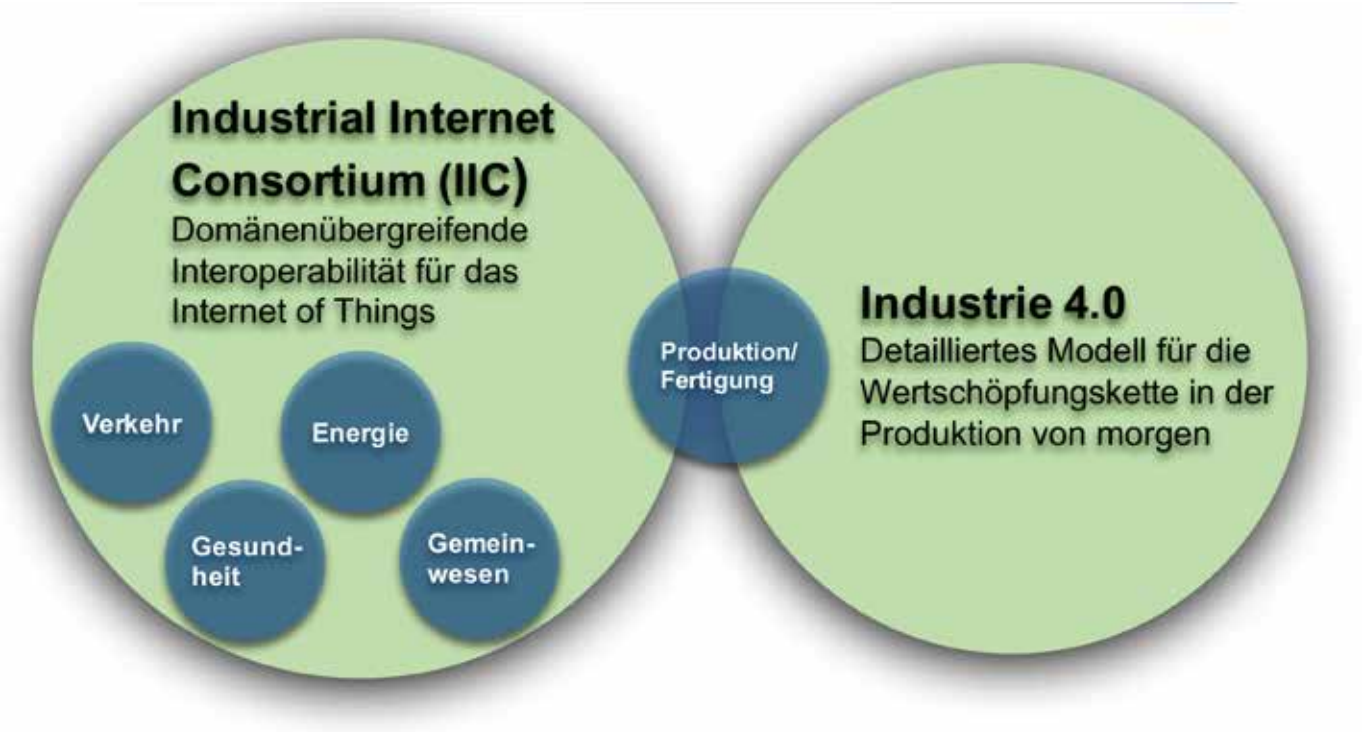

Abbildung 3 – Abgedeckte Domänen des IIC und von Industrie 4.0

Weitere Standardisierungsaktivitäten finden z. B. bei W3C (World Wide Web Consortium), bei der ITU (International Telecommunication Union) und beim IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) statt.

- W3C: Die internationalen Mitglieder des W3C entwickeln grundlegende Standardvorgaben und Richtlinien für Webtechnologien, -plattformen und -anwendungen. Das deutsche Büro betreibt die DFKI GmbH in Berlin. Für Industrie 4.0 sind insbesondere die von W3C spezifizierten Beschreibungssprachen wie beispielsweise XML oder RDF wichtig, da sich dadurch ein standardisierter Daten- und Informationsaustausch realisieren lässt.
- ITU: Die als Sonderorganisation bei den Vereinten Nationen (UN) beheimatete internationale Fernmeldeunion mit Sitz in Genf ist zuständig für die weltweite Harmonisierung von (Tele-) Kommunikationstechnologien im Nachrichtenwesen. Sie spricht bindende Empfehlungen u. a. für die Nutzung von Frequenzen, die Zuweisung und Registrierung von Sende- und Empfangsfrequenzen, die Entwicklung von Telekommunikationsanlagen oder Vereinbarungen von Leistungsgarantien und Gebühren aus. Insbesondere die Zuweisung von Funkfrequenzen für industrielle Anwendungen, die beispielsweise Anforderungen bezüglich Echtzeitfähigkeit haben, ist ein wichtiges Thema für Industrie 4.0.
- IEEE: Die Organisation gilt als weltweit größter Berufsverband (mehr als 420.000 Mitglieder aus über 160 Ländern) und organisiert Ingenieure der Bereiche Elektrotechnik und Informationstechnik. Die fachbezogenen Aktivitäten werden in Gesellschaften durchgeführt. Für Industrie 4.0 besonders wichtig sind die Standards zu Netzwerktechnologie (drahtgebunden oder drahtlos) oder zum System- und Software-Engineering.

Insbesondere ist zu erwähnen, dass die Interessen gegenüber internationalen Konsortien organisiert und gestaltet werden. Das Standardization Council Industrie 4.0 (siehe Kapitel 2.2) analysiert und definiert den Bedarf für neue Projekte und organisiert die internationale Umsetzung. Dabei werden sämtliche Normungsorganisationen in der konsensbasierten Normung wie auch im konsortialen Bereich berücksichtigt und bewertet.

3 Status der Normungslandschaft Industrie 4.0

3.1 Allgemeines

Die Diskussionen im Kontext von Industrie 4.0 zeigen, dass eine breite Anwendung von Technologien nur dann erreicht werden kann, wenn die entsprechenden Technologien, Schnittstellen und Formate durch Normung und Standardisierung eindeutig und verlässlich festgelegt werden. Industrie 4.0 erfordert eine nie dagewesene Integration der Systeme über Domänen- und Hierarchiegrenzen sowie Lebenszyklusphasen hinweg. Dies ist nur auf der Grundlage von konsensbasierten Normen und Spezifikationen möglich. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie sowie Normung und Standardisierung ist erforderlich, um die notwendigen Voraussetzungen für eine durchgreifende Innovation zu schaffen: methodische Fundierung und Funktionalität, Stabilität und Investitionssicherheit, Praxistauglichkeit und Marktrelevanz.

Industrie 4.0 und die damit verbundene Einführung neuer Technologien führt zu zunehmender Komplexität von industriellen Produktionsprozessen. Die zunehmende Vernetzung von bislang weitgehend unabhängig voneinander agierenden Wertschöpfungsebenen (Produktion, Logistik, Qualitätskontrolle oder Energieversorgung) führt zum Bedarf der Normung neuer Prozessketten. Hierzu genügt es nicht, eine übergeordnete Prozessebene einzuziehen, sondern es erfordert ein insgesamt ganzheitliches Vorgehen. Um die grundsätzlichen Herausforderungen der Industrie 4.0 effizient durch Normen und Spezifikationen zu unterstützen, bedarf es einer über die normale Arbeit der Gremien hinausgehende Anstrengung aller Akteure.

Unterschiedliche Sektoren und Branchen (Fertigungsindustrie ➡ diskontinuierlich, Prozessindustrie ➡ kontinuierlich, Hybrid-Prozesse als Kombination der beiden vorgenannten Produktionsprozesse), stark divergierende Innovationsgeschwindigkeiten und die wachsende Komplexität der miteinander interagierenden Systeme sind hier zwingend zu berücksichtigen. Die „klassische“ Normung ist eher in der Automatisierungstechnik und dem Maschinenbau zu finden. Sie orientiert sich an langfristigen Lebenszyklen, einer hohen Bedeutung von Sicherheitsfragen (z. B. funktionale Sicherheit in der Automatisierung), eigenen Anforderungen an effiziente Prozessabläufe (z. B. Echtzeitfähigkeit) und einer – auch von den Anwendern eingeforderten – Innovationssicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten und Lösungen. Die IT-Welt ist eher von Spezifikationen geprägt, die von großen Marktteilnehmern gesetzt oder in Konsortien und Foren erarbeitet werden. Sie orientiert sich am Massenmarkt mit wesentlich kürzeren Lebenszyklen und anderen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit.

So gibt es etwa in der industriellen Automation eine Vielzahl von existierenden und in der Praxis bewährten Normen. Die neuen Anforderungen der Industrie-4.0-Landschaft werden jedoch absehbar Erweiterungen und Spezifikationen notwendig machen. In manchen Fällen kann auch eine inhaltliche Reorganisation erforderlich sein, um die Normenlandschaft kompakter, stabiler und überschneidungsfreier zu gestalten.

Um einen gremien- und organisationsübergreifenden Überblick existierender Normen und Spezifikationen zu geben, haben DIN [11] und DKE [12] jeweils Informationsplattformen eingerichtet, in denen relevante Normen und Spezifikationen gelistet und regelmäßig aktualisiert werden.

3.2 Beschreibung und Nutzen von Referenzarchitekturmodellen

Referenzarchitekturmodelle sind Metamodelle in einem Arbeitsbereich. Sie sind Grundlage des gemeinsamen Verständnisses in den Fachkreisen; beschreiben die Struktur der Architektur im Anwendungsfall und sind Ausgangspunkt der zukünftigen auf ihnen aufbauenden Werkzeuge. Für Industrie 4.0 ist die Verfügbarkeit von genormten Referenzmodellen in allen Bereichen eine entscheidende Voraussetzung.

Primäres Ziel eines Referenzarchitekturmodells ist die klare und eindeutige Modellierung tatsächlich relevanter Sachverhalte. Ein zweites Ziel ist es, für einen immer wiederkehrenden Sachverhalt möglichst nur ein Referenzarchitekturmodell zu definieren und dieses als weltweit gültige Norm zu pflegen. Dies gelingt jedoch nicht immer. Referenzarchitekturmodelle sind nie einzig wahr. Je nach technik- oder firmenpolitischer Sicht können für den gleichen Sachverhalt mehrere konkurrierende Referenzarchitekturmodelle entstehen, die dann auch zu unterschiedlichen Lösungen führen. In diesem unerwünschten Fall kann es besser sein, mehrere parallele Normen oder Spezifikationen im konsensbasierten Rahmen zuzulassen, als das Entstehen von Konsortialstandards zu fördern.

Die bestehende Normenlandschaft enthält bereits eine Vielzahl von einzelnen Referenzarchitekturmodellen. Wichtige Beispiele stellen folgende Normen und Spezifikationen dar:

- IEC/TR 62832-1: Digital Factory Framework. Sie beschreibt Kenngrößen für industrielle Prozesse, Steuerung und Automatisierung. Teil 1 gibt eine Übersicht über Allgemeine Rahmenbedingungen.
- IEC 61804-1: Function Blocks for Process Control. Sie beschreibt Funktionsbausteine für die Prozessautomatisierung. Teil 1 gibt einen Überblick über Systemaspekte.
- IEC 62264: Enterprise Control System Integration. Sie beschreibt ein Unternehmensmodell, ein Anlagenmodell und ein Funktionsmodell sowie die Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen.
- IEC 61512: Batch Control. Sie beschreibt ein Anlagenmodell und ein Prozessmodell.
- IEC 62769: FDI. Sie beschreibt die Integration von Feldbusgeräten.
- IEC 61508-6: Redundanz-Modelle. Sie beschreibt die funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme. Teil 6 enthält eine Anwendungsrichtlinie für IEC 61508-2 und IEC 61508-3.
- IEC 61508-1 und IEC 61784-3: Sicherheitsgerichtetes Kommunikationsmodell. Beide Teile behandeln diejenigen Gesichtspunkte, die zu betrachten sind, wenn elektrische/elektronische/programmierbare elektronische (E/E/PE) Systeme zur Ausführung von Sicherheitsfunktionen eingesetzt werden.
- IEC 62443: Zones and conduits. Sie behandelt Industrielle Kommunikationsnetze bzw. die IT-Sicherheit für Netze und Systeme sowie ein Architekturmodell zur Bewertung der IT-Sicherheit.

3.3 RAMI 4.0

Mit dem „Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0“ (kurz RAMI 4.0) hat die Plattform Industrie 4.0 (siehe Kapitel 2.2) bereits im Jahr 2015 die Grundlage für ein gemeinsames Verständnis und eine gemeinsame Sprache für die Akteure von Industrie 4.0 geschaffen. RAMI 4.0 dient als Grundlage für ein gemeinsames Problemverständnis in den relevanten Fachkreisen. Es beschreibt die Struktur von Anwendungsfällen und ist Ausgangspunkt der auf der Struktur von RAMI aufbauenden Werkzeuge.

RAMI 4.0 führt die wesentlichen Elemente von Industrie 4.0 in einem dreidimensionalen Schichtenmodell zusammen (vgl. Abbildung 4). In diesem Modell werden die relevanten Prozessschritte und der Lebenszyklus von Produkten, Fabriken oder Maschinen in der digitalen Produktion den Hierarchieebenen von Industrie 4.0 gegenübergestellt.

Die erste Dimension umfasst die gängigen Ebenen der informationstechnischen Modellierung (layers): business layer (Geschäftssicht), functional layer (Funktionsschicht), informational layer (Informationsschicht), communication layer (Kommunikationsschicht), integration layer (Integrationsschicht) und asset layer (Gegenstandssicht). Die zweite Dimension beschreibt den Produktlebenszyklus, wobei zwischen Produkttypen und tatsächlich gefertigten Produktinstanzen unterschieden wird. Für Typen gibt es die Phasen development (Entwicklung) und (Nutzung/Wartung), für Instanzen die Phasen production (Produktion)

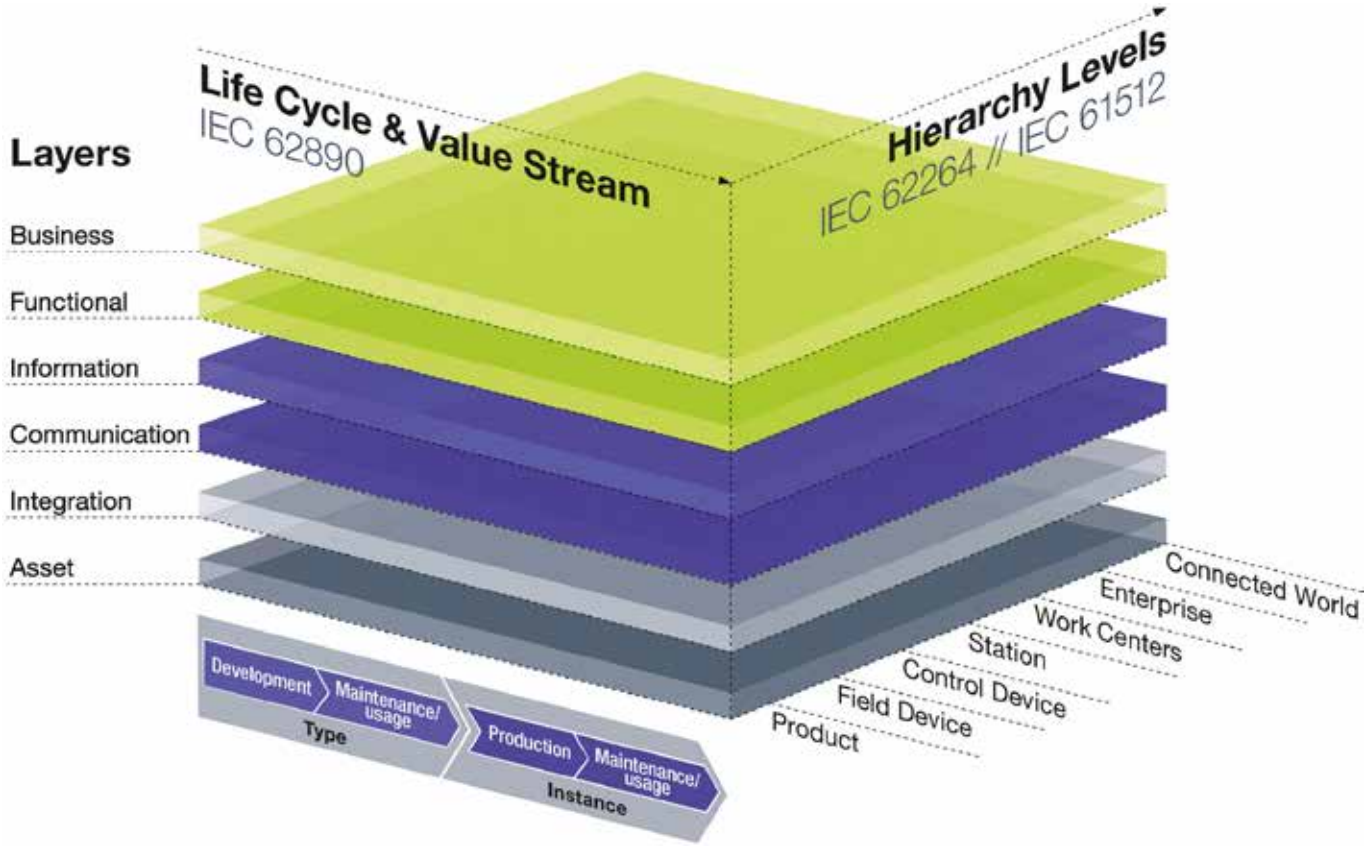

Abbildung 4 – Das Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0 © ZVEI

und wiederum maintenance/usage. Die dritte Dimension beschreibt die funktionale Hierarchie innerhalb einer Anlage bzw. einer Fabrik (hierarchy levels): connected world (externe Partner), enterprise (Unternehmen), work unit (Produktions- oder Prozessumgebung), station (Maschine), control device (Steuersystem), field device (eigenständiges Feldgerät, z.B. ein Sensor) und product (Werkstück).

Damit können die flexiblen und herstellerübergreifenden Industrie-4.0-Konzepte beschrieben und umgesetzt werden. Das Modell zeigt auf, an welchen Stellen bestehende Normen und Spezifikationen genutzt bzw. wo fehlende Normen und Spezifikationen erarbeitet werden sollen. Komplexe Zusammenhänge können so in kleinere, überschaubare Prozessschritte aufgeteilt werden.

RAMI 4.0 wurde auf der Hannover Messe 2015 vorgestellt und bereits in die DIN SPEC 91345 [9] überführt, sowie als Normungsvorschlag in die internationale Normung bei ISO/IEC eingebracht. Vorhandene Normen und Spezifikationen werden in RAMI 4.0 verortet, um so deren Erweiterungs und Überarbeitungsbedarf zu ermitteln. Ziel ist es außerdem, das interdisziplinäre Themenfeld Industrie 4.0 anschaulich zu strukturieren und so zielgerichtete Diskussionen zu fördern.

RAMI 4.0 steht in unmittelbarem Zusammenhang mit Normen und Standards und der so genannten Industrie-4.0-Komponente (I4.0-Komponente). Die grundsätzliche Idee der I4.0-Komponente besteht darin, jeden für Industrie 4.0 relevanten Gegenstand mit einer „Verwaltungsschale“ zu umgeben, die jeweils geeignet ist, den Gegenstand bzgl. der Anwendungsfälle der Industrie 4.0 minimal aber hinreichend zu beschreiben. Gleichzeitig ist es wichtig, existierende Normen und Standards passend auf die Definition der jeweiligen Verwaltungsschale abbilden zu können.

3.4 IIRA

Wie in Kapitel 2.4 beschrieben, beschäftigt sich das IIC neben den Domänen Energie, Gesundheit, Gemeinwesen und Verkehr auch mit der Domäne Produktion/Fertigung. Daher betrachtet das vom IIC erarbeitete Architekturmodell „Industrial Internet Reference Architecture“ (IIRA) die genannten Anwendungsdomänen als Querschnittsthemen. Das Modell behandelt in Anlehnung an die Triple-Logo-Norm ISO/IEC/IEEE 42010 [13] die vier Hauptpunkte Geschäftsmodell, Nutzung, Funktionalität und Umsetzung sowie Schlüsselsystemeigenschaften und deren Sicherheit, angepasst auf die verschiedenen Basisbereiche wie

Konnektivität, Datenmanagement, Industrieanwendungen und Interoperabilität.

Ein genauer Vergleich der beiden Architekturmodelle RAMI 4.0 und IIRA zeigt, dass einige Begriffe identisch sind (z. B. aus betriebswirtschaftlicher Sicht), während andere Begriffe unterschiedliche Namen bei gleicher Bedeutung aufwiesen (z. B. Konnektivität vs. Kommunikation). Ziel ist es nun, Definitionen und Inhalte zu bestimmen, zu prüfen und unter Betrachtung verschiedener Sichtweisen zusammenzuführen bzw. aufeinander über Zuordnungstabellen abzubilden (vgl. Abbildung 5).

Eine wesentliche Rolle spielt die Interoperabilität allgemein, unabhängig vom zugrundeliegenden Modell und der jeweiligen Initiative. Daher ist es sinnvoll, weltweit geltende Normen und Spezifikationen verfügbar zu machen bzw. zu haben, die von beiden Initiativen gemeinsam getragen werden können. Unterschiedliche und ggf. konkurrierende Anforderungen lassen sich am effizientesten bilateral zwischen den beiden Initiativen harmonisieren, bevor die Ergebnisse in die internationale Normung und Standardisierung eingebracht werden.

Aufgrund der Zuordnungstabelle ist eine Fusion der beiden Referenzarchitekturen kein erklärtes Ziel. Jede Domäne im Industriellen Internet hat ihre eigenen speziellen Bedürfnisse. Industrie 4.0 konzentriert sich auf die Produktion/Fertigung, und daher wird eine Harmonisierung zum IIRA auch nur in diesem Bereich angestrebt. Die erklärte intensivere Zusammenarbeit hat das Ziel, die beiden Ansätze gegenseitig zu ergänzen, um damit ein noch stärkeres Nutzenpotenzial heben zu können.

Ein regelmäßiger Austausch zu den Themen Zuordnungen, Unterschiede und Anpassungen, gemeinsame Tests sowie die Zusammenarbeit zum Nutzen der Interoperabilität der Systeme aus den verschiedenen Initiativen finden bereits statt.

3.5 Normung und Standardisierung für Industrie 4.0

Einen detaillierten Überblick über den Stand der Normung und Standardisierung liefert die deutsche

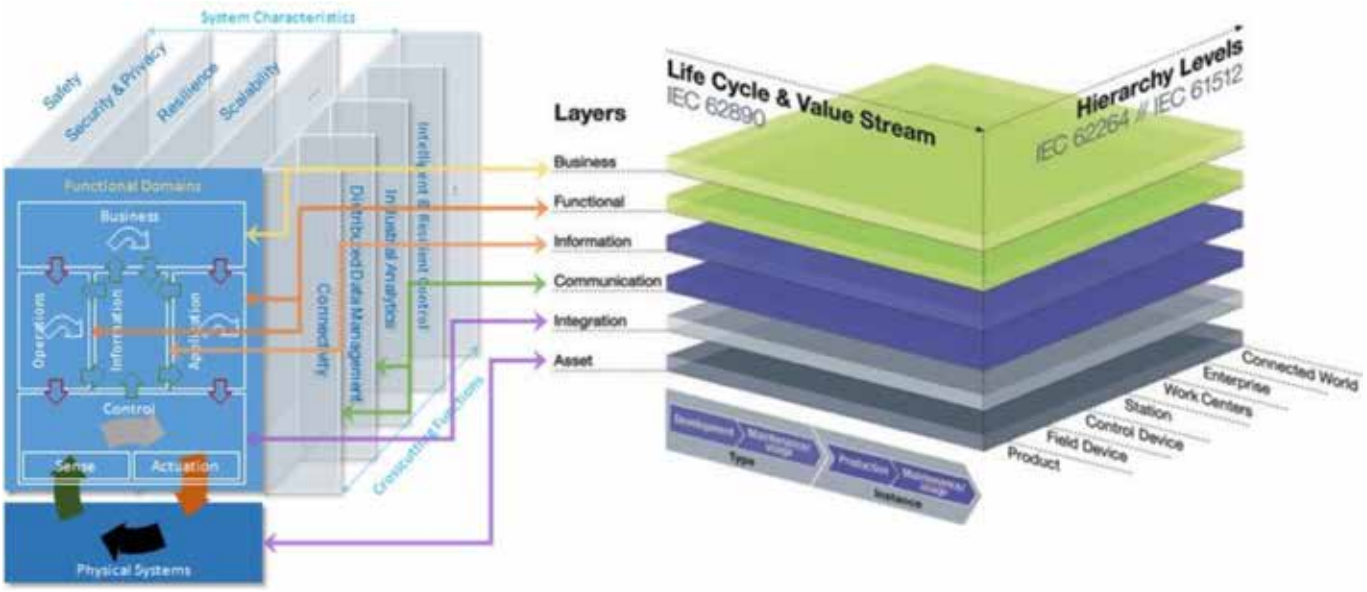

Abbildung 5 – Beziehungen zwischen den Modellen IIRA und RAMI 4.0

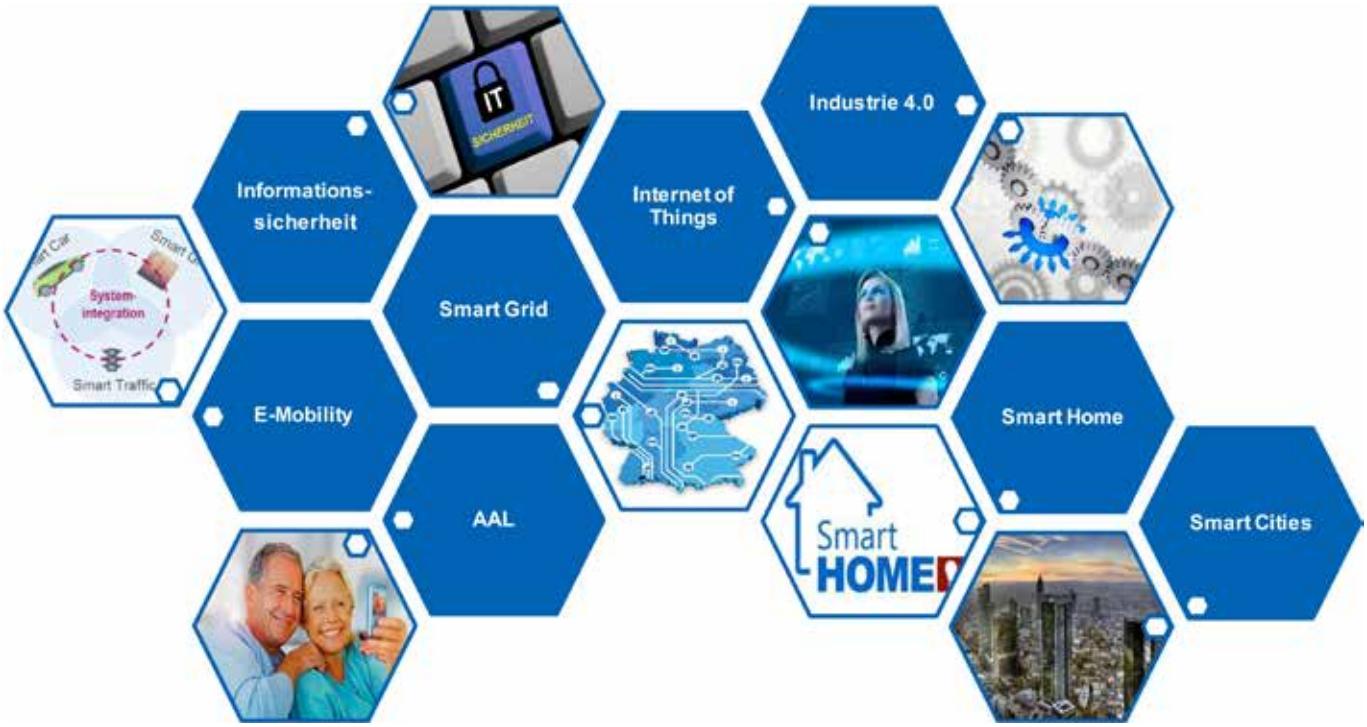

Abbildung 6 – Komplexe Themen für Normung und Standardisierung

Normungs-Roadmap Industrie 4.0 [5]. Um die Listen der für Industrie 4.0 relevanten Normen aus der ersten Ausgabe aktuell halten zu können, wurde diese als Internet-Datenbank zur Verfügung gestellt, die tagesaktuelle Informationen enthält. Ebenfalls neu in der zweiten Ausgabe hinzugekommen sind folgende Themen und Handlungsempfehlungen: Systemarchitektur, Referenzarchitekturmodelle der technischen Systeme und Prozesse, Referenzarchitekturmodelle der leittechnischen Funktionen, Referenzarchitekturmodelle der technisch-organisatorischen Prozesse, Use Cases, Grundlagen, nichtfunktionale Eigenschaften, Entwicklung und Engineering, Kommunikation, Additive Fertigung sowie „Der Mensch in der Industrie 4.0“.

Über DIN und DKE erhält die deutsche Wissenschaft und Wirtschaft Zugang zur und Einfluss auf die europäische und internationale Normung. Die Normungs-Roadmap dient hierbei der strategischen Ausrichtung und Bedarfsanalyse. Es ergeht daher auch ein Appell an die deutsche Wirtschaft und weitere an der Normung interessierte Kreise, ihren Experten die Teilnahme an nationalen und internationalen Gremien zu ermöglichen und diese zu unterstützen sowie ihre Anforderungen an Normen zu dokumentieren. Die Normungsgremien sollten auch genutzt werden, um die Umsetzung der Normen und Standards in die Praxis branchenübergreifend und international zu begleiten.

3.6 Use-Case-Management

Allgemeines

Bei aktuellen Normungs- und Standardisierungsthemen wie Industrie 4.0, Elektromobilität, Ambient Assisted Living (AAL), Smart Cities und Smart Home + Building (vgl. Abbildung 6), ist eine Methode erforderlich, die die wachsende Komplexität handhabbar macht und den zunehmenden Anforderungen an systemübergreifender Interoperabilität sowie die IT-Sicherheit gerecht wird.

Use-Case-Methode

Als Werkzeug für die Umsetzung der Anforderungen innerhalb der Normung und Standardisierung hat sich gezeigt, dass die Use-Case-Methode helfen kann, ein gemeinsames Verständnis der Technologien zu schaffen. Dabei handelt es sich um eine Methode aus der Softwaremodellierung, bei der Anwendungsfälle, so genannte Use Cases, analysiert und die daraus resultierende Anforderungen an ein System festgestellt werden. User Stories (Anwendungsszenarien) und die daraus abgeleiteten Use Cases bilden den Ausgangspunkt für die Definition der erforderlichen Anforderungen (vgl. Abbildung 7). Mit den Use Cases werden Akteure, Datenaustausch und Bedingungen aus Sicht der Aufgabenstellung identifiziert und technische Details abstrahiert. Dieses methodische Herangehen entspricht der gleichen Vorgehensweise, die sich im Jahre 2012 auf europäischer Ebene für Smart

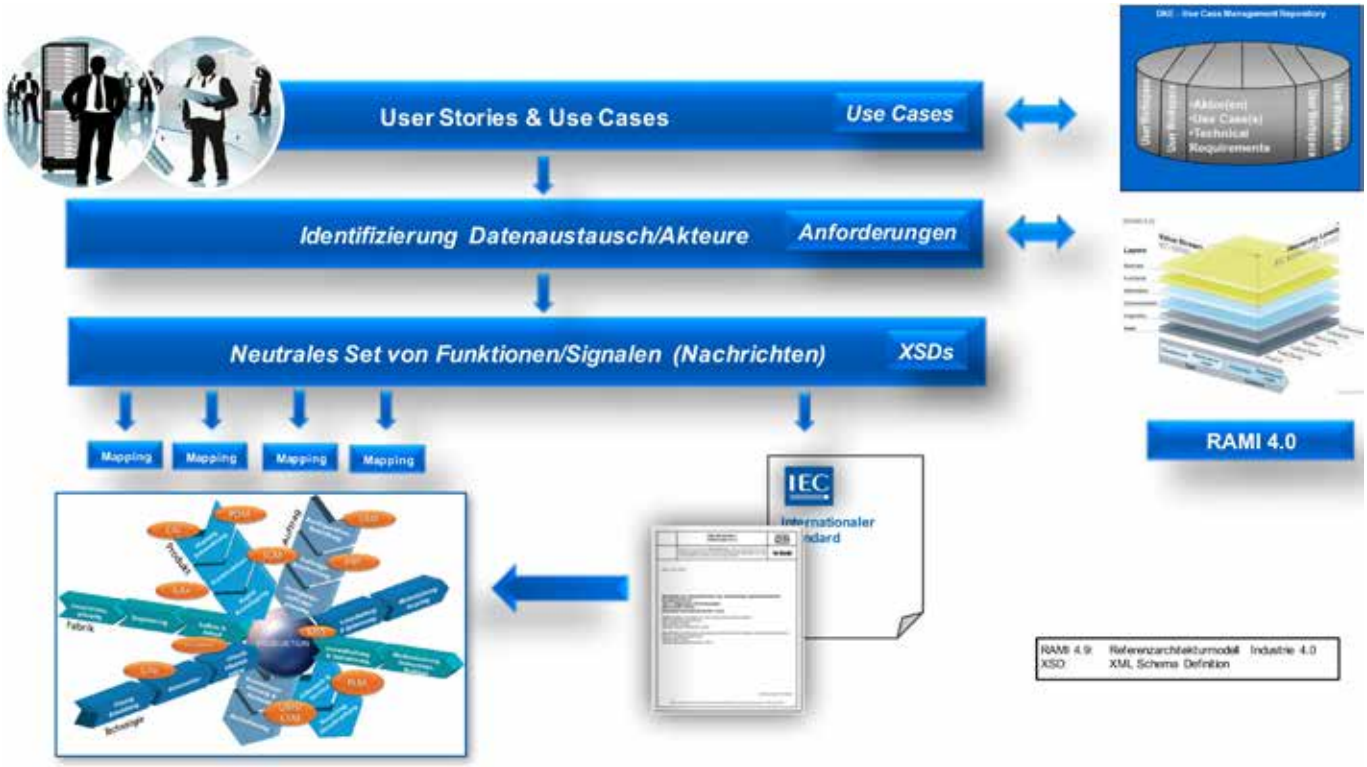

Abbildung 7 – Use-Case-Methode

Grid (EU Mandat M/490 Smart Grid) erfolgreich bewährt hat. Nach dem erfolgreichen Einsatz dieser Methode zur Untersuchung von Infrastrukturen in der Smart-Grid-Umgebung ist auch in Industrie 4.0 ein positives Ergebnis zu erwarten.

Um das Zusammenspiel der funktionalen Akteure in abstrakter Weise darstellen zu können, wird zusätzlich ein Referenzarchitekturmodell benötigt, das für die Umsetzung und Visualisierung der systemübergreifenden Interoperabilität und IT-Sicherheit genutzt werden kann. Ebenfalls lässt sich mit Hilfe der Anwendungsfälle und RAMI 4.0 eine Lückenanalyse durchführen, die sowohl den Normungs- und Standardisierungsbedarf als auch Technologienlücken identifiziert. Hierbei werden alle identifizierten Anforderungen, Akteure, Datenaustauschprozesse, zugehörigen Normen und Spezifikationen, Kommunikationswege, Protokolle sowie weitere Bedingungen im RAMI 4.0 für den zugehörigen Use Case abgebildet (siehe auch Abbildung 8). Dadurch werden die Lücken erkennbar, die für die Umsetzung des Use Cases nachgearbeitet werden müssen. Alle für die Interoperabilität und IT-Sicherheit relevanten technischen Anforderungen werden dann in Normen und Spezifikationen umgesetzt.

Praktisches Verfahren

Am Ende eines Ideenfindungsprozesses steht eine vage Idee. In komplexen Technologiefeldern wie Smart Grid oder Industrie 4.0 sind von dieser Idee mehrere Anwendungsdomänen betroffen. In der Regel setzten sich technische Experten der betroffenen Domänen in einem Arbeitskreis zusammen und entwickeln gemeinsam die vage Idee zu einem konkreten Anwendungsfall weiter. Im ersten Schritt erstellen sie in einem Iterationsprozess die so genannte User Story. Dies kann an dem in Industrie 4.0 bekannten Beispiel der Herstellung individueller Schuhe aufgezeigt werden.

Beispiel User Story „Individuelle Schuhproduktion“

Die Herstellung von Schuhen ist heute ein Massenmarkt und preiswert. Die Produktion von Schuhen nach individuellem Aussehen und mit individuell verwendeten Materialien ist dagegen hochpreisig. Mit Industrie 4.0 kann diese Aufgabe in standardisierter Form auf Losgröße 1 kostengünstig realisiert werden. Erforderlich hierfür sind Standardisierungen auf allen Geschäftsebenen.

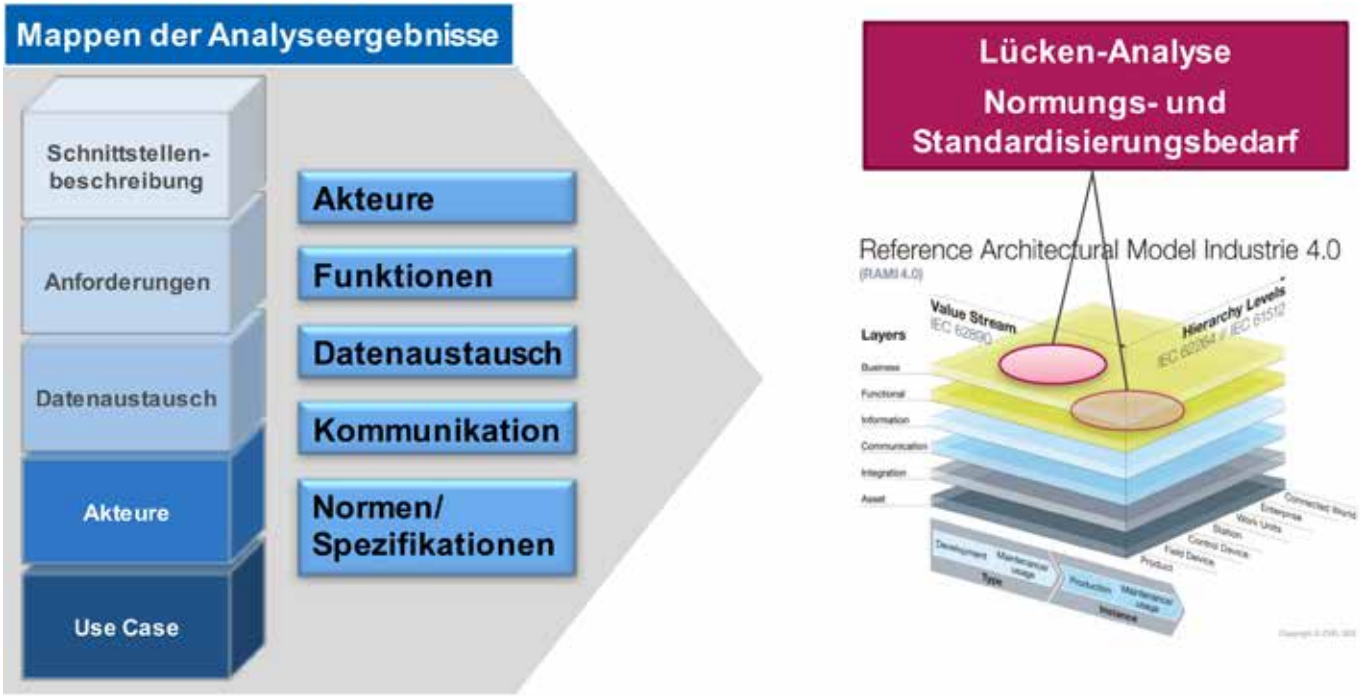

Abbildung 8 – Lückenanalyse

Bisher geprägt durch einen preisgünstigen Massenmarkt, sollen künftig Schuhe nach dem individuellen Geschmack des Kunden bzw. der Kundin gefertigt werden, ohne dabei kostenmäßig aus dem Rahmen zu fallen. Die oben aufgeführte User Story wird im Expertenkreis in einzelne Use Cases hierarchisch gegliedert, bis generische Use Cases vorliegen. Aus diesen generischen Use Cases lassen sich durch individuelle Zusammenstellung auf die Anwender zugeschnittene Geschäftsmodelle darstellen. Use Cases, die aus der oben genannten User Story abgeleitet wurden, sind beispielsweise ein 3D-Scan der Füße, die sichere Aufbewahrung kundenspezifischer Daten oder die Produktion der Schuhe bis hin zu Logistik und Zahlungsströmen. Im nächsten Schritt werden alle an der User Story beteiligten Akteure aufgelistet. Hierbei entsteht das in Abbildung 9 dargestellte Akteursdiagramm. An diesem lassen sich eventuelle Abhängigkeiten und Schnittstellen erkennen. Um einen zeitlichen Ablauf sowie die Abhängigkeiten der Use Cases untereinander darzustellen, wird aus den vorliegenden Informationen das in Abbildung 10 gezeigte Sequenzdiagramm erarbeitet.

Mit Industrie 4.0 soll diese Aufgabe in standardisierter und reproduzierbarer Art und Weise mit Losgröße 1 realisierbar werden. Dies erfordert Normung und Standardisierung auf allen Geschäftsebenen entlang der Prozesskette. Solche und noch weitere User Stories werden gesammelt und auf Anforderungen analysiert. Die Analyseergebnisse

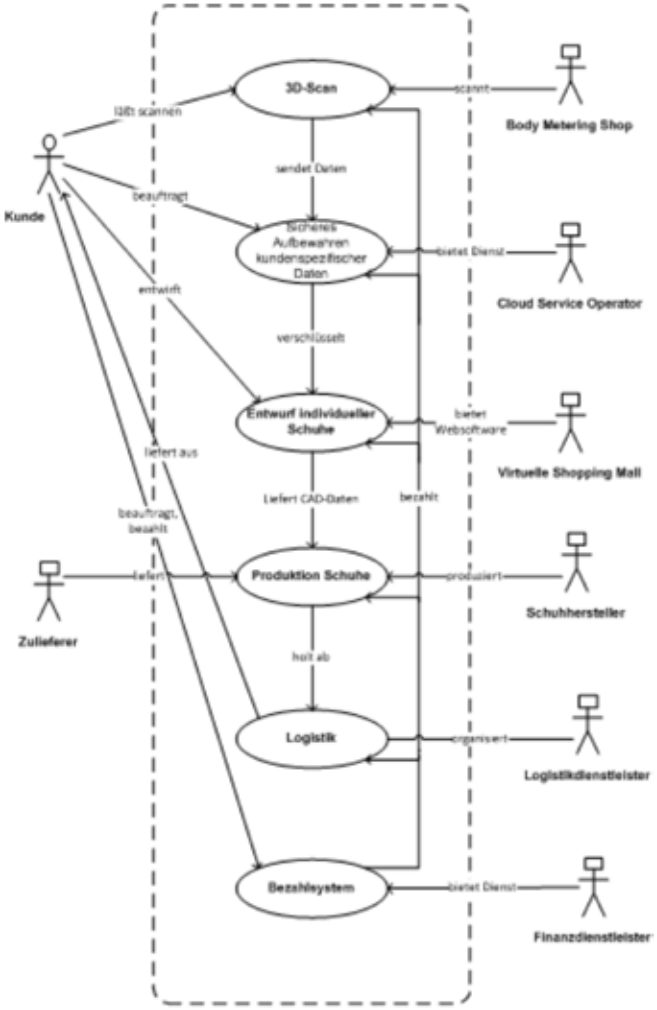

Abbildung 9 – An der User Story „Individuelle Schuhproduktion“ beteiligte Akteure

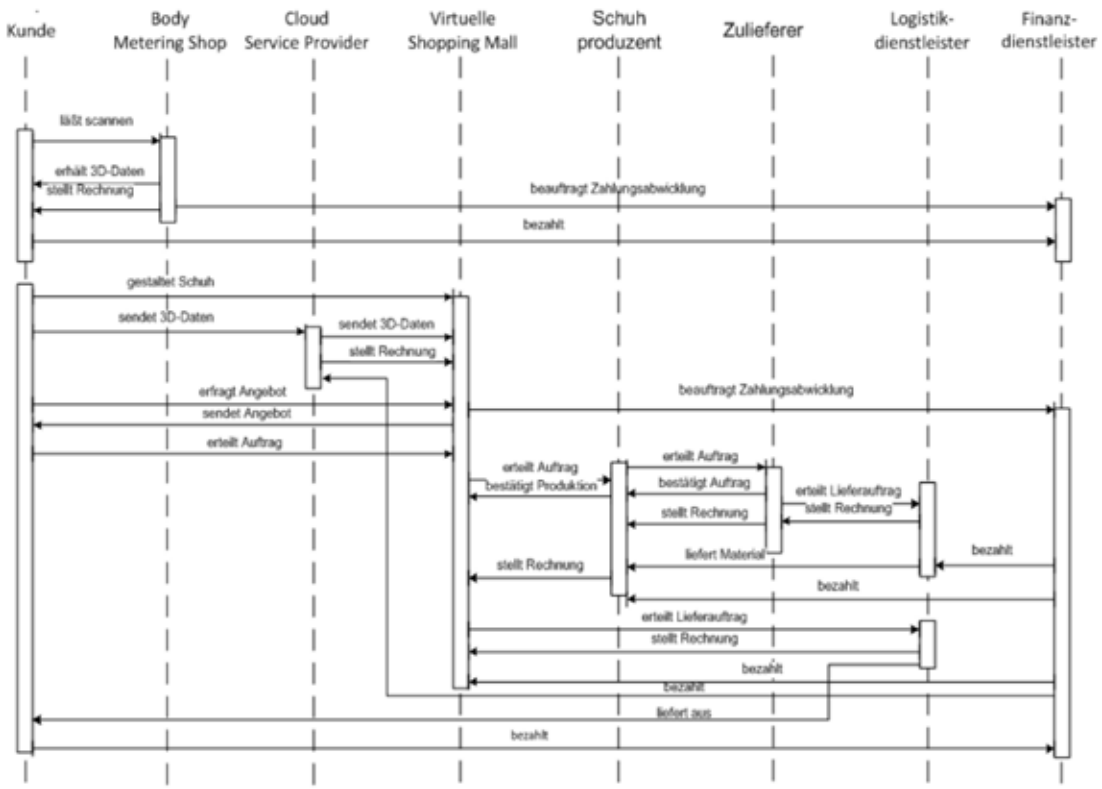

Abbildung 10 – Sequenzdiagramm zur User Story An der User Story beteiligte Akteure

zeigen auf, welche Daten ausgetauscht und abgesichert werden müssen, um ein bestimmtes Szenario zu verwirklichen. Dazu werden die zugehörigen Akteure, Schnittstellen, Funktionen und Bedingungen identifiziert, die der Entwickler zusätzlich benötigt, um die Umsetzung der gewünschten Anwendungen zu bewerkstelligen.

Use Case Management Repository

Zur Verwaltung und weiteren Nutzung von Use Cases hat die DKE ein so genanntes Use Case Management Repository (UCMR) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein frei zugängliches, webbasiertes Werkzeug, das jederzeit registrierten Teilnehmern (siehe Ende dieses Kapitels) eine standort- und domänenübergreifende Zusammenarbeit ermöglicht.

Kern des UCMR ist eine XML-basierte Datenbank, deren Schema auf dem in Norm IEC 62559-2 [14] beschriebenen Use-Case-Template basiert. Das Werkzeug bietet viele nutzerorientierte Funktionen, die eine standardisierte Erstellung, Sammlung und Administration der Anwendungsfälle ermöglichen. Darüber hinaus ist das zentrale Anliegen des UCMR die einheitliche Ablage und Darstellung der Use Cases, damit deren Konsistenz sichergestellt und die Übersichtlichkeit verbessert werden kann. Es erlaubt einen direkten Vergleich der gespeicherten Use Cases, hilft bei der Verwaltung und Qualitätssicherung und unterstützt damit die gezielte Weiterentwicklung der Use Cases. Die detaillierten und generisch abgeleiteten Use Cases stehen für weitere Normungsarbeiten und als Basis neuer Geschäftsmodelle zur Verfügung.

Die generelle Nutzung des UCMR zeigt Abbildung 11. Registrierte Anwender können für sich oder gemeinsam an Use Cases arbeiten. Zusatznutzen ist, dass sich aus den Use Cases Bedarf hinsichtlich Forschung, Normung und Standardisierung ableiten lässt.

Jeder freigeschaltete Nutzer beginnt die Erstellung seiner Use Cases in einem persönlichen Bereich, der von anderen Nutzern nicht einsehbar ist. Dort entwickelt er die Use Cases, bis sie einen bestimmten Reifegrad erreicht haben. Mit Hilfe verschiedener Veröffentlichungsstufen im UCMR entscheidet der Nutzer selbst darüber, ob er seine Use Cases anderen Nutzergruppen zugänglich macht, um diese zu einer Zusammenarbeit einzuladen. Für die Eingabe von Akteuren, Use Cases usw. sowie zum Anlegen von Verknüpfungen zwischen den jeweiligen Elementen stehen im UCMR komfortable Eingabemasken zur Verfügung, die eine übersichtliche Darstellung ermöglichen. In Abbildung 12

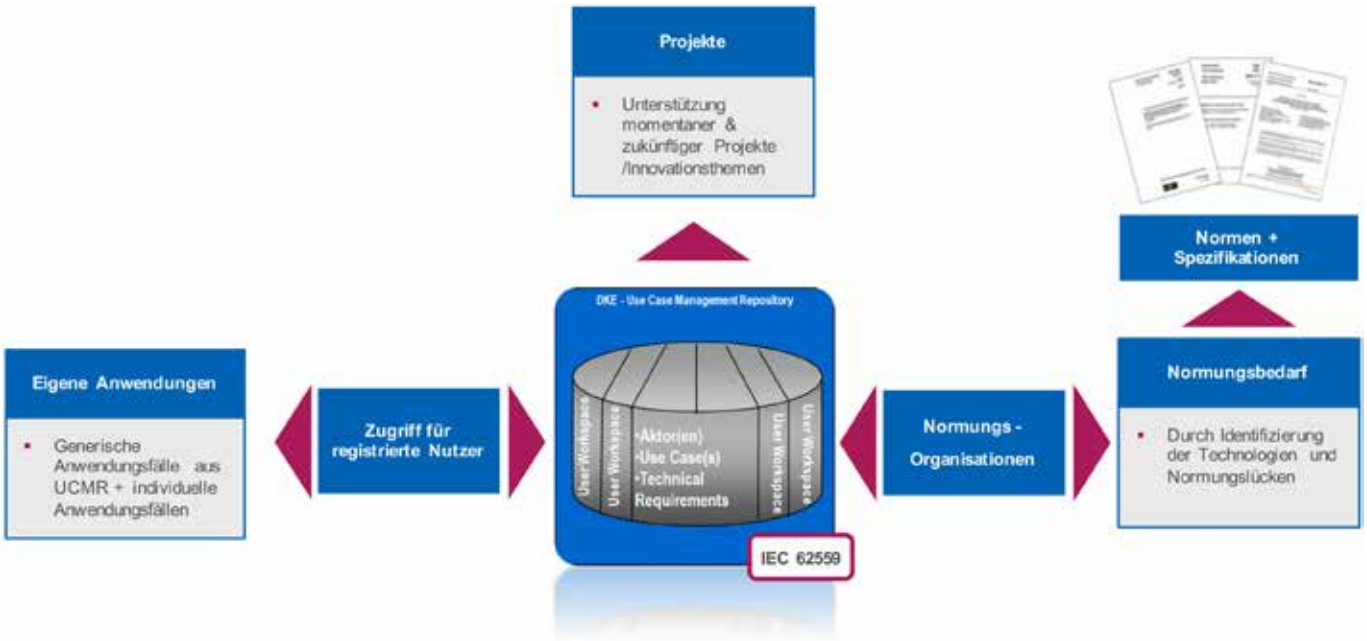

Abbildung 11 – Use Case Management Repository (UCMR)

ist die Eingabemaske des UCMR am Beispiel der oben genannten „individuellen Schuhproduktion“ gezeigt.

Das UCMR der DKE steht interessierten technischen Experten jederzeit kostenlos zur Verfügung. Die Freischaltung zur Mitarbeit erfordert eine einmalige Registrierung. Nähere Informationen zur Registrierung sowie zur Nutzung des Werkzeugs erhalten Sie über den Webauftritt der DKE [15].

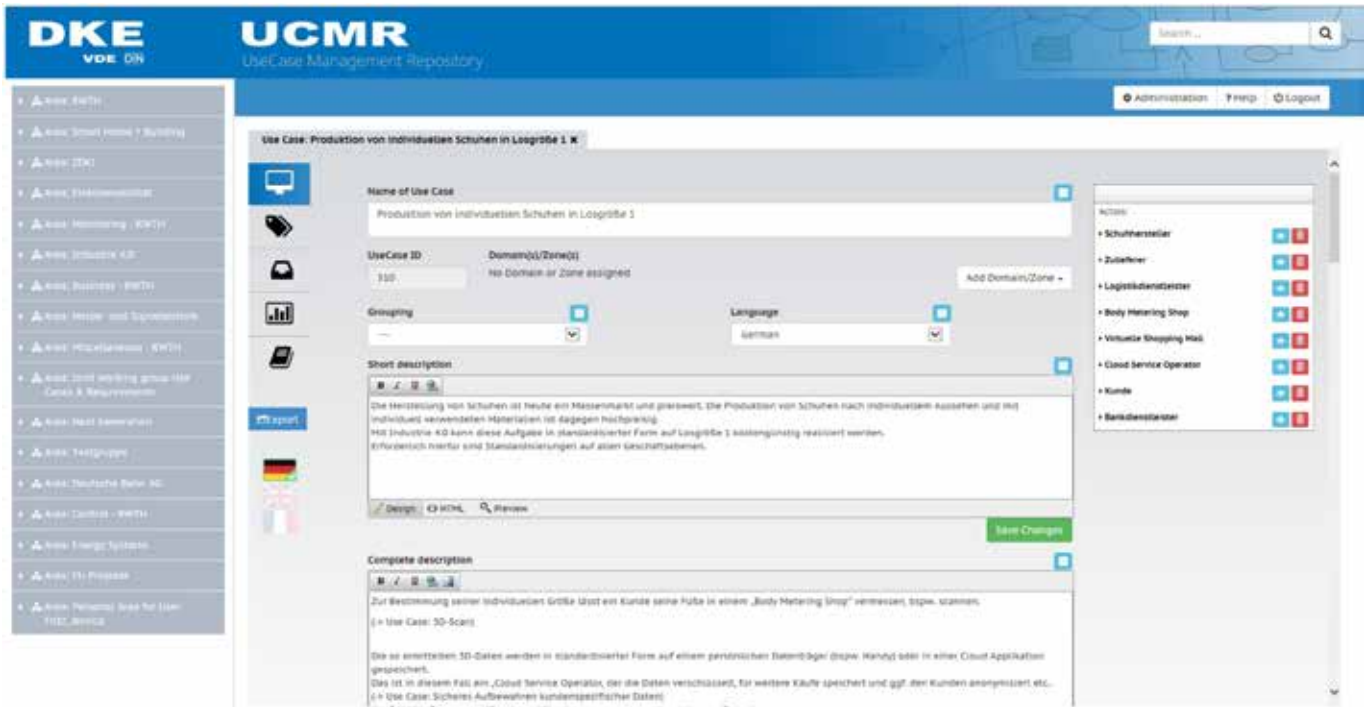

Abbildung 12 – Use-Case-Eingabe am Beispiel „individuelle Schuhproduktion“

4 Normung und Standardisierung in AUTONOMIK-Projekten

4.1 Allgemeines

Im Rahmen der Begleitforschung „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ wurden alle Projekte in die Bearbeitung des Querschnittthemas eingebunden. Verschiedene Workshops und bilaterale Treffen hatten zum Ziel, einerseits den Projekten allgemeine Informationen zur Normung und Standardisierung zu vermitteln und andererseits den Bedarf an Normen und Spezifikationen zu erkennen. Mit einzelnen Projekten wurde bereits konkret über Use Cases und die sich daraus ergebenden Herausforderungen diskutiert.

4.2 ProSHAPE

Im Projekt ProSHAPE wird ein dezentrales Energiemanagementsystem sowie eine Heimautomatisierungsplattform zur Steigerung von Energieeffizienz und die Minimierung der Energiekosten durch innovative Hard- und Softwarelösungen in Gebäuden weiterentwickelt.

ProSHAPE nutzte die systematische Vorgehensweise der Anforderungs-Analyse mit dem Use-Case-Management (siehe Kapitel 3.6), um sich mit den Beteiligten auszutauschen. Die in bilateralen Treffen entstandenen Use Cases wurden erfolgreich in das UCMR eingearbeitet, stehen derzeit der Öffentlichkeit jedoch noch nicht zur Verfügung. Dies geschieht im nächsten Schritt, sobald die Use Cases final in ProSHAPE abgestimmt und freigegeben sind. Erst dann kann auch der Vorschlag aus dem Projekt umgesetzt werden, die Use Cases sichtbarer zu machen. Generell dienen Die Erfahrungen im Umgang mit Use Cases und hinsichtlich deren Nutzeneffekt sowohl aus ProSHAPE als auch aus den durch das BMWi von 2008 bis 2013 geforderten E-Energy-Projekten als Blaupause für die anstehenden Aktivitäten im Projekt InSA (siehe Kapitel 4.3) und weiteren Projekten und Initiativen.

Der Use-Case-Prozess im Projekt ProSHAPE wurde am Beispiel „Dezentrale Erzeugungsanlagen (BHKW) stromorientiert steuern“ durchgeführt. Im ersten Schritt müssen die weiteren Stakeholder, z. B. Hard- und Softwareentwickler oder die Wohnungswirtschaft, identifiziert werden, die zusammen mit ProSHAPE den Use Case generisch gestalten. Dies bedeutet, dass der Use Case abstrakt mit allen Beteiligten harmonisiert wird, ohne dabei auf einer individuellen, technologischen Lösung zu basieren. Eine der wichtigsten Aufgaben zu Beginn ist es, die Begriffe miteinander abzustimmen und diese mit einer Definition zu hinterlegen. Der nächste Schritt ist, alle Akteure zu identifizieren. Akteure können Menschen, Software, Systeme und weitere Objekte sein, die in dem Anwendungsfall miteinander kommunizieren und interagieren. In dem vorliegenden Beispiel sind das u. a. die dezentrale Erzeugungsanlage (BHKW), die Benutzer und das Gebäude. Dann wird der Datenaustausch zwischen den Akteuren identifiziert. In dem vorliegenden Beispiel können dies „aktueller Stand der Temperatur“, „Anwesenheit von Personen“ oder „Zustand der Heizung“ sein. Die gesammelten Informationen werden in einem Sequenzdiagramm abgebildet. Dies veranschaulicht die Interaktionen zwischen den Akteuren innerhalb eines Szenarios (mögliche Interaktionssequenz). Parallel dazu werden die notwendigen Bedingungen analysiert, mit denen sich der Use Case umsetzen lässt (Rahmenbedingungen, Referenztemperaturen, Personenanwesenheit, Sicherheitsbedingungen usw.). Das sind zum einen die Vorbedingungen, die vorliegen müssen, damit der Use Case gestartet wird, und zum anderen die Nachbedingungen, um eine erfolgreiche Umsetzung sicherzustellen. Alle erhobenen Informationen werden mit dem aktuellen Normenbestand abgeglichen und als Details im Referenzarchitekturmodel RAMI 4.0 abgebildet. Die Normen und Spezifikationen werden den jeweiligen Use Cases zugeordnet, um schnell auf die Norm zugreifen zu können. Dies dient gleichzeitig auch einer Lückenanalyse für fehlende Normen und Spezifikationen. Im vorliegenden Fall wurde erkannt, dass in der Normenreihe DIN EN 61850 [16] Defizite vorliegen, die dem zuständigen Gremium übermittelt wurden.

4.3 InSA

Im Projekt InSA (Integrierte Schutz- und Sicherheitskonzepte in Cyber-Physischen Arbeitsumgebungen) werden die bisher voneinander unabhängigen Arbeitsbereiche der Produktionsmitarbeiter und der Robotersysteme einer Produktionsumgebung mit Hilfe von Sensorik überwacht, um Sicherheitsvorkehrungen aufeinander abzustimmen. Das System registriert alle aktuellen Tätigkeiten und beurteilt anhand des Kontextes und der jeweiligen Situation das Gefährdungspotenzial, das z. B. für Mitarbeiter durch die Bewegungen eines Roboters entstehen kann. Ziel ist die technische Standardisierung solcher kontextorientierter Schutzsysteme und ihre Integration in intelligente Produktionsumgebungen. [17]

Speziell aus InSA wurde folgende Handlungsempfehlung formuliert:

Thema	Entwicklung prüffähiger Normen
Feststellung	Derzeit liegen In vielen Bereichen von Industrie 4.0 keine oder wenige bedarfsorientierte Normen oder Spezifikationen vor, die die gesetzlichen Regularien unterstützen und nach denen geprüft und zertifiziert werden kann. Dies erschwert das Zusammenfügen von mehreren Komponenten, die für sich eine Zertifizierung erhalten können. Unklar ist, ob die Kombination zu einem Industrie-4.0-fähigen System alle Anforderungen für eine Zertifizierung erfüllt.
Empfehlung	Der Staat kann die Entwicklung zertifizierungsfähiger Normen fördern. Ein Forschungsprogramm kann helfen, die Anforderungen der Zertifizierung für Industrie 4.0 zu analysieren. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Industrie 4.0, Normung und Zertifizierung ist notwendig. Eine zeitnahe Umsetzung ermöglicht frühe Zertifizierungsergebnisse.

4.4 Allgemeine Handlungsempfehlungen

Als Ergebnis der Begleitforschungsaktivitäten können die nachfolgend dargestellten Handlungsempfehlungen an die Normung und Standardisierung aus AUTONOMIK benannt werden.

Thema	Neutrale/gemeinsame Kommunikation/Sprache
Feststellung	Eine gemeinsame Sprache unterstützt die notwendige Vernetzung innerhalb von Industrie 4.0. Insellösungen sind damit vermeidbar. In AUTONOMIK wird mit Merkmalen gearbeitet, die größtenteils projektspezifisch erstellt werden. Dies erschwert die Kommunikation und Zusammenarbeit. Kern einer solchen Sprache sind Merkmale. Die Industrie-4.0-Gemeinschaft hat sich faktisch (wenn auch nicht offiziell) für eCl@ss und infolge dessen für die Hinterlegung von Merkmalen in der Datenbank „Common Data Dictionary (CDD) der IEC entschieden. Allen Projekten sollte daher nahegelegt werden, die Merkmale nach IEC 61131-1 bzw. -2 [18] zu spezifizieren und mindestens in eCl@ss und zusätzlich und in IEC und ISO einzubringen.
Empfehlung	Zusammen mit der Industrie sollte eine gemeinsame Sprache mit abgestimmten Merkmalen definiert werden, um eine gemeinsame Kommunikation zu fördern. Diese sollten in die bestehenden Normen und Spezifikationen aufgenommen werden. Die Festlegungen der Merkmale sollten auf einer neutralen Plattform stattfinden, wie z. B. den Normungsorganisationen. Die Ergebnisse sollten dann in die internationale Normung eingebracht werden.

Thema	Entwicklung einer Struktur für die Normungslandschaft Industrie 4.0
Feststellung	Es fehlt eine strukturierte Landkarte für Industrie 4.0, die einen Überblick über Aktivitäten und Initiativen sowie die Grundlage für eine weitere, gemeinsame Vorgehensweise liefert. Diese sollte so gestaltet sein, dass sich alle Akteure wiederfinden, um zusammen Industrie 4.0 zu gestalten.
Empfehlung	Normungsorganisationen und Branchenverbände sollten eine für Industrie 4.0 passende Struktur der Normungslandschaft aus RAMI 4.0 ableiten. Dies ermöglicht die Identifizierung notwendiger Normen und Spezifikation. Daraus werden auch Lücken innerhalb der Normung und Standardisierung resultieren, die in enger Zusammenarbeit mit der Industrie aufgearbeitet werden müssen.

Thema	Digitale Bibliothek zur Speicherung von Daten in standardisierten Formaten aus einer 3D-Visualisierung
Feststellung	Es wird eine digitale Bibliothek benötigt, die Auswertungen einer 3D-Visualisierung (3D-Scan) von z. B. Kulturgütern in einem standardisierten Format abspeichert. Somit wird die Möglichkeit geschaffen, mit jedem vorliegenden System, das sich an die standardisierte Form hält, diese Daten auch in ferner Zukunft verwerten zu können.
Empfehlung	Normungsorganisationen sollten die Industrie, Institute und das Gemeinwesen dabei unterstützen, standardisierte Formate zu definieren, um Auswertungen aus 3D-Analysen auf einer gemeinsamen Plattform verwalten zu können. Diese Daten können dann in das eigene System übersetzt und analysiert werden. Das Einbringen in die internationale Normung sollte angedacht werden, dann können 3D-Analysen mit Ergebnisse anderer Länder verglichen werden.

5 Glossar

[1] DIN EN 45020, Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten – Allgemeine Begriffe (ISO/IEC Guide 2); Dreisprachige Fassung EN 45020

[2] DIN 820, Normungsarbeit

[3] Entwurfsportal des VDE: https://www.entwuerfe.normenbibliothek.de/index.html oder von DIN: http://www.din.de/de/mitwirken/entwuerfe

[4] Der gesamtwirtschaftliche Nutzen der Normung – Eine Aktualisierung der DIN-Studie aus dem Jahr 2000, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin

[5] Deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0, als Download zu beziehen unter http://www.dke.de/de/std/documents/nr_industrie%204.0_v2_de.pdf

[6] Informationen zu Plattform Industrie 4.0 unter: http://www.plattform-i40.de

[7] Nähere Informationen zum Standardization Council Industrie 4.0 finden sich unter: https://sci40.com/de/standardization-council-i4-0-de.html

[8] Informationen zum Labs Network Industrie 4.0 e.V. unter: www.lni40.de

[9] DIN SPEC 91345:2016-04: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)

[10] Informationen zur ISO-Strategiegruppe SAG unter: http://www.din.de/de/forschung-und-innovation/industrie4-0/industrie-4-0-iso-richtet-strategiegruppe-ein-66482

[11] Informationen zu Industrie 4.0 bei DIN: www.din.de/go/industrie4-0

[12] Informationen zu Industrie 4.0 bei der DKE: http://dke.de/Normen-Industrie40

[13] ISO/IEC/IEEE 42010:2011-12: Systems and software engineering – Architecture description

[14] IEC 62559-2: Use case methodoloy – Definition of use case, template, actor list and requirement list

[15] Informationen zum Use Case Management Repository der DKE sind zu finden unter: https://www.dke.de/de/std/Seiten/UseCaseManagementRepository.aspx

[16] DIN EN 61850: Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung der elektrischen Energieversorgung

[17] Definition des AUTONOMIK-Projekts InSA unter http://dil.biba.uni-bremen.de/91.html

[18] IEC 61131-1 bzw.-2: Speicherprogrammierbare Steuerungen; Teil 1: Allgemeine Informationen; Teil 2: Betriebsmittelanforderungen und Prüfungen

[19] KMU-Definition, Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=4aa561e46fff16fb87d819d09c769842;views;document&doc=2018

Literaturverzeichnis

Innerhalb des vorliegenden Leitfadens werden eine ganze Reihe von Abkürzungen, Akronymen und Begriffen verwendet, die nicht unbedingt jedem geläufig sind. Im Folgenden ist daher eine Übersicht zu finden, die zu vielen Einträgen eine kurze Bedeutung enthält.

AAL Ambient (oder Active) Assisted Living; bedarfsorientierte Assistenzlösungen zur Unterstützung von Menschen mit (nicht nur altersbedingten) Einschränkungen

Bitkom Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.; Branchenverband der deutschen Informations- und Telekommunikationsbranche; www.bitkom.org

BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; www.bmwi.de

CDD Common Data Dictionary; Datenbank der IEC zur Ablage von Merkmalen

CEN Comité Européen de Normalisation; Europäische Normungsorganisation für den nichtelektrotechnischen Bereich; www.cen.eu

CENELEC Comité Européen de Normalisation Électrotechnique; Europäische Normungsorganisation für den nichtelektrotechnischen Bereich; www.cenelec.eu

CPS Cyber-physical Systems; Verbund von IT-Komponenten und Software mit mecha¬tronischen Teilen, der einen hohen Vernetzungsgrad und Informationsaustausch gekennzeichnet ist

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; deutsche Normungsorganisation für den nichtelektrotechnischen Bereich; www.din.de

www.autonomik40.de