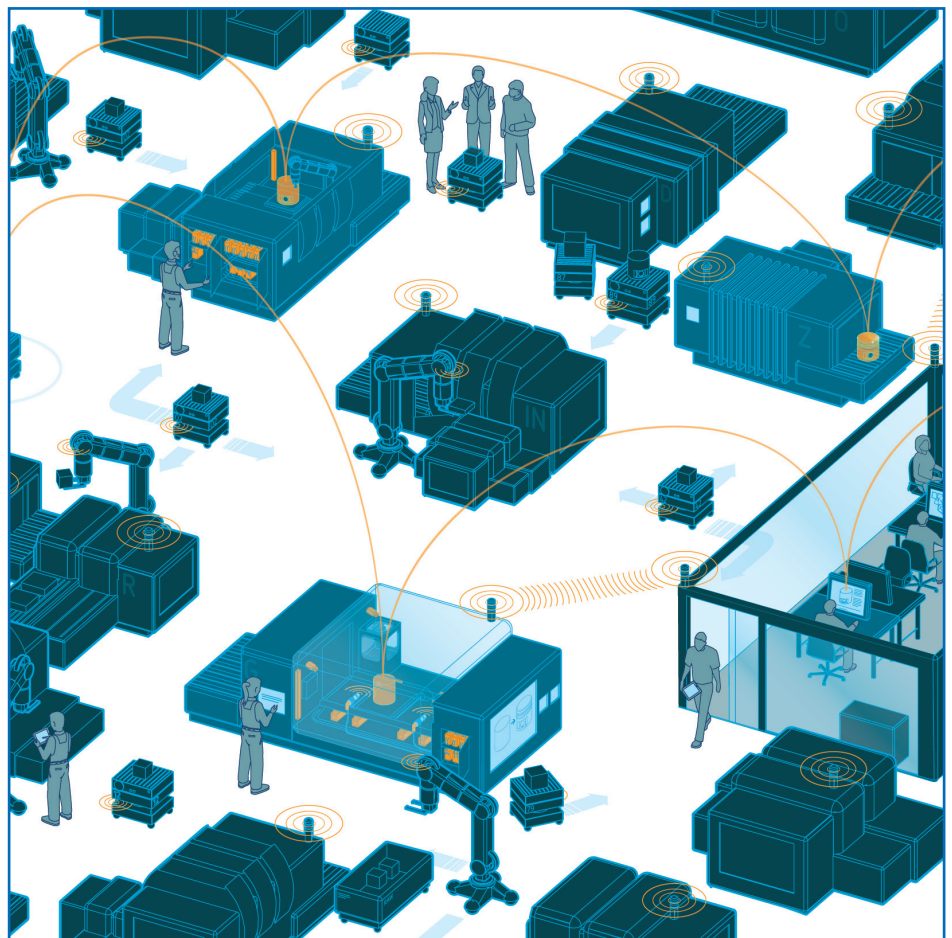


White Paper

Beispiele zur Verwaltungsschale der Industrie 4.0-Komponente – Basisteil

Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.0-Komponente





Die Elektroindustrie

Impressum

Beispiele zur Verwaltungsschale der Industrie 4.0-Komponente – Basisteil

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.

Führungskreis Industrie 4.0, SG Modelle & Standards

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Ansprechpartner:

Gunther Koschnick

Telefon: +49 69 6302-318

E-Mail: koschnick@zvei.org

www.zvei.org

November 2016

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI
keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere
die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.

Inhalt

1	Zielsetzung und Methodologie	4
2	Relevante bestehende Inhalte	4
2.1	Idee der Teilmodelle	4
2.2	Grobe Struktur der Verwaltungsschale	5
2.3	Interaktion zwischen I4.0-Komponenten	6
2.4	Funktionen von I4.0-Komponenten	7
3	Beispielhafte Inhalte	8
3.1	Szenario	8
3.2	Definition von Merkmalen	9
3.3	Ausprägung von Merkmalen – Teilmodelle	11
3.4	Verabredung von Teilmodellen für verschiedene Domänen	12
3.5	Beispielangaben für die allgemeinen Verwaltungsschalen	12
3.6	Teilmodell „MES-Anbindung“	13
3.7	Teilmodell „Energieeffizienz“	14
3.8	Teilmodell „Bohren“	15
3.9	Teilmodell „Dokumentation“	17
3.10	Diskussion zu einzelnen Merkmalen	19
4	Darstellung der Teilmodelle in beispielhaften Implementierungen	21
4.1	OPC-UA-Sicht auf Teilmodell „MES-Anbindung“	21

1 Zielsetzung und Methodologie

Die vorliegende Schrift „Beispiele zur Verwaltungsschale der Industrie 4.0-Komponente“ entstand im März 2016 und wurde durch das Spiegelgremium (SG) Modelle & Standards des Führungskreis Industrie 4.0 (FK I4.0) im ZVEI fortentwickelt. Auf Beschluss vom Oktober 2016 wird der erste Stand des Dokuments als Basisteil zur Veröffentlichung gebracht.

Ziel der Publikation ist es, die kürzlich verabschiedete „Struktur der Verwaltungsschale“ mit Anschauungsbeispielen zu hinterlegen und so das gemeinsame Verständnis der Inhalte zu vertiefen. Dies gilt speziell auch für die Zusammenarbeit mit dem VDI/VDE GMA FA 7.21 und der UAG Ontologie der Plattform Industrie 4.0.

Die Intention dieses Dokuments ist es, durch Anschauungsbeispiele das Verständnis der Inhalte der Verwaltungsschale zu vertiefen. Eine Spezifikation ist in diesem Dokument nicht beabsichtigt. Da die Strukturen der Verwaltungsschale und die Festlegungen der Implementierung, beispielsweise durch das Projekt openAAS, fortlaufend weiterentwickelt werden, wird auch dieses Dokument Änderungen und Ergänzungen erfahren.

Auch die hier dargestellten Inhalte von Fachdomänen sind als Anschauungsbeispiele gedacht. Sie geben keinesfalls die Inhalte eines Teilmodells wieder und ignorieren zur besseren Verständlichkeit existierende Standardisierungsbestrebungen.

Die Ausführungen richten sich gleichermaßen an die Industrien der Fabrik- und Prozessautomatisierung. Begriffe wie Fabrik, Fertigung und Shop Floor schließen auch die Einrichtungen der prozesstechnischen Industrie mit ein.

Für die bessere Lesbarkeit wird bei zusammengesetzten Begriffen die Abkürzung I4.0 für Industrie 4.0 verwendet. Im Hinblick auf eine Angleichung mit der DIN SPEC 91345 wird im Folgenden der Begriff Asset anstelle von Gegenstand wie in früheren Publikationen genutzt.

2 Relevante bestehende Inhalte

Dieser Abschnitt zeigt wichtige bestehende Inhalte aus vorangegangenen Diskussionen oder anderen Arbeitskreisen auf. Damit wird auch die Vernetzung zu anderen Themen deutlich.

2.1 Idee der Teilmodelle

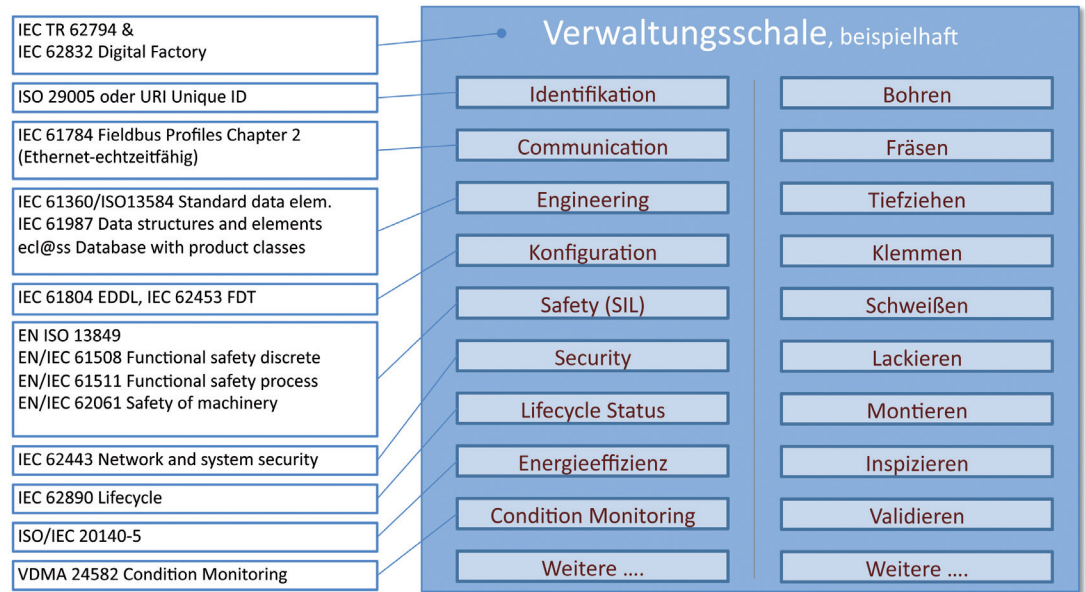
Die grundsätzliche Idee der I4.0-Komponente besteht darin, jedes Asset der Industrie 4.0 mit einer sogenannten Verwaltungsschale zu umgeben, die jeweils geeignet ist, das Asset bezüglich der Anwendungsfälle der Industrie 4.0 minimal, aber hinreichend zu beschreiben. Gleichzeitig ist es wichtig, existierende Standards entsprechend der Definition der jeweiligen Verwaltungsschale abbilden zu können.

Aus diesem Grund setzt sich die Verwaltungsschale jeweils aus einer Reihe von sogenannten Teilmodellen zusammen. Diese

repräsentieren unterschiedliche Aspekte des jeweiligen Assets; sie können zum Beispiel beschreibend sein hinsichtlich Safety oder Security, aber auch verschiedene Prozessfähigkeiten wie Bohren oder Montieren umreißen.

Es wird angestrebt, dass für jeden Aspekt nur jeweils ein Teilmodell standardisiert wird. Auf diese Weise kann zum Beispiel eine Bohrmaschine aufgefunden werden, die ein Teilmodell „Bohren“ in ihrer Verwaltungsschale mit geeigneten Merkmalen trägt. Für die Kommunikation zwischen verschiedenen I4.0-Komponenten können dann bestimmte Merkmale als gegeben angenommen werden. In einem solchen Beispiel könnte dann ein zweites Teilmodell „Energieeffizienz“ die Fähigkeit der Bohrmaschine zusichern, in Betriebspausen Strom zu sparen.

Bild 1: Mögliche Teilmodelle einer Verwaltungsschale



Quelle: ZVEI

2.2 Grobe Struktur der Verwaltungsschale

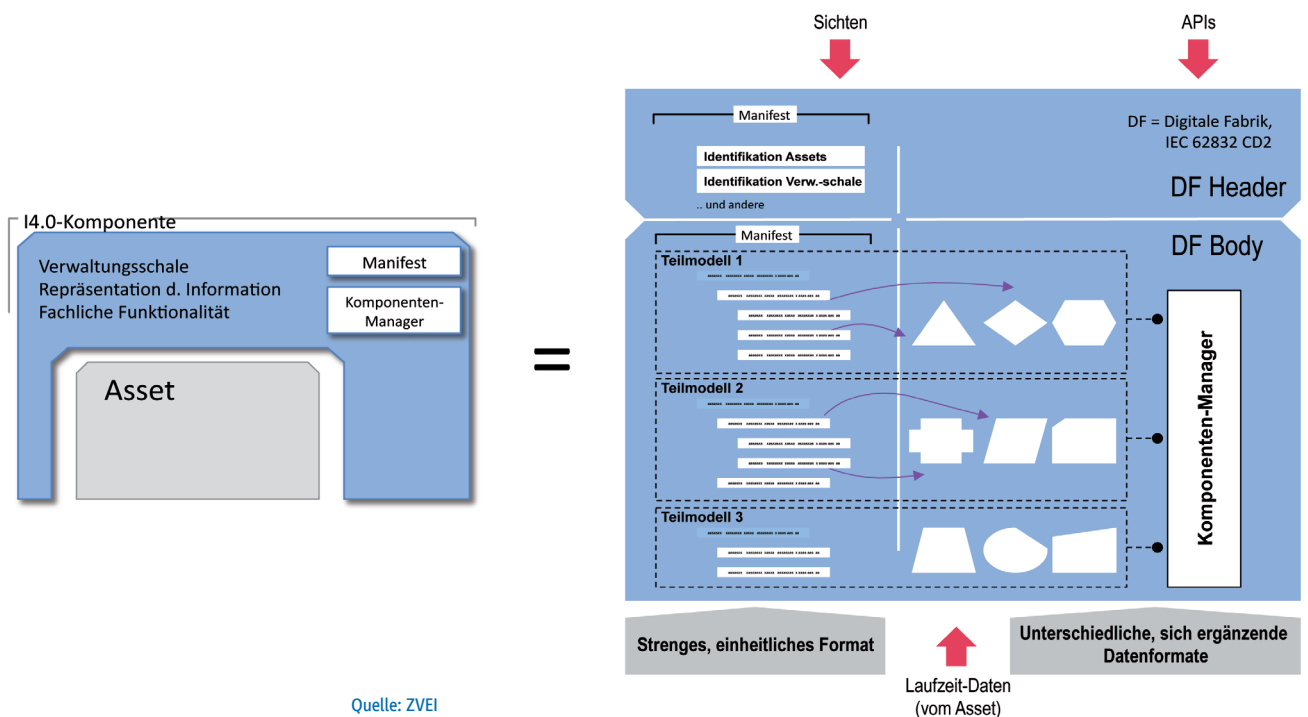
Im letzten Dokument zur Verwaltungsschale („Struktur der Verwaltungsschale“) wurde eine grobe, logische Sicht auf die Struktur der Verwaltungsschale vorgelegt. Die Verwaltungsschale, im folgenden Bild blau gekennzeichnet, setzt sich aus Header und Body zusammen. Im Header werden identifizierende Angaben zur Verwaltungsschale und den repräsentierten Gegenständen gemacht. Der Body enthält für eine gegenstandsspezifische Ausprägung der Verwal-

tungsschale jeweils eine Menge von Teilmodellen.

Hinweis: Die Integrität der Verwaltungsschale an sich ist gegebenenfalls zu schützen. Je nach Anforderung ist wahlweise auch die Vertraulichkeit zu gewährleisten.

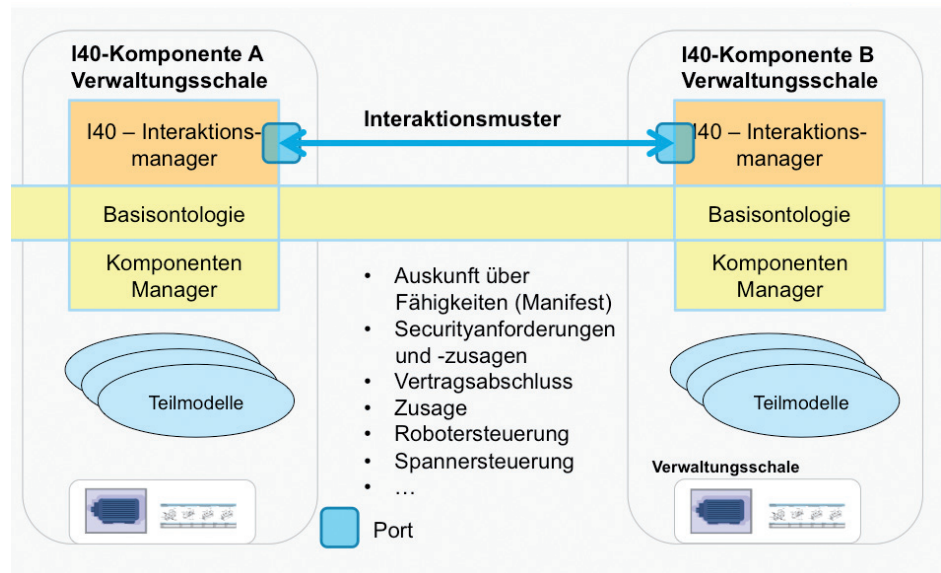
Merkmale, Daten und Funktionen werden auch Informationen tragen, auf die nicht jeder Partner innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks oder sogar innerhalb einer Organisationseinheit zugreifen darf

Bild 2: Struktur der Verwaltungsschale



Quelle: ZVEI

Bild 3: Ansatz der UAG Ontologie der Plattform Industrie 4.0 zur „Sprache der Industrie 4.0“



Quelle: Prof. Diedrich, Plattform Industrie 4.0 AG1, UAG Ontologie

oder deren Integrität sowie Verfügbarkeit gewahrt werden soll. Daher sollte die Struktur der Verwaltungsschale von Beginn an Aspekten wie Zugriffsschutz, Sichtbarkeit, Identität- und Rechtemanagement, Vertraulichkeit und Integrität Rechnung tragen können. Wenn die getätigte Risikobeurteilung es erlaubt, kann auch ein Zustand „Keine Security“ realisiert werden.

Jedes Teilmodell enthält eine strukturierte Menge von Merkmalen, die auf Daten und Funktionen verweisen können. Für die Merkmale ist ein einheitliches Format, das sich auf IEC 61360 stützt, vorgesehen. Daten und Funktionen können in unterschiedlichen, sich ergänzenden Datenformaten vorliegen.

Auf diese Weise bilden die Merkmale aller Teilmodelle ein immer lesbares Verzeichnis der wichtigsten Informationen oder eben das Manifest der Verwaltungsschale und damit der I4.0-Komponente. Um eine verbindliche Semantik zu ermöglichen, müssen Verwaltungsschalen, Gegenstände, Teilmodelle und Merkmale jeweils eindeutig identifiziert werden. Als globale Identifikatoren sind ISO 29002-5 (beispielsweise eCl@ss und IEC Common Data Dictionaries) und URIs (Unique Resource Identifiers, beispielsweise für Ontologien) zugelassen.

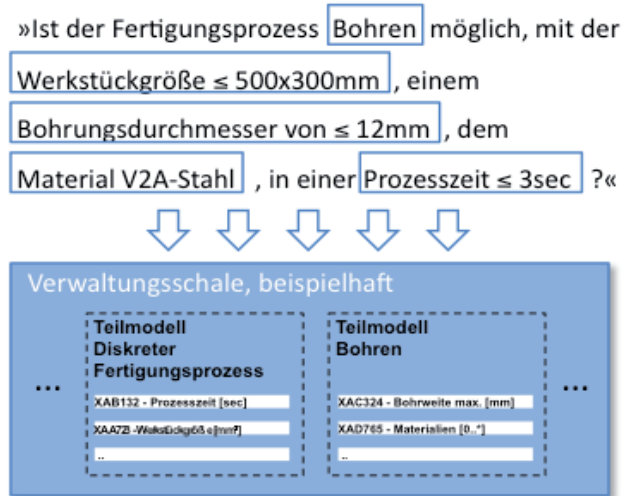
2.3 Interaktion zwischen I4.0-Komponenten

Die UAG Ontologie der Plattform Industrie 4.0 schlägt eine Art Sprache vor, mit der Interaktionsmuster zwischen I4.0-Komponenten abgebildet werden können.

Dabei übernimmt für jede I4.0-Komponente jeweils ein Interaktionsmanager die Abwicklung der Interaktionsmuster im Netzwerk von I4.0-Komponenten. Eine domänenunabhängige Basisontologie stellt die Verbindung zu den domänenspezifischen Teilmodellen in der Verwaltungsschale sicher.

Ein solches Interaktionsmuster kann beispielsweise die Verhandlung über Fähigkeiten zur Erbringung eines Fertigungsprozesses sein. Dabei könnten während der Verhandlung jeweils Anforderungs- und Zusicherungsmerkmale zur Anwendung kommen, die sich gegen einzelne der domänenspezifischen Teilmodelle in der Verwaltungsschale richten.

Bild 4: Beispiel, wie sich ein Interaktionsmuster gegen die domänenspezifischen Teilmodelle in der Verwaltungsschale richtet



Quelle: ZVEI

2.4 Funktionen von I4.0-Komponenten

Um die von I4.0-Komponenten repräsentierten Assets auf funktionaler Ebene einzubinden, ist es notwendig, eine standardisierte Beschreibung der zur Verfügung stehenden Funktionen (bzw. Fähigkeiten) der jeweiligen Assets bereitzustellen.

Die von einem Asset bereitgestellten Funktionen werden mittels Merkmalen beschrieben. Die Beschreibung ist unabhängig von der Beschreibung des Assets und kann sich beispielsweise gliedern in die Bestandteile.

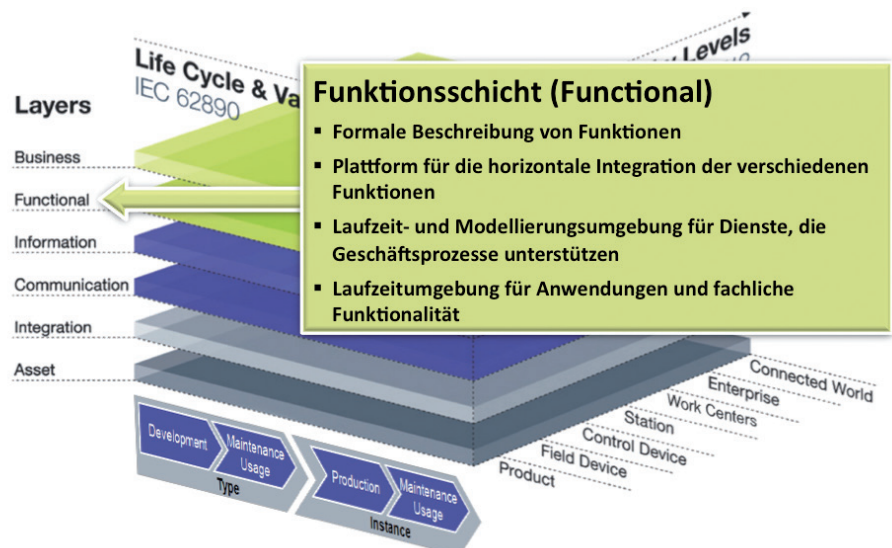
- Merkmale der Funktion (z. B. Funktionstyp, Parameter),
- Eingangsgrößen,
- Ausgangsgrößen.

Eingangs- und Ausgangsgrößen von Funktionen können Informationen über Materialien, Energie und Informationen sein, die mit ihren jeweiligen relevanten Eigenschaften beschrieben werden.

Die Beschreibung einer Funktion kann in die Beschreibung von Teilfunktionen gegliedert werden. Typen von Funktionen, Parameter und relevante Eingangs-/Ausgangsgrößen

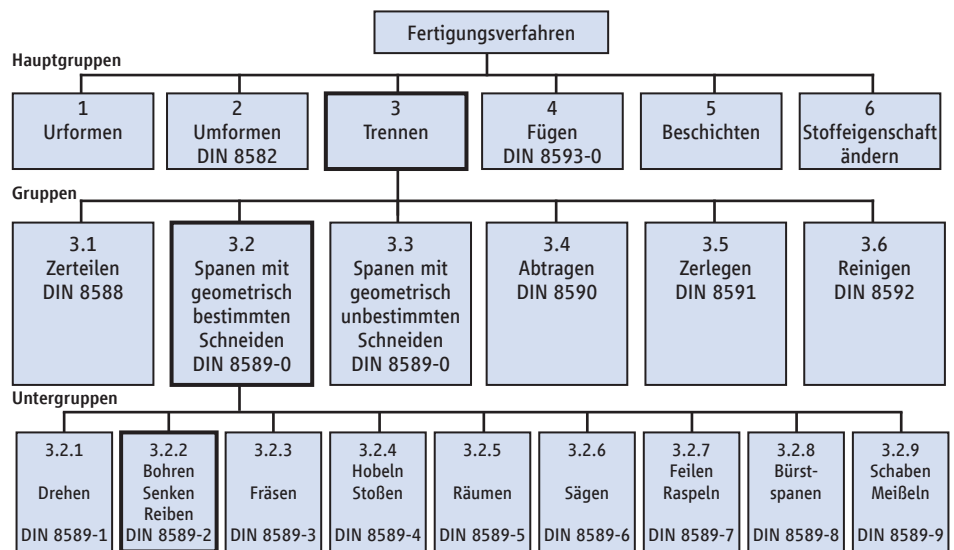
Bild 5: Beschreibung einer I4.0-Komponente auf funktionaler Ebene

Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)



Quelle: Plattform Industrie 4.0

**Bild 6: Beispiel für Teilmodelle von Funktionen:
Fertigungsverfahren entsprechend DIN 8580**



Quelle: Dr. Thomas Hardlich und ZVEI

lassen sich beispielsweise in entsprechenden Teilmodellen (z. B. basierend auf DIN 8580, siehe Bild) definieren.

Standardisierte Teilmodelle für die Beschreibung von Funktionen lassen sich nutzen, um Anforderungen für die Fertigung von Produkten zu definieren. Beispielsweise beschreibt ein Produkt die Anforderungen für notwendige Bearbeitungsfunktionen. Diese Anforderungen können dann mit den Beschreibungen der von einem Produktionsmittel bereitgestellten Bearbeitungsfunktionen verglichen werden.

Im Bild ist zum Beispiel die Herleitung für das Teilmodell „Bohren“ dargestellt. Ein Beispiel zur Beschreibung dieser Teilfunktion siehe Abschnitt 3.8.

Ein weiteres Beispiel für die detaillierte Beschreibung von Anforderungen für Automatisierungsfunktionen liefern die Betriebsmerkmalsleisten für Prozesskontrollgeräte (z. B. OLOP, operational list of properties, gemäß IEC 61987-11).

3 Beispielhafte Inhalte

In diesem Abschnitt werden einige beispielhafte Inhalte zu Teilmodellen erarbeitet. Diese Beispiele dienen ausschließlich dazu, ein synthetisches Szenario aufzubauen, das der Diskussion des gemeinsamen Verständnisses innerhalb der Industrie 4.0 dient. Sie erheben nicht den Anspruch, repräsentativ, ähnlich strukturiert oder gleichartig in den Umfängen der wirklichen späteren Teilmodelle zu sein. Eine spätere Ähnlichkeit wäre reiner Zufall.

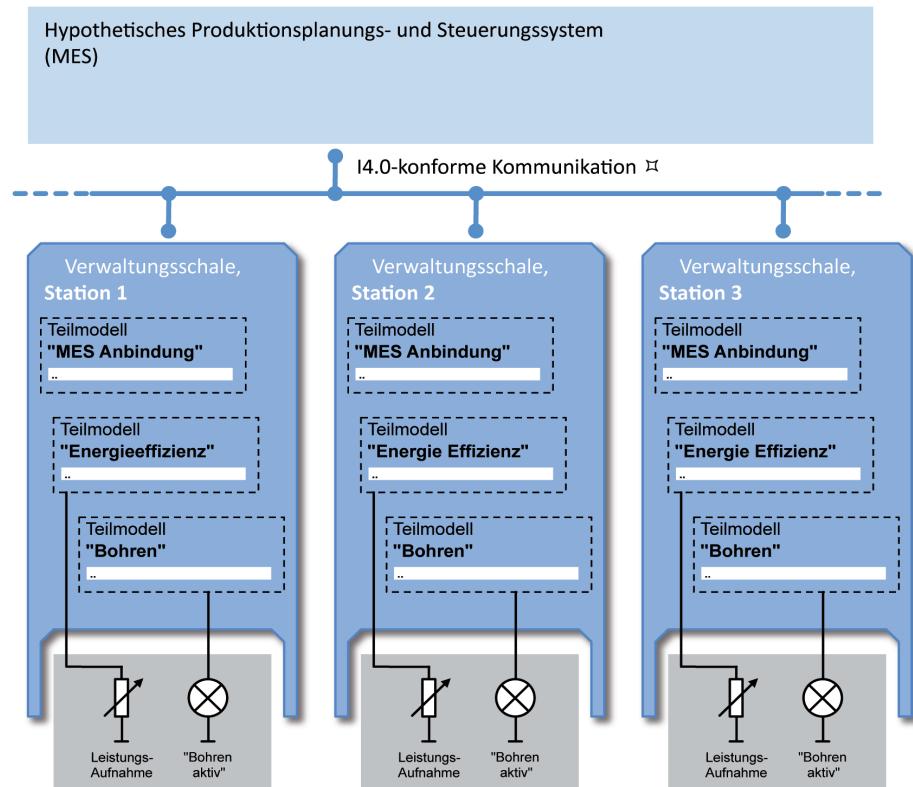
3.1 Szenario

Die dargestellten Inhalte sollen es erlauben, drei ähnliche I4.0-Komponenten abzubilden, die in einem Marktplatzszenario

um einen Fertigungsauftrag konkurrieren (siehe Abschnitt 2.3). Die Ausführung dieses Fertigungsauftrags soll abhängig von den Auftragsdaten unterschiedlich lang sein. Ein hypothetisches Produktionsplanungs- und Steuerungssystem (MES) soll das Marktplatzszenario und anschließend mehrere Fertigungsausführungen ansteuern.

Damit komplementiert das vorgestellte Szenario die Beispiele der UAG Ontologie, ohne ihnen zu sehr zu ähneln. Auch muss auf diese Weise keine große Anzahl unterschiedlichster hypothetischer Teilmodelle beschrieben werden.

Bild 7: Beispiele Teilmodelle für das Szenario



Quelle: ZVEI

Dieses Szenario ermöglicht es auch, schnell mehrere Einheiten zu einem anschaulichen Demonstrator zu bündeln. Dabei besteht die Möglichkeit, als Assets reale Steuerungen, Sensoren und Aktuatoren anzubinden. Als hypothetische Teilmodelle sind vorgesehen:

MES-Anbindung – Bindet über ein oder wenige Merkmale die Station an ein übergeordnetes MES-System an. Gibt beispielsweise an, ob die Station produzierend, produktionsbereit, gestört oder in Wartung ist.

Energieeffizienz – Gibt beispielhaft einige Angaben zur Energieeffizienz an. Diese können beispielsweise auch durch Sensoren geliefert werden.

Bohren – Enthält einige wenige Merkmale und auch Funktionen, um den Bohrprozess zu starten, abubrechen oder zu simulieren. Erlaubt es, einen externen Aktuator anzusteuern, um in einem Demonstrator die Aktivierung anzuzeigen.

Dokumentation – Ablegen von Dokumenten als komplexe Daten, beispielsweise PDF (nicht in der Abbildung gezeigt).

3.2 Definition von Merkmalen

Dieses Szenario versucht auch aufzuzeigen, dass die eigentliche Definition eines Merkmals in einem externen Dictionary geschehen kann, etwa in IEC CDD oder eCl@ss, während die instanziierten Teilmodelle in den Verwaltungsschalen diese Definitionen nutzen, um eine konkrete Ausprägung des Merkmals vorzunehmen. Der gleiche Mechanismus der Merkmalsausprägung wird auch im Nachrichtenaustausch des Interaktionsmodells für I4.0-Komponenten genutzt.¹

Daher wird in diesem Szenario angenommen, dass die Merkmale in einem externen Dictionary definiert werden. Sämtliche Merkmalsdefinitionen in diesem Dokument sind beispielhaft.

Für dieses Dokument werden die hypothetischen Merkmale nur durch einige wenige Datenfelder nach IEC 61360 definiert. Weitere Definitionen sollten getätigt werden, wenn diese Merkmale in realen Teilmodellen benötigt würden. Die genutzten Datenfelder sind:

¹ „Interaktionsmodell für Industrie 4.0-Komponenten“, Diskussionspapier der UAG Ontologie der Plattform Industrie 4.0, voraussichtlich November 2016.

Tabelle 1: Datenfelder Merkmale

Feld	Englische Bezeichnung	Erläuterung	Unterstützungsmaß	Beispiel
ID (Kennung)	ID	Identifikator nach ISO 29002-5, typischerweise hypothetisch für dieses Dokument. In Einzelfällen kann auch auf eine reale Merkmalsdefinition zurückgegriffen werden. Identifikatoren auch als URI definierbar ^[2]	verpflichtend	BAA120
Versionsnummer	Version number	Nummer zur Unterscheidung der Versionen eines Datenelementtyps	verpflichtend	007
Änderungsnummer	Revision number	Nummer zur administrativen Verwaltung eines Datenelementtyps	verpflichtend	01
(bevorzugter) Name	(preferred) Name	Aus einem Wort oder mehreren Wörtern bestehende Bezeichnung, die einem Datenelementtyp zugewiesen ist.	verpflichtend	max. Drehzahl
Kurzbezeichnung	Short name	Gekürzte Darstellung des bevorzugten Namens des Datenelementtyps.	verpflichtend	
Symbol des Formelzeichens	Preferred letter symbol	Fachspezifische Abkürzung	optional	n für Umdrehungen
Definition	Definition	Angabe, die eindeutig die Bedeutung eines Datenelementtyps beschreibt und dessen Unterscheidung von allen anderen Datenelementtypen gestattet.	verpflichtend	Höchste zulässige Drehzahl, mit welcher der Motor oder die Speiseinheit betrieben werden darf
Quelldokument für die Definition des Datentypelements	Source document of definition	Referenz auf weiterführende Dokumente, in denen die Definition enthalten ist	optional	http://industrie-i40.org/2016/interaction/negotiation/property_type/task_ref_number
Datentyp	Data type	Datentyp, mit dem eine IT-Implementierung Werte dieses Datentypelements repräsentiert ^[3]	verpflichtend	INTEGER_MEASURE
Werteformat	Value format	Festlegung von Art und Länge der Darstellung des Wertes eines Datenelementtyps. ^[4]	verpflichtend	NR1..5 oder andere
Maßeinheit	Unit of measure	Angabe der Einheit, in der der Wert eines quantitativen Datenelementtyps angegeben werden muss.	verpflichtend, „n. a.“ zulässig	1/min
Werteliste	Value list	Angabe der erlaubten Werte eines Datenelementtyps.	verpflichtend, „n. a.“ zulässig	0..8000

Anmerkung: Im folgenden Text werden die verkürzten Darstellungen für IDs verwendet, etwa BAA120 mit der Version 7 für die eCl@ss-Definition einer Drehzahl eines Synchronmotors mit vollständiger ID „0173-1#02-BAA120#007“.

Anmerkung: Der Begriff Identifikation ist differenziert zu betrachten. In diesem Dokument wird der Begriff Identifikator in den Tabellen mit ID abgekürzt. Als Erweiterung zu den Identifikatoren spricht das Dokument der Plattform Industrie 4.0 AG 3 „Sichere Identitäten“ bewusst von einem gestuften Modell (Identitäten, eindeutige Identitäten, sichere Identitäten), um je nach Anwendungsfall verschiedene Auswahloptionen zu bieten.

² Die angegebene Identifikatorsyntax ist abweichend von der Definition nach IEC 61360-1 zulässig

³ Datentypangaben, wie in der IT üblich sind abweichend von der Definition nach IEC 61360-1 zulässig

⁴ Syntax der Angaben abweichend von der Definition nach IEC 61360-1

3.3 Ausprägung von Merkmalen – Teilmodelle

Die hypothetischen Teilmodelle für dieses Beispiel werden in Form von einfachen Tabellen erarbeitet. Dabei sind die Felder der genutzten Merkmale aus Gründen der

Anschaulichkeit in der Tabelle gespiegelt; laut Abschnitt 3.2 erfolgt die Definition der Merkmale weiterhin in den jeweiligen Dictionaries. Die Teilmodelle treffen damit jeweils Ausprägungen, zumeist als Zusicherung oder Messwert.

Tabelle 2: Datenfelder Teilmodell

Feld	Englische Bezeichnung	Erläuterung	Unterstützungsmaß	Beispiel
Hierarchie	Hierarchy	Erlaubt es, die hierarchische und abzählbare Strukturierung der Merkmale im Teilmodell nach Anforderung (p) ^[5] anzudeuten.	verpflichtend	+++
ID (Kennung)	ID	(siehe oben)	verpflichtend	
(bevorzugter) Name	Preferred name	(siehe oben)	verpflichtend	
Definition	Definition	(siehe oben)	verpflichtend	
Maßeinheit	Unit of measure	(siehe oben)	verpflichtend, „n. a.“ zulässig	
Datentyp	Data type	(siehe oben)	verpflichtend	
Werteliste	Value list	(siehe oben)	verpflichtend, „n. a.“ zulässig	
Wert	Value	Aktueller Wert, der beispielsweise durch ein instanziiertes Teilmodell (etwa in der Station 2) oder durch ein Asset vorgegeben werden kann	optional	2250 1/min
Ausprägungsaussage	Expression semantic	Gibt an, welche Rolle das Merkmal in einer Interaktion spielt, d. h. welche Aussage von dem Bereitsteller des Merkmals beabsichtigt ist. Gültige Werte sind: • Anforderung (bei Anfragen, die zu bestätigen oder abzulehnen sind) • Zusicherungen (bei Antworten auf Anfragen, die die Fähigkeit eines Assets beschreiben) • Messwert (wenn die gemessene Maßzahl bereitgestellt wird)	verpflichtend, „n. a.“ zulässig	Anforderung, Zusicherung, Messwert auf Englisch: Requirement, Confirmation, Measurement
Ausprägungslogik	Expression logic	Gibt an, welche Funktion angewendet werden soll, wenn verschiedene Ausprägungsaussagen miteinander verglichen werden sollen	optional	Gleich, größer gleich, kleiner gleich, zwischen den Wertegrenzen
Sicht	View	Kennzeichnet, mit welcher/welchen Sicht(en) das Merkmal assoziiert sein soll	verpflichtend	Business
R/D/F/A/-	R/D/F/A/-	Kennzeichen, ob in den nächsten Spalten entweder eine Referenz, ein komplexer Dateninhalt oder eine Funktionalität genannt werden. A steht für Anmerkung.	verpflichtend, „n. a.“ zulässig	F
Inhalt	Contents	Beschreibung der Referenz (was wird referenziert), des Dateninhalts (auf was wird verwiesen, in welchem Format) oder der Funktionalität (wo ist diese deployed, wie ist sie repräsentiert, was beinhaltet diese Funktionalität). Wenn Kennzeichen = A, dann einfache Bemerkung zu einem Inhalt der Zeile.	verpflichtend, sofern nicht '-' oben	Funktionsbaustein-Bibliothek nach IEC 61131, die in die nächste 61131-kompatible Steuerung deployed werden sollte.

Anmerkung: In den beispielhaften Darstellungen ab Abschnitt 3.6 wird „-“ für „n. a.“ verwendet. Dies dient einzig der einfacheren Lesbarkeit in diesem Diskussionspapier.

^[5] Siehe Papier „Struktur der Verwaltungsschale – V2“

3.4 Verabredung von Teilmodellen für verschiedene Domänen

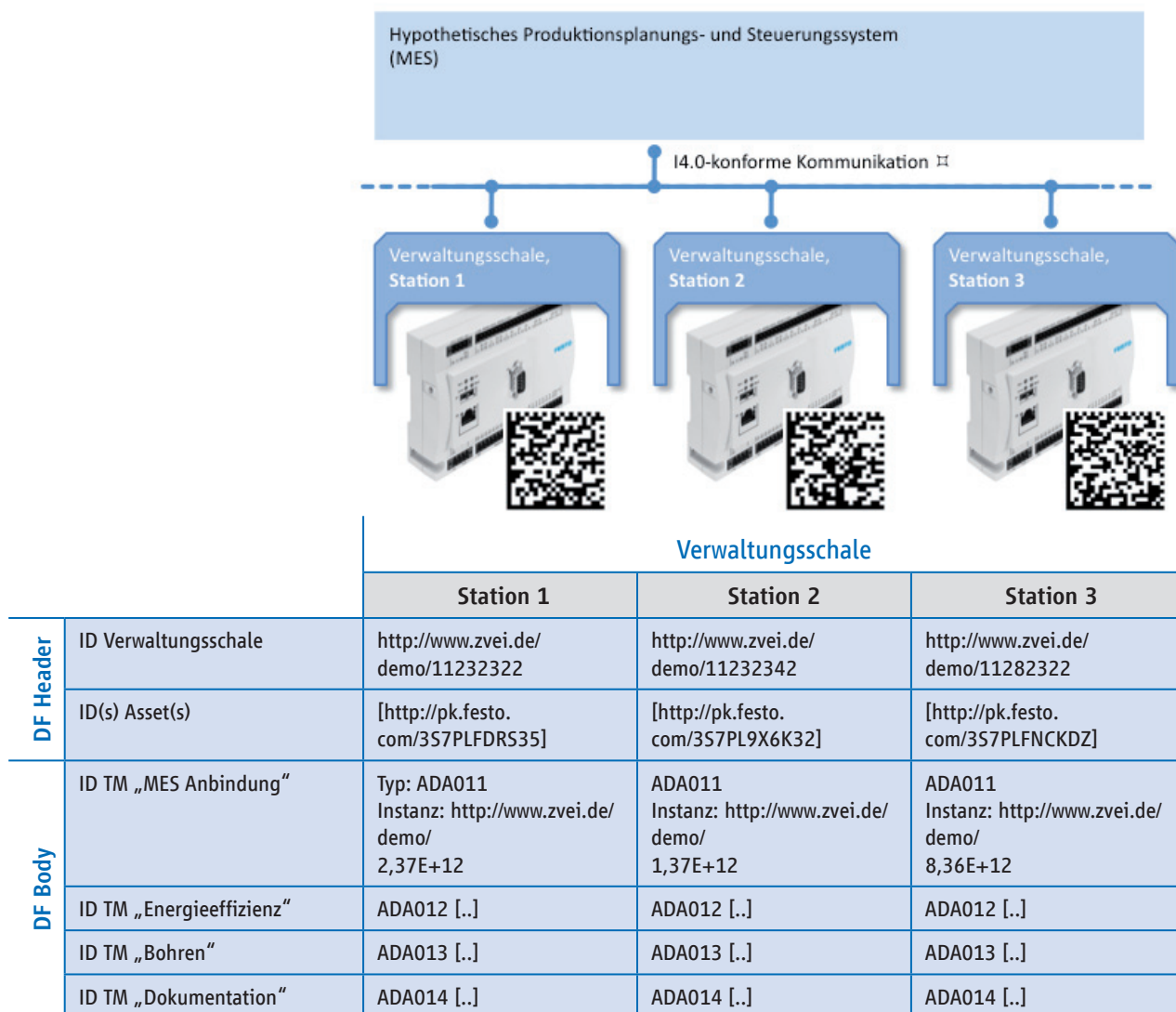
Die Repräsentation als einfache Tabelle zeigt auch die Möglichkeit auf, wie eine Diskussion von Inhalten und Teilmodellen mit verschiedensten Expertengruppen auch dezentralisiert geleistet werden kann.

Daher wird empfohlen, eine solche Tabelle auch als Diskussionsgrundlage zu verwenden. Dieses Werkzeug kann auch Bestandteil eines Beratungsprozesses⁶ sein.

3.5 Beispielangaben für die allgemeinen Verwaltungsschalen

Die folgende Abbildung (Bild 8) gibt einen Überblick über die Identifikatoren, die in den drei hypothetischen Verwaltungsschalen der drei Stationen erstellt werden. Der jeweilige DF Header⁷ hält im Wesentlichen die Identifikatoren für die Verwaltungsschale und die jeweiligen Assets, im Beispielfall jeweils eine Steuerung.

Bild 8: Identifikation im beispielhaften Szenario



Quelle: ZVEI

⁶ Siehe Papier „Struktur der Verwaltungsschale – V2“, Abschnitt 4.1

⁷ DF wg. Digital Factory, IEC 62832 CD2

3.6 Teilmodell „MES-Anbindung“

Dieses hypothetische Teilmodell möchte in denkbar einfachster Weise eine Anbindung an ein MES-System zeigen. Dieses Beispiel

spiegelt hier nur den aktuellen Zustand einer Maschine wider; eine Beeinflussung etwa geschieht durch ein anderes Teilmodell.

Tabelle 3: Teilmodell „MES-Anbindung“

Merkmalsdefinition							Merkmalsausprägung					
Hierarchy	ID	(preferred) Name	Definition	Unit of measure	Data type	Value list	Value	Expression semantic	Expression logic	Views	R/D/F/A/-	Contents
I	AAA020	Asset production status	This property determines, if the associated asset is able to execute a production task at the time being.	–	ENUM	{Idle, Running, Failure, Restrained, Scheduled down, Unscheduled down}	Running	Measurement	Equal	Business	D	-
I	AAA021	Operating hours	This property determines, how long cumulatively the associated asset was switched on ‚mains‘.	s	INT64	0..*	153453 s	Measurement	Equal	Performance	D	-

Anmerkung: Die Formulierung eines realen Teilmodells würde sich beispielsweise an den Definitionen des Arbeitskreises MES des ZVEI ausrichten.

3.7 Teilmodell „Energieeffizienz“

Dieses hypothetische Teilmodell möchte beispielhaft aufzeigen, wie aktuelle Ver-

brauchskennwerte durch Assets und ihre Verwaltungsschalen bereitgestellt werden können.

Tabelle 4: Teilmodell „Energieeffizienz“

Merkmalsdefinition							Merkmalsausprägung					
Hierarchy	ID	(preferred) Name	Definition	Unit of measure	Data type	Value list	Value	Expression semantic	Expression logic	Views	R/D/F/A/-	Contents
+++	AAB010	Electrical energy	This is a group of properties concerning about electrical energy consumption.	-	-	-	-	-	-	Performance	-	
I	AAB011	Electrical consumption actual	Current, actual electrical consumption.	W	REAL	0..*	93.6 [W]	Measurement	Equal	Performance	-	
--I	AAB012	Electrical consumption cumulative energy	Integrated electrical consumption over time.	Wh	REAL	0..*	118.86 [Wh]	Measurement	Equal	Performance	-	
--I	AAB013	Electrical consumption cumulative start date	Date and time the integration of electrical consumption was started.	-	UTC Date & Time	n/a	2002-05-30T09:30:10Z	Measurement	Equal	Performance	A	For XML UTC time format see: http://www.w3schools.com/xml/schema_dtypes_date.asp
+++	AAB020	Pneumatic energy	This is a group of properties concerning about pneumatic energy consumption.	-	-	-	-	-	-	Performance	-	
--I	AAB021	Actual supply pressure	Supply pressure of the asset sensed at the inlet of the asset.	bar	REAL	0..*	8 [bar]	Measurement	Equal	Performance	-	
--I	AAB022	Pneumatic consumption actual	Current, actual pneumatic consumption.	l/h	REAL	0..*	212 [l/h]	Measurement	Equal	Performance	-	
--I	AAB023	Pneumatic consumption cumulative energy	Integrated pneumatic consumption over time.	l	REAL	0..*	3424 [l]	Measurement	Equal	Performance	-	
--I	AAB024	Pneumatic consumption cumulative start date	Date and time the integration of electrical consumption was started.	-	UTC Date & Time	n/a	2002-05-30T09:30:10Z	Measurement	Equal	Performance	-	

3.8 Teilmodell „Bohren“

Dieses hypothetische Teilmodell möchte beispielhaft aufzeigen, wie Zusicherungs-

merkmale gesetzt werden können und Funktionalitäten für Simulation und Programmausführung aufgerufen werden können.

Tabelle 5: Teilmodell „Bohren“

<div> <div>Merkmalsdefinition</div> <div>Merkmalsausprägung</div> </div>												
Hierarchy	ID	(preferred) Name	Definition	Unit of measure	Data type	Value list	Value	Expression semantic	Expression logic	Views	R/D/F/A/-	Contents
I	AAC001	Drill tool diameter max.	Maximum diameter of drill tool which can be toolled in	mm	REAL	0..*	12 [mm]	Confirmation	Less Than	Performance	-	-
I	AAC002	Drill revolutions per minute max.	Maximum revolutions per minute for drill while drilling	1/min	REAL	0..*	2000 [1/min]	Confirmation	Less Than	Performance	-	-
F=	AAC003	Simulate drill time	Determined by simulation or estimated the process time for whole drilling process	sec	REAL	0..*	0.21 [sec]	Confirmation	Less Than	Performance	F	Synchronous function call, taking the input parameters (AAC004.. AAC007) and returning one REAL
--I	AAC004	Drill tool diameter	Tool diameter to use	mm	REAL	0..*	5 [mm]	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC005	Drill feed rate	Feed rate to be used	mm/sec	REAL	0..*	3 [mm/sec]	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC006	Drill depth	Depth to drill to	mm.	REAL	0..*	8.2 [mm]	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC007	Work piece material	Material class to drill in	-	® CAA001	-	CAA005	-	-	Performance	-	
F=	AAC008	Start drill program	Starting preconfigured drill program	-	® CAB001	-	-	-	-	Performance	F	Asynchronously starts the drill program and returns immediately with success/error
--I	AAC004	Drill tool diameter	Tool diameter to use	mm	REAL	0..*	5 [mm]	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC005	Drill feed rate	Feed rate to be used	mm/sec	REAL	0..*	3 [mm/sec]	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC006	Drill depth	Depth to drill to	mm	REAL	0..*	8.2 [mm]	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC007	Work piece material	Material class to drill in	-	® CAA001	-	CAA007	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC009	Drill position X	X coordinate to drill	mm	REAL	0..*	12 [mm]	Requirement	Equal	Performance	-	
--I	AAC010	Drill position Y	Y coordinate to drill	mm	REAL	0..*	42 [mm]	Requirement	Equal	Performance	-	
F=	AAC011	Abort drill programm	Abort current drill program	-	® CAB001	-	-	-	-	Performance	F	Asynchronously aborts the drill program and returns immediately success/error

Die folgende Klassifikation von Materialien, ebenfalls über Merkmale, wird hypothetisch angenommen:

Tabelle 6: Beispielhafte Klassifikation von Materialien

Hierarchy	ID	Name	Definition
+	CAA001	Material	
++	CAA002	Metal	
+++	CAA003	Non-alloy	
++++	CAA004	Steel	
++++-	CAA005	S275JR	
+++++	CAA006	Aluminum	
++++-	CAA007	AW-6060	
++++-	CAA008	AW-7020	
+++++	CAA009	Alloy	
+++++	CAA010	Copper	
++++-	CAA011	CR004A	

Die folgende Klassifikation strukturiert allgemeine Erfolgs-/Fehlerwerte für Programmaufrufe. Für genauere Fehlermeldungen können Hierarchien aufgebaut werden, sodass gleichzeitig ein einfaches Überprüfen auf OK-/NOK-Klassen möglich ist.

Tabelle 7: Beispielhafte Klassifikation von Erfolgs-/Fehlerwerten

Hierarchy	ID	Name	Definition
	CAB001	OP OK	Operation successful
+	CAB002	OP NOK	Operation unsuccessful
+	CAB003	OP INV	Operation unsuccessful, because preconditions were invalid/ not met

3.9 Teilmodell „Dokumentation“

Dieses hypothetische Teilmodell möchte

aufzeigen, wie komplexe Datenelemente verortet werden könnten.

Tabelle 8: Teilmodell „Dokumentation“

<div> <div>Merkmalsdefinition</div> <div>Merkmalsausprägung</div> </div>												
Hier- archy	ID	(preferred) Name	Definition	Unit of measure	Data type	Value list	Value	Expression semantic	Expression logic	Views	R/D/ F/A/-	Contents
+-	AAD001	Documen- tation item	Groups multiple properties towards an item.	-	Set of properties	-	-	-	-	Design	A	Multiple items with the same ID "AAD001" shall be possible.
--	AAD002	Asset ID	Respective asset ID of documentation item	-	STRING	-	http:// pk.festo.com 3S7PLFDRS35	Confirmation	Equal	Design	A	"" for de- fault, if only one asset in administrati- on shell.
--	AAD003	Doc. item type	Type of documentation	-	® CAC001	-		Confirmation	Equal	Design	-	
--	AAD004	Doc. item title	Title of documentation	-	STRING	-	"Analogue modules for .."	Confirmation	Equal	Design	-	
--	AAD005	Doc. item file name	File name of the associated data file, as provided by the supplier	-	STRING	-	"CPX_AM01. PDF"	Confirmation	Equal	Design	-	
--	AAD006	Doc. item version	Version of the documentation	-	STRING	"1.1"	"2.0.0"	Confirmation	Equal	Design	-	
--	AAD007	Doc. item data format	Date format of the complex data object		® CAD001	CAD001	CAD001 == PDF	Confirmation	Equal	Design	-	
--	AAD008	Doc. item BLOB	Complex data object of the docu- mentation item	-	BLOB	-	-	Confirmation	Equal	Design	-	

Anmerkung: Für eine tatsächliche Defini-
tion des Teilmodells könnten zum Beispiel
die Festlegungen des VDI 2770, die des AK

Produktdaten oder des „dublin core“ heran-
gezogen werden.

Die folgende Klassifikation von verschiedenen Arten von Dokumentation wird hypothetisch angenommen (nach VDI 2770):

Tabelle 9: Beispielhafte Klassifikation von Arten von Dokumentationsfeldern

Hierarchy	ID	Name	Definition
+	CAC001	Documentation	Every kind of documentation
++	CAC002	Technical documents	
++-	CAC003	Technical Specification	Data record sheet, stress analysis, specification sheet,
++-	CAC004	Drawings / Schematics	Exploded drawing, 3D model,
++-	CAC005	Bill of materials	Bill of material
++-	CAC006	Certifications	Atex certificate, declaration of conformity,..
++	CAC007	Activity related documents	
++-	CAC008	Assembly / Implementing / Dismantling	Assembly instruction, floor plan, ...
++-	CAC009	Operation	Instruction for use, IBN instruction
++-	CAC010	Safety	Safety instructions
++-	CAC011	Inspection / Maintenance/ Assessment	Maintenance timetable, calibration instruction, ..
++-	CAC012	Repair / Service	Repair instruction, spare part list, ...
++	CAC013	Contract documents	
++-	CAC014	Contract documents	Bill of delivery, invoice, ...

Die folgende Klassifikation von zulässigen Dateiformaten für Dokumentation wird hypothetisch angenommen:

Tabelle 10: Beispielhafte Klassifikation von Dateiformaten von Dokumentationsfeldern

Hierarchy	ID	Name	Definition
+	CAD001	Documentation data formats	Allowed data formats for I4.0 Documentations
--	CAD002	PDF	PDF file, cold standard
--	CAD003	HTML	Single file HTML file

3.10 Diskussion zu einzelnen Merkmalen

Dieser Abschnitt befasst sich tiefergehend mit einzelnen Aspekten von genutzten Merkmalen, etwa bezogen auf eine mög-

liche technische Umsetzung, ein Demonstrationsszenario, eine Erläuterung etc. Die Merkmale, auch die einzelnen Entitäten der Teilmodelle, werden durch die Merkmals-ID referenziert.

Tabelle 11: Diskussionen zu einzelnen Merkmalen

ID	Diskussion
AAA001	Nutzung eines ENUMS. Wie kann dieser „sprechend“ über das API der Verwaltungsschale genutzt werden? Inspiriert durch SEMI / OEE. Siehe http://www.oestandard.com/eng/eng_4_definition.html . Es ist zu prüfen, ob anstelle eines ENUMS ein Rückgabewert auf eine Klassifikation zurückgegeben werden sollte (→AAC008); damit wäre eine feingranulare Klassifikation, zum Beispiel die eines Stillstands, möglich.
AAA002	Sollte im Sekundentakt monoton hochzählen. Kann in einem Asset (Steuerung) zum Beispiel durch eine remanente Variable abgebildet werden.
AAB010	Dieses Merkmal dient dazu, eine Gruppe von Merkmalen bezüglich „Electrical energy“ im Teilmodell hierarchisch zu organisieren. Dieses Merkmal hält daher nicht direkt Merkmalswerte und könnte, als rein organisatorisch, auch in einem anderen „Dictionary“ oder auch als URL, etwa „www.zvei.de/demo/9892843“ angelegt werden.
AAB013	Hier ist zu klären, ob IEC61360 eine eindeutige Repräsentation für Datum & Uhrzeit kennt. Andernfalls könnte die XML-Spezifikation herangezogen werden. Eine Speicherung in UTC (ohne Zeitzone) ist vorzusehen.
AAC001 .. AAC002	Diese Merkmale zeigen (in absolut ungenügender Weise!) die Beschränkungen der Prozessfähigkeit „Bohren“ auf (Zusicherungsmerkmale?). Ein einfaches Überprüfen auf Einzelmerkmalsebene wird wahrscheinlich nicht hinreichend sein für die Identifikation von geeigneten Assets für ein Werkstück (→Verhandlungsmodelle in der UAG Ontologie).
AAC003	Dieses Merkmal verweist auf eine Funktion „Simulate drill time“, die mehrere Eingangsparameter auf einen Ausgangsparameter abbildet. Das „Resultatmerkmal“ ist gleichzeitig der Rückgabewert dieser Funktion.
AAC004 .. AAC007	Diese Merkmale bilden die Eingangsparameter der Funktion. Es ist zu prüfen, ob sie als reines Merkmal des Teilmodells ausgebildet sein sollten (Fall a) oder ob sie tatsächlich nur eine semantische Annotation eines Funktions- oder Prozeduraufrufs in dieser Tabelle darstellen sollten. Der Fall a wäre informatorisch elegant und würde es auch zulassen, mehrere nebenläufige Funktionsaufrufe zur gleichen Zeit zu starten. Für eine Planung wäre dies sicherlich von Vorteil. Der Fall b, bei dem die Parameterübergabe faktisch durch reine Merkmale geschehen würde, ist konzeptionell einfacher und würde es erlauben, genau die gleichen Merkmale für mehrere Funktions- oder Prozeduraufrufe zu nutzen (etwa „Simulieren Bohren“, „Emulieren Bohren“ und „Ausführen Bohren“).
AAC007	Das Merkmal „Work piece material“ verweist auf Unterelemente einer Klassifikation ab „CAA001“. Auf diese Weise kann eine semantisch eindeutige und konsensual verabredete Klassifikation zu bearbeitender Materialien geschehen.
CAA001 .. CAA011	Einzelne, strukturiert klassifizierte Materialien, die in einem Fertigungsprozess verwendet werden könnten. Bemerkung: Diese Klassifikation ist nicht zu unterschätzen. Für Stahl beispielsweise gibt es Hunderte von Stahlsorten nach verschiedenen Normen; die Eigenschaften der Stähle variieren dabei deutlich.

AAC008	<p>Dieses Merkmal verweist auf den Programmaufruf „Start drill program“. Im Gegensatz zu AAC003 startet dieser Aufruf eine länger andauernde und höchstwahrscheinlich ressourcenblockierende Funktionalität des Assets, nämlich die Ausführung des Bohrprogramms.</p> <p>Entsprechend sollte Merkmal „AAA001“ (MES-Anbindung) auf „Running“ gesetzt werden. Der Wert des sofort asynchron zurückkehrenden Aufrufs, also das eigentliche Merkmal, verweist auf eine Klassifikation, die allgemeine Fehlerwerte für Programmaufrufe strukturiert. Auf diese Weise kann sowohl eine einfache Ja-/Nein- als auch eine ausführlichere Fehlermeldung zurückgegeben werden.</p>
CAB001 .. CAB003	Einzelne, strukturiert klassifizierte Fehlerwerte eines Programmaufrufs.
AAC009 .. AAC010	Für den Programmaufruf „Bohren“ zu verwendende Bohrposition. Es ist zu prüfen, wie mehrere Bohrpositionen und -parametersätze gebündelt übermittelt werden könnten.
AAC011	Bricht das aktuell ausgeführte Bohrprogramm ab. Verweist auf die entsprechende, asynchrone Funktionalität. Entsprechend sollte Merkmal „AAA001“ (MES-Anbindung) auf „Idle“ gesetzt werden.
AAD001	Es sollten mehrere, verschiedene Dokumentationen in der Verwaltungsschale je Asset gehalten werden können. Zu jeder Dokumentation sind mehrere Angaben nötig.
AAD002	Dokumentationen sollten für ein spezielles Asset der Verwaltungsschale abgelegt werden können, falls sich die Verwaltungsschale auf mehrere Assets bezieht.
AAD003	Mit diesem Merkmal passiert wiederum eine Klassifikation auf verschiedene Typen von Dokumentationen mit Verweis auf Klassifikationshierarchie „CAC001“.
AAD005 .. AAD006	Dateiname und Version sollten gehalten werden, auch um eine Abstimmung mit Serverinhalten des Herstellers zu erlauben.
AAD006	Es wird davon ausgegangen, dass im Regelfall nur eine Version einer Dokumentation in der Verwaltungsschale verfügbar gemacht wird. Diese Version sollte mit der Hardware- und Softwarekonfiguration des Assets übereinstimmen.
AAD007	<p>Mit diesem Merkmal passiert wiederum eine Klassifikation auf verschiedene Dateiformate von Dokumentationen mit Verweis auf Klassifikationshierarchie „CAD001“.</p> <p>Bemerkung: Aus Sicht maximaler Stringenz sollte angestrebt werden, dass das Teilmodell diese Dateiformate vorgibt; nicht das „genutzte“ Klassifikations-Dictionary, wie zum Beispiel eCl@ss.</p>
AAD008	Mit diesem Merkmal erfolgt ein Verweis auf ein komplexes Datenobjekt in der Verwaltungsschale („BLOB“).
CAD002	Es ist zu prüfen, wie die Aufnahme von Bildern in einer einfachen HTML-Datei nach Standard zu realisieren ist.

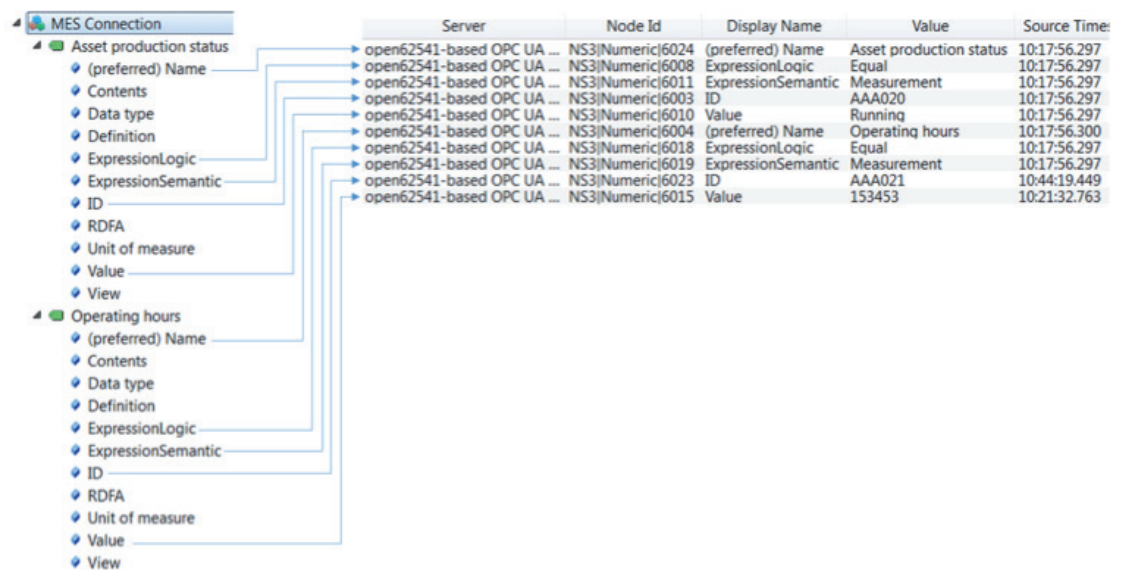
4 Darstellung der Teilmodelle in beispielhaften Implementierungen

4.1 OPC-UA-Sicht auf Teilmodell „MES-Anbindung“

Der folgende Abschnitt zeigt, wie die Informationen aus einem Teilmodell aus Abschnitt 3 für eine beispielhafte Implementierung auf zugreifenden Systemen und Anwendern dargestellt wurden.

Die folgende Darstellung zeigt exemplarisch, wie das Teilmodell aus Abschnitt 3.6 „MES-Anbindung“ in der Modellinteraktion mit einem OPC-UA-Klienten dargestellt wird. Nur ausgewählte Datenelemente sind aufgeführt und alphanumerisch, nicht in der Reihenfolge der Tabelle sortiert.

Bild 9: Beispielhafte Ansicht eines Teilmodells in einem OPC-UA-Klienten



Quelle: Florian Palm, RWTH Aachen Projekt „Open AAS“

Auf diese Weise stehen alle Informationen des Teilmodells einem OPC-UA-Klienten zum Lesen und Schreiben offen⁸ und können auch hierarchisch durchsucht werden.

Davon unbenommen ist natürlich auch der Zugriff über eine nachrichtenorientierte I4.0-konforme Kommunikation.

⁸ Vorbehaltlich entsprechender Zugriffsrechte.

Autorenliste

Dr. Heinz Bedenbender, VDI - Verein Deutscher Ingenieure e. V.
Meik Billmann, ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.
Prof. Dr. Ulrich Epple, RWTH Aachen
Dr.-Ing. Thomas Hadlich, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Martin Hankel, Bosch Rexroth AG
Dipl.-Ing. Roland Heidel, Roland Heidel Kommunikationslösungen e.K.
Oliver Hillermeier, SAP SE
Dr.-Ing. Michael Hoffmeister, Festo AG & Co. KG
Dipl.-Ing. Haimo Huhle, ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.
Michael Jochem, Robert Bosch GmbH
Markus Kiele-Dunsche, Lenze Automation GmbH
Gunther Koschnick, ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.
Dr. Heiko Koziol, ABB AG
Lukas Linke, ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.
Dr. Steffen Lohmann, Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS)
Florian Palm, RWTH Aachen – Lehrstuhl für Prozessleittechnik
Reinhold Pichler, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Dipl.-Ing. Stefan Pollmeier, ESR Pollmeier GmbH
Dipl.-Ing. Benedikt Rauscher, Pepperl + Fuchs GmbH
Frank Schewe, Phoenix Contact Electronics GmbH
Karsten Schneider, Siemens AG
Bernd Waser, Murrelektronik GmbH
Ingo Weber, Siemens AG
Prof. Dr.-Ing. Martin Wollschläger, Technische Universität Dresden (INF)
Dr. Marcus Zinn, Schneider Electric Automation GmbH

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Bild 1: Mögliche Teilmodelle einer Verwaltungsschale	Seite 5
Bild 2: Struktur der Verwaltungsschale	Seite 5
Bild 3: Ansatz der UAG Ontologie der Plattform Industrie 4.0 zur „Sprache der Industrie 4.0“	Seite 6
Bild 4: Beispiel, wie sich ein Interaktionsmuster gegen die domänenspezifischen Teilmodelle in der Verwaltungsschale richtet	Seite 7
Bild 5: Beschreibung einer I4.0-Komponente auf funktionaler Ebene	Seite 7
Bild 6: Beispiel für Teilmodelle von Funktionen: Fertigungsverfahren entsprechend DIN 8580	Seite 8
Bild 7: Beispiele Teilmodelle für das Szenario	Seite 9
Bild 8: Identifikation im beispielhaften Szenario	Seite 12
Bild 9: Beispielhafte Ansicht eines Teilmodells in einem PPC-UA-Klienten	Seite 21
Tabelle 1: Datenfelder Merkmale	Seite 10
Tabelle 2: Datenfelder Teilmodell	Seite 11
Tabelle 3: Teilmodelle „MES-Anbindung“	Seite 13
Tabelle 4: Teilmodell „Energieeffizienz“	Seite 14
Tabelle 5: Teilmodell „Bohren“	Seite 15
Tabelle 6: Beispielhafte Klassifikation von Materialien	Seite 16
Tabelle 7: Beispielhafte Klassifikation von Erfolgs-/Fehlerwerten	Seite 16
Tabelle 8: Teilmodell „Dokumentation“	Seite 17
Tabelle 9: Beispielhafte Klassifikation von Arten von Dokumentationsfeldern	Seite 18
Tabelle 10: Beispielhafte Klassifikation von Dateiformaten von Dokumentationsfeldern	Seite 18
Tabelle 11: Diskussionen zu einzelnen Merkmalen	Seite 19



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6302-0
Fax: +49 69 6302-317
E-Mail: zvei@zvei.org
www.zvei.org