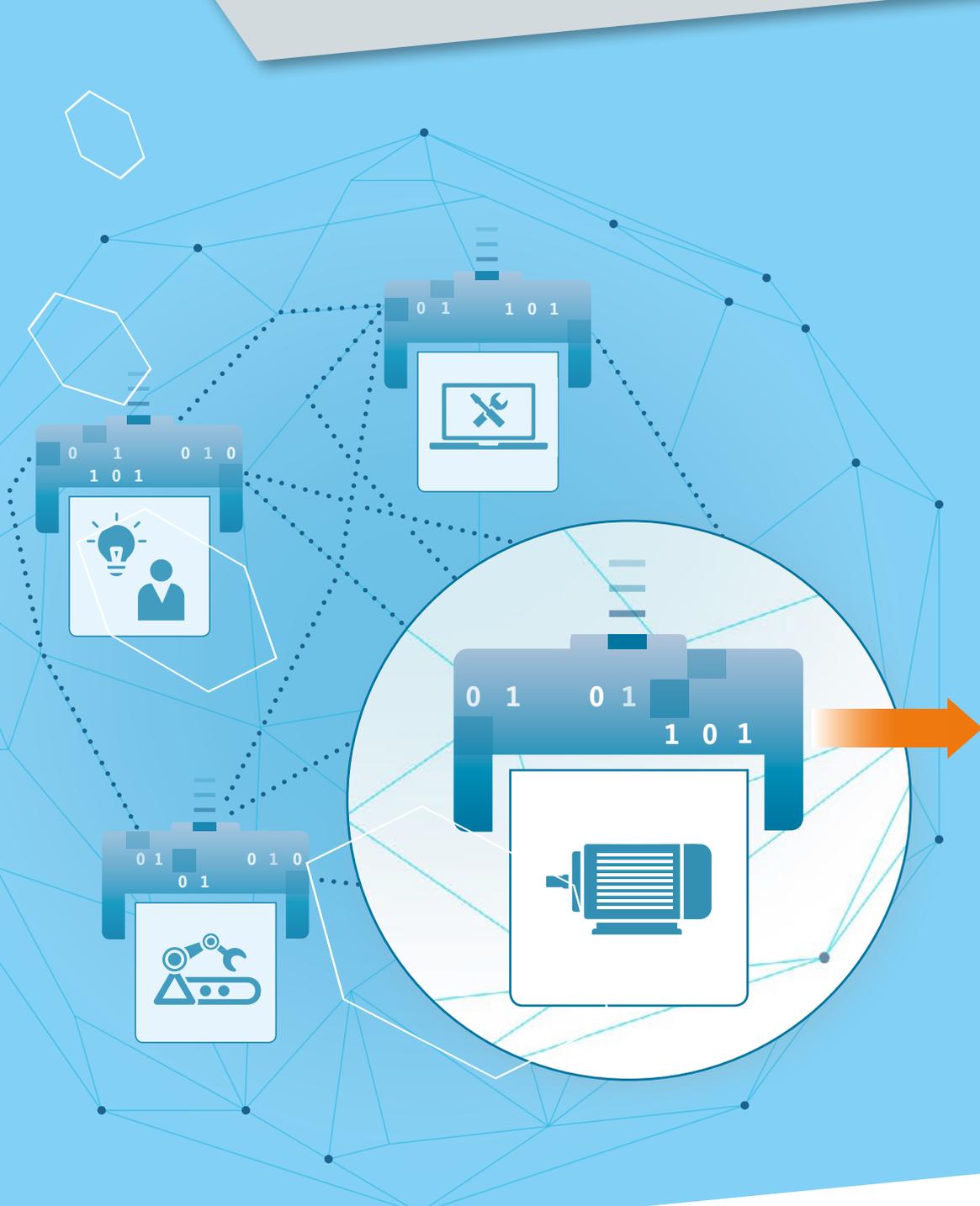


## DISKUSSIONSPAPIER



Teilmodell

Teilmodell

Teilmodell

**Teilmodell  
Produkt-Identifikation**

- Merkmal 1
- Merkmal 2
- Merkmal n

**Teilmodell  
Dokumentation**

- Merkmal 1
- Merkmal 2
- Merkmal n

**Teilmodell  
Zustandsüberwachung**

- Merkmal 1
- Merkmal 2
- Merkmal n

Teilmodell

# Verwaltungsschale in der Praxis

Wie definiere ich Teilmodelle, beispielhafte Teilmodelle und Interaktion zwischen Verwaltungsschalen (Version 1.0)

## Impressum

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Wirtschaft  
und Energie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

### **Redaktionelle Verantwortung**

Geschäftsstelle Plattform Industrie 4.0  
Bülowstraße 78  
10783 Berlin

### **Gestaltung**

PRpetuum GmbH, 80801 München

### **Stand**

Juli 2020

### **Bildnachweis**

Plattform Industrie 4.0;  
Anna Salari, designed by freepik (Titel)

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.



**Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:**  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

### **Zentraler Bestellservice:**

Telefon: 030 182722721  
Bestellfax: 030 18102722721



# Inhalt

<b>1. Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1 Vorbemerkung	7
1.2 Ziele und Inhalt des Dokuments	7
1.3 Begriffsklärung	8
1.4 Abkürzungen	9
<b>2. Ausgangssituation Industrie 4.0</b>	<b>10</b>
2.1 RAMI 4.0	11
2.2 Verwaltungsschale	11
2.2.1 Teilmodelle	12
2.2.2 Wo befindet sich die Verwaltungsschale	13
2.2.3 Lebenszyklusbetrachtung der Verwaltungsschale	13
2.2.4 Welche Umsetzungsvarianten für eine Verwaltungsschale gibt es?	14
<b>3. Verwaltungsschale in der Praxis</b>	<b>16</b>
3.1 Übersicht der Elemente der VWS	17
3.2 Einordnung zum Dokument Verwaltungsschale im Detail	19
3.3 Identifikation	19
3.3.1 Identifikation nach ISO 29002-5	19
3.3.2 URI basierte Identifikatoren	20
3.3.3 Anwendungsaspekte der Identifikation	20
3.4 Metadaten des Teilmodells	22
3.5 Datenmodell/UML	22
3.5.1 Wichtigste Elemente für die inhaltliche Modellierung von Teilmodellen	25
3.5.2 Beispielhaftes Mapping von Verwaltungsschalen Elementen auf ein konkretes Datenblatt	26
3.6 Generische Anforderungen an Teilmodelle	28
3.6.1 Klassen von Teilmodellen	28
3.6.2 Anleitung zur Definition eines Teilmodells	28
3.6.3 Merkmale	29
3.6.4 Verwendung des Attributes „semanticId“ für Merkmale und Teilmodelle	31

<b>4. Konkrete Teilmodelle</b>	<b>32</b>
4.1 Generische Teilmodelle	33
4.1.1 Identifizierende Merkmale des Assets	33
4.1.2 Technisches Datenblatt	35
4.1.3 Asset-Dokumentation	37
4.1.4 Umgebung eines Assets	49
4.1.5 Equipment Information Teilmodell	50
4.2 Asset spezifische Teilmodelle	51
4.2.1 NAMUR Teilmodell: Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131	51
4.2.2 PNO-Teilmodell: Analoger Messwert eines Messumformers	55
4.2.3 VDMA VWS für Roboter – VDMA 40010-1:2019-02 (OPC UA Companion Specification (CS))	57
4.3 Freie Teilmodelle für Demonstrator HMI2019	61
4.3.1 Auftragsmanagement	61
4.3.2 Angebotsmanagement	62
4.4 Übersicht über die Verwaltungsschale eines Assets	64
<b>5. Beispielszenario</b>	<b>65</b>
5.1 Implementiertes Szenario für HMI 2018: Condition Monitoring, KPI's für die Förderstrecke und generische Teilmodelle	67
5.2 Implementiertes Szenario für HMI 2019: Industrie 4.0-Interaktionsszenario Kommissionierung und Verhandlung mit dem Auftraggeber	68
5.2.1 Definitionen	68
5.2.2 Szenario	69
5.2.3 Nachrichten Aufbau	70
5.2.4 AAS-Registry-Protocol (AASRP)	72
5.2.5 Picking-Order-Protocol (POP)	73
5.2.6 Cloud Gateway Interaktion (CGI) – proprietär	74
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>75</b>
<b>7. Anhang</b>	<b>77</b>
7.1 Merkmale eines Teilmodells ausgeprägt mit seinen umfassenden Attributen	78
7.2 Serialisiertes Sematisches Protokoll nach JSON	78
7.3 Relevante Quellen und Dokumente	78
<b>Autoren</b>	<b>79</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>5</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)	11
Abbildung 2:	I4.0-Komponente und Verwaltungsschale	11
Abbildung 3:	Prinzipieller Aufbau einer Verwaltungsschale	12
Abbildung 4:	Wo befindet sich die Verwaltungsschale?	13
Abbildung 5:	Verschiedene Erscheinungsformen der Verwaltungsschale	15
Abbildung 6:	Elemente der Verwaltungsschale	17
Abbildung 7:	Metainformationen (Attribute) der Verwaltungsschale (ohne ConceptDictionary, View und security)	18
Abbildung 8:	Bildung von Identifier nach ISO 29002-5	19
Abbildung 9:	Identifikation, Adressierung und semantische Referenzierung	21
Abbildung 10:	Überblick Metamodell der Verwaltungsschale	23
Abbildung 11:	Metamodell der Submodel Element Types	24
Abbildung 12:	Metamodell der Data Elements und deren Subtypen	25
Abbildung 13:	Teilmodellmodellierung mit Relationship Element oder mit Submodel Element Collections und Data-Elements	25
Abbildung 14:	Auszug aus einem technischen Datenblatt mit Bezug zu den VWS-Inhalten	27
Abbildung 15:	Mögliche Standards als Basis für ein Teilmodell	29
Abbildung 16:	Verwaltungsschale und seine Inhalte	33
Abbildung 17:	VDI 2770, Gruppen und Kategorien	38
Abbildung 18:	Hierarchie der Dokumentation technischer Wirtschaftsgüter nach VDI 2770	39
Abbildung 19:	Vereinfachte Darstellung der in dieser Richtlinie festgelegten Informationsstrukturen für Metadaten von Dokumenten	40
Abbildung 20:	Darstellung der Informationsstrukturen des Informationsmodells als UML Klassendiagramm	41
Abbildung 21:	Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: vereinfachte Darstellung	44
Abbildung 22:	Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Dokument ohne Version	45
Abbildung 23:	Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Dokument Version (w/o Life Cycle)	45
Abbildung 24:	Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Life Cycle	46
Abbildung 25:	Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Dokument Relation: Vorgängerversion	46
Abbildung 26:	Example Simplified Documentation conformant to VDI2770	47
Abbildung 27:	Simplified Document Example Nexo Project Planning	47
Abbildung 28:	Simplified Document Version Example Nexo Project Planning in English	48
Abbildung 29:	Ausschnitt aus generiertem XML aus AASX Explorer	48
Abbildung 30:	VWS – Struktur eines Motion Device Systems nach VDMA 40010-1:2019-2 (OPC UA Companion Specification)	57
Abbildung 31:	Verwaltungsschaleninhalte – beispielhaft	64
Abbildung 32:	Demoszenario: „Pakete aussortieren“ mit Ventilinsel, Zylinder, elektrische Achsen, Edge Gateway, Distanzsensor, IO-Link	66
Abbildung 33:	Zusammenspiel Typ und Instanz mit seinen Teilmodellen	67
Abbildung 34:	Vertikale und horizontale Kommunikation	69
Abbildung 35:	Austausch von Nachrichten über Interaktionsmanager	70
Abbildung 36:	Demo Nachrichten HMI Demonstrator	71
Abbildung 37:	Kommunikation AASRP	72
Abbildung 38:	Nachrichtenaustausch zwischen AAS Device und AAS Registry	72
Abbildung 39:	Sequenzdiagramm POP	74
Abbildung 40:	Schema der JSON-Nachricht	78

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abkürzungen	9
Tabelle 2: Attribute einer Verwaltungsschale	18
Tabelle 3: Strukturvorgabe zur Gestaltung der URI	20
Tabelle 4: Metainformationen eines Teilmodells	22
Tabelle 5: Umsetzung von Inhalten eines technischen Datenblattes in VWS Attribute und Merkmale	26
Tabelle 6: Klasse von Teilmodellen	28
Tabelle 7: Vereinfachte Tabelle mit notwendigen Attributen zu Merkmalen	30
Tabelle 8: Klasse von Merkmalen	30
Tabelle 9: Typbezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identifikation“	34
Tabelle 10: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identifikation“	35
Tabelle 11: Merkmale des Teilmodells „Technisches Datenblatt“ beispielhaft	37
Tabelle 12: Teilmodell „Dokumentation“	41
Tabelle 13: Merkmale des Teilmodells „Asset Umgebung“	49
Tabelle 14: Merkmale des Teilmodells „Equipment Information“	50
Tabelle 15: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Messumformer Allgemein“	51
Tabelle 16: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Stellungsregler Allgemein“	53
Tabelle 17: Typbezogene Merkmale des Teilmodells „Analoger Messwert eines Messumformers“	55
Tabelle 18: Instanz bezogene Merkmale des Teilmodells „Analoger Messwert eines Messumformers“	56
Tabelle 19: Typbezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identification“ für das Motion-Device-System	58
Tabelle 20: Topology-Teilmodells der „Motion-Device-System“ Verwaltungsschale	58
Tabelle 21: Typ bezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identification“ für das Motion-Device-1	59
Tabelle 22: Instanz bezogene Merkmale des Teilmodells „Motion Decice 1“	59
Tabelle 23: Topologie Teilmodell der „Motion-Device-1“ Verwaltungsschale	60
Tabelle 24: Instanz bezogene Merkmale des Teilmodells „Axis-1“	60
Tabelle 25: Merkmale des Teilmodells Auftragsmanagement	61
Tabelle 26: Merkmale des Teilmodells Angebotsmanagement	63
Tabelle 27: Überblick über Komponenten und Teilmodelle des Beispielszenarios	68
Tabelle 28: Aufbau einer Nachricht	71
Tabelle 29: Nachrichten von AASRP	73
Tabelle 30: Zustandsautomaten für AASRP	73
Tabelle 31: Nachrichten des Pick-Order-Protocol	74
Tabelle 32: Komplette Liste der Attribute zu einem Merkmal aus VWSiD und IEC 61360	78

# 1. Einleitung

## 1.1 Vorbemerkung

Eine Diskussionsgrundlage des Dokuments ist aus der Zusammenarbeit von SAP mit der Universität Magdeburg, Pepperl & Fuchs, Hilscher und Festo entstanden. Im Laufe des Lebenszyklus des Dokuments hat sich eine Arbeitsteilung zwischen Verwaltungsschale im Detail (VWSiD) und Verwaltungsschale in der Praxis (VWSk) ergeben. VWSk ist das Projekt, aus dem das Dokument „Verwaltungsschale in der Praxis“ hervorgegangen ist. Beides (VWSk und „Verwaltungsschale in der Praxis“) wird in diesem Dokument synonym verwendet. „Verwaltungsschale im Detail“ bearbeitet mehr strukturelle Themen, dagegen arbeitet „Verwaltungsschale in der Praxis“ mehr an inhaltlichen Themen und an der konkreten Umsetzung. VWSk kann Vorlage für viele andere Verwaltungsschalenumsetzungen oder die Schnittstelle zur Praxis sein, für diejenigen, die Verwaltungsschalen implementieren wollen. Beide Dokumente sind von der AG1 der Plattform Industrie 4.0 initiiert.

**ACHTUNG: Dieses Dokument hat keinen standardisierenden Zweck, sondern zeigt eine Umsetzung von bestehenden Standards und erarbeitet Anregungen für VWSiD.**

Das Dokument umfasst von der Aussage her unterschiedliche Elemente in Bezug auf die Verwaltungsschale und seine Infrastruktur. Es beinhaltet:

*Referenzierende Umsetzung zur Verwaltungsschale im Detail und anderen Standards. Diese Passagen sind in kursiv gehalten.*

Hinweise und Diskussionsbeiträge für die Verwaltungsschale und ihre Umgebung. Diese sind eingerahmt.

Hinweise sind unterstrichen.

## 1.2 Ziele und Inhalt des Dokuments

### Hauptziel:

- Die grundsätzliche Struktur und Elemente von Verwaltungsschalen sind gefunden. Die wesentlichen Elemente einer Verwaltungsschale sind die Teilmodelle, die alle inhaltlichen und funktionalen Aspekte eines Assets abbilden. Ziel dieses Dokuments ist es aufzuzeigen,
  - wie Teilmodelle aufgebaut sind,
  - wie man Teilmodelle definiert,
  - was die Metadaten eines Teilmodells sind,
  - generische, eher Asset-unabhängige Teilmodelle zu definieren
  - und weitere Teilmodelle zu definieren, die im Rahmen des Demonstrators zur Veranschaulichung von Verwaltungsschalen notwendig sind.
- Das Dokument VWSk ist gleichzeitig Spezifikation des Demonstrators „Verwaltungsschale in der Praxis“.

### zusätzliche Ziele:

- Durchgängige Definition von Verwaltungsschalen und Teilmodellen für konkrete Produkte,
- Konkrete Szenarien liefern, um Verwaltungsschalen vollständig und sinnvoll umzusetzen, als auch gewisse Aspekte vorzudenken, wie das Interaktionsszenario
- Vorschläge für Teilmodelle liefern, die Asset-Typ-unabhängig sind, wie z. B. Dokumentation, Technisches Datenblatt, Umgebung eines Assets,
- Nutzung von eCl@ss [2] und [6],
- Nutzung von existierenden Normen bei der Erstellung von Teilmodellen,
- Erklärungsversuche liefern, wie die Teilmodelle Ankerpunkte sein können für die Kommunikation mit anderen Verwaltungsschalen,
- Generische Ausprägung der Verwaltungsschale unabhängig von unterlagernden Technologien z. B. industrielles Kommunikationssystem,
- Einbringen von konkreten Impulsen in andere Gremien (ZVEI, GMA 7.20, Bitkom, ...)

## 1.3 Begriffsklärung

**I4.0-Komponente** Weltweit eindeutig identifizierbarer kommunikationsfähiger Teilnehmer bestehend aus [Verwaltungsschale](#) und [Asset](#) mit digitaler Verbindung (entspricht [CP24](#), [CP34](#) oder [CP44](#)) eines [I4.0-Systems](#), der dort [Dienste](#) mit definierten QoS-Eigenschaften anbietet.

Anmerkung 1: Die I4.0-Komponente bietet für ihre Dienste und Daten einen der Aufgabe angemessenen Schutz.

Anmerkung 2: Eine solche I4.0-Komponente kann ein Produktionssystem, eine einzelne Maschine oder Station oder auch eine Baugruppe innerhalb einer Maschine repräsentieren.

Quelle: <http://i40.iosb.fraunhofer.de/FA7.21%20Begriffe%20-%20Industrie%204.0#i4.0-komponente>

**Verwaltungsschale** Virtuelle digitale und aktive Repräsentanz einer I4.0-Komponente im I4.0-System.

Anmerkung 1: Eine Verwaltungsschale enthält das Manifest und den Komponenten-Manager

Anmerkung 2: Administration shell ist Synonym zu Asset administration shell (AAS)

Quelle: <http://i40.iosb.fraunhofer.de/FA7.21%20Begriffe%20-%20Industrie%204.0#verwaltungsschale>

**Gegenstand** objektiv vorhandene, abgegrenzte und identifizierbare Einheit

Anmerkung 1: Ein Gegenstand kann virtueller oder physischer Natur sein.

Anmerkung 2: Ein Gegenstand kann sein: Gerät, Subsystem, Software, Plan, Lebewesen, Organisation oder Ähnliches.

Anmerkung 3: Ein Gegenstand hat einen Lebenslauf.

Quelle: Industrie 4.0 – Technical Assets: Grundlegende Begriffe, Konzepte, Lebenszyklen und Verwaltung, VDI Statusreport Industrie 4.0 (November 2015)

**Asset** [Gegenstand](#), der einen Wert für eine Organisation hat und der auf Grund dessen individuell verwaltet wird.

Quelle: <http://i40.iosb.fraunhofer.de/FA7.21%20Begriffe%20-%20Allgemein#asset>

**Teilmodell der Verwaltungsschale** Fachlich voneinander abgegrenzte Modelle, die in der Verwaltungsschale enthalten sind

Anmerkung 1: Teilmodelle sind charakteristisch kombinierbar.

**Entität** Eindeutig identifizierbarer [Gegenstand](#), der aufgrund seiner Bedeutung in der [Informationswelt](#) verwaltet wird.

Quelle: <http://i40.iosb.fraunhofer.de/FA7.21%20Begriffe%20-%20Allgemein#entit%C3%A4t>

**Eigenschaft**

Eigenschaften sind intrinsische Bestandteile eines Betrachtungsgegenstands und können in Besitz-, Struktur- und Werteigenschaften klassifiziert werden. Werteigenschaften sind Parameter, Zustände und Merkmale.

**Merkmal**

Werteigenschaft einer [Entität, die sich in dem für eine Anwendung relevanten Betrachtungszeitraum nicht verändert](#).

Die Begriffe Merkmal und Eigenschaft werden häufig synonym verwendet. Merkmale sind Eigenschaften, die keine Ausprägung (d.h. keinen Wert) besitzen oder deren Ausprägung (d.h. der Default-Wert) sich in einem Betrachtungszeitraum nicht ändern. Sie dienen der Differenzierung von Betrachtungsgegenständen. In diesem Dokument wird der Begriff Merkmal sowohl für den Begriff Eigenschaft als auch für den eigentlichen Merkmal-Begriff verwendet.

In Anlehnung an <http://i40.iosb.fraunhofer.de/FA7.21%20Begriffe%20-%20IKT#merkmal>

## 1.4 Abkürzungen

**Tabelle 1: Abkürzungen**

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
AAS	Asset Administration Shell	RAMI4.0	Reference Architecture Model Industrie 4.0
AASX	Package file format extension for the AAS	RDF	Resource Description Framework
AML	AutomationML	REST	Representational State Transfer
API	Application programmers interface	RFC	Request for Comment
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.	ROA	Ressource Oriented Architecture
BLOB	Binary Large Object	SAP AIN	SAP Asset Intelligence Network
CDD	Common Data Dictionary	SOA	Service Oriented Architecture
GUID	Globally unique identifier	STEP	Standard for the exchange of product model data
I4.0	Industrie 4.0	UML	Unified Modeling Language
ID	Identifier	URI, URL, URN	Uniform Resource Identifier, Locator, Name
IEC	International Electrotechnical Commission	VDI	Verein Deutscher Ingenieure
IRDI	International Registration Data Identifier	VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
IIRDS	Intelligent information Request and Delivery Standard	VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
ISO	International Organization for Standardization	W3C	World Wide Web Consortium
JSON	JavaScript Object Notation	XML	eXtensible Markup Language
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions	ZIP	archive file format that supports lossless data compression
OPC UA	Open Platforms Communications Unified Architecture	ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronik-industrie e.V.
PDF	AAS		
QoS	Quality of Service		

## 2. Ausgangssituation Industrie 4.0

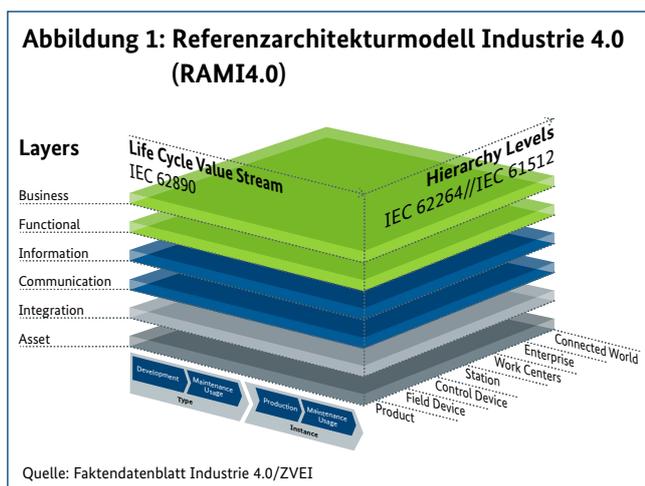
## 2.1 RAMI 4.0

Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0, kurz RAMI 4.0, besteht aus einem dreidimensionalen Koordinatensystem, das die wesentlichen Aspekte von Industrie 4.0 beinhaltet. Komplexe Zusammenhänge können so in kleinere, überschaubare Pakete aufgegliedert werden.

Die Achse „Hierarchy Levels“ auf der rechten horizontalen Achse umfasst die Hierarchiestufen aus der IEC 62264, der internationalen Normenreihe über die Integration von Unternehmens-EDV und Leitsystemen. Diese Hierarchiestufen stellen die unterschiedlichen Funktionalitäten innerhalb der Fabrik oder der Anlage dar. Die Funktionalitäten wurden um das Werkstück, „Product“, und den Zugang in das Internet der Dinge und Dienste, „Connected World“, ergänzt, um die Industrie-4.0-Umgebung abzubilden.

Die Achse „Life Cycle & Value Stream“, also die linke horizontale Achse stellt den Lebenszyklus von Anlagen und Produkten dar. Grundlage hierfür ist die IEC 62890 zum Life-Cycle-Management. Unterschieden wird zusätzlich zwischen Typ und Instanz. Aus einem „Typ“ wird eine „Instanz“, wenn die Entwicklung und Prototypenfertigung abgeschlossen ist und in der Fertigung das eigentliche Produkt hergestellt wird.

Mit Hilfe der sechs Schichten, den sogenannten Layers, auf der vertikalen Achse des Modells wird die IT-Repräsentanz, also das digitale Abbild von beispielsweise einer Maschine, Schicht für Schicht strukturiert beschrieben. Die Darstellung in Schichten stammt aus der Informations- und Kommunikationstechnologie. Dort ist es üblich, komplexe Produkte in Schichten aufzugliedern. Die drei Achsen bilden alle wesentlichen Aspekte von Industrie 4.0 ab. Sie ermöglichen es, ein Asset wie beispielsweise eine Maschine im Modell einzuordnen. So können mit dem RAMI 4.0 hoch flexible Industrie-4.0-Konzepte beschrieben und umgesetzt werden. Das Referenzarchitekturmodell erlaubt dabei die schrittweise Migration aus der heutigen in die Industrie-4.0-Welt.



## 2.2 Verwaltungsschale

Das physische Asset und die Verwaltungsschale zusammen bilden die I4.0-Komponente (Abbildung 2). Die Verwaltungsschale ist das digitale Abbild eines Gegenstands. Im Rahmen dieses Dokuments werden physische und virtueller (z. B. Dokumente, Software) Assets betrachtet, die die Gegenstände der Verwaltungsschale sind. Die Verwaltungsschale stellt die Schnittstelle für I4.0-Kommunikation zur Verfügung.

Die Integrität der Verwaltungsschale an sich ist gegebenenfalls zu schützen. Je nach Anforderung ist wahlweise auch die Vertraulichkeit zu gewährleisten. Jedes Teilmodell enthält eine strukturierte Menge von Merkmalen. Teilmodelle als auch Merkmale können Typ- oder Instanz-bezogen sein.

**Abbildung 2: I4.0-Komponente und Verwaltungsschale**

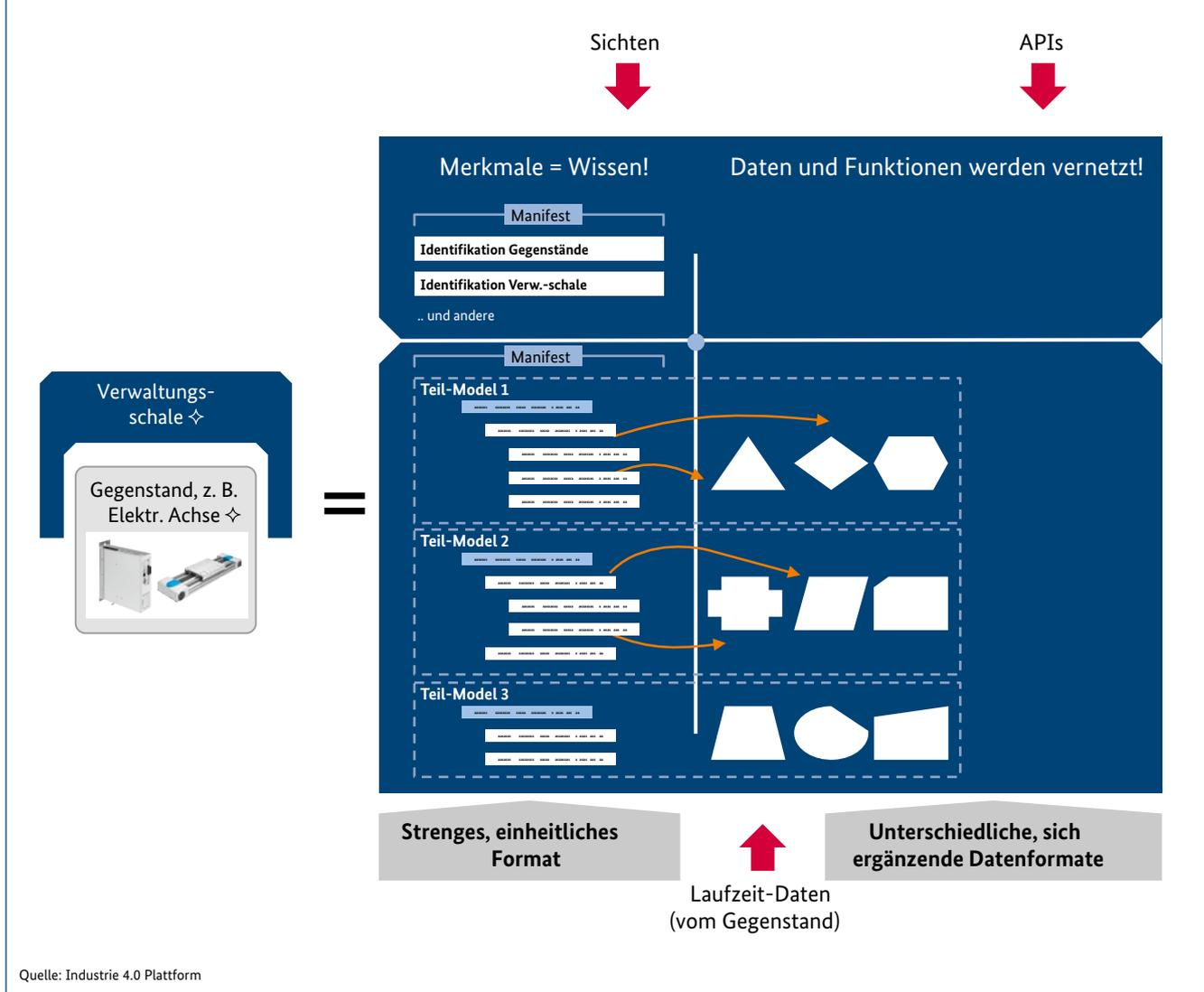


Merkmale (Properties) sind im Kontext Industrie 4.0 das übergreifende Konstrukt, um statische Merkmale, Parameter, Methoden, Fähigkeiten, Operationen, Zustände und viele andere Dinge auszudrücken. Diese Merkmale werden Informationen tragen, auf die nicht jeder Partner innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks oder sogar innerhalb einer Organisationseinheit zugreifen darf.

Anforderung: Deren Integrität sowie Verfügbarkeit soll gewahrt werden. Daher sollte die Struktur der Verwaltungsschale (Abbildung 3) von Beginn an Aspekten wie Zugriffsschutz, Sichtbarkeit, Identität- und Rechteverwaltung, Vertraulichkeit und Integrität Rechnung tragen können. Wenn die getätigte Risikobeurteilung es erlaubt, kann auch ein Zustand „Keine Security“ realisiert werden.

Hinweis: Siehe auch Publikationen zum Thema Security [5], zu finden in der Online Bibliothek der Industrie 4.0 Plattform

Abbildung 3: Prinzipieller Aufbau einer Verwaltungsschale



Hinweis: Für mehr Informationen bitte das Dokument „Struktur der Verwaltungsschale“ nutzen. Dieses ist in der Online Bibliothek der I4.0-Plattform zu finden.

### 2.2.1 Teilmodelle

Die grundsätzliche Idee der I4.0-Komponente besteht darin, dass jedes Asset der Industrie 4.0 eine Verwaltungsschale hat, die jeweils geeignet ist, das Asset über seinen Lebenszyklus minimal aber hinreichend zu beschreiben.

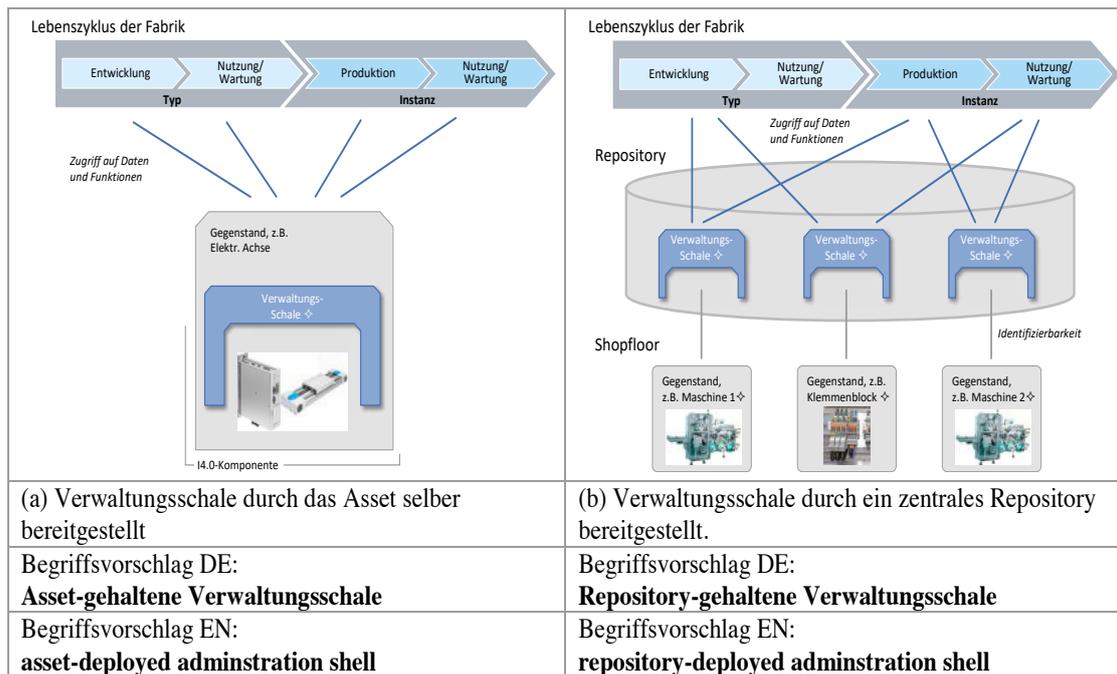
Inhaltliche, beschreibende oder funktionale Aspekte sind in Teilmodellen beschrieben. Dies können zum Beispiel Aspekte wie Identifikation, Security, Energiemanagement oder auch verschiedene Prozessfähigkeiten wie Bohren sein.

Teilmodelle bestehen im wesentliche aus Merkmalen (Properties).

Es wird angestrebt, dass für jeden Aspekt nur jeweils ein Teilmodell standardisiert wird. Auf diese Weise können zum Beispiel Bohrmaschinen aufgefunden werden, die das Teilmodell ‚Bohren‘ in ihrer Verwaltungsschale mit entsprechenden Merkmalen haben, die das Bohren eindeutig charakterisieren. Durch eine Standardisierung dieses Teilmodells ist die Vergleichbarkeit und Austauschbarkeit von Bohrmaschinen in einem Prozess einfach möglich.

Für die Kommunikation zwischen verschiedenen I4.0-Komponenten können bestimmte Merkmale als gegeben angenommen werden. In einem solchen Beispiel könnte dann ein zweites Teilmodell ‚Energie-Effizienz‘ die Fähigkeit der Bohrmaschine zusichern, in Betriebspausen Strom zu sparen.

Abbildung 4: Wo befindet sich die Verwaltungsschale?



Quelle: ZVEI / SG Modelle & Standards

## 2.2.2 Wo befindet sich die Verwaltungsschale

Die Verwaltungsschale kann bei intelligenteren Produkten Teil des Assets sein, bei nicht intelligenten Produkten kann sie sich nur in einer Cloud-Anwendung oder auf einer Edge-Komponente befinden (Abbildung 4).

In der Regel wird sich die Verwaltungsschale aber eher in einem Cloud-System befinden, ist damit von überall zugänglich und ist damit für neue Szenarien und Business-Modelle nutzbar.

Anforderung: Verteilte Szenarien sind ebenso denkbar, in denen Teile der Verwaltungsschale in der Cloud, auf dem Asset und auf der Edge liegen.

## 2.2.3 Lebenszyklusbetrachtung der Verwaltungsschale

Nichts ist konstant und jedes Asset und damit auch die Verwaltungsschale als digitales Abbild muss sich parallel verändern. Zudem unterliegt jedes Asset einem Lebenszyklus über die Phasen, Design, Fertigung, Nutzung und Entsorgung und man muss zwischen einem Typ und einer konkreten Instanz bei einem Asset unterscheiden. Darüber hinaus können Assets veräußert werden und den Besitzer wechseln.

Um diese Komplexität zu beherrschen, benötigt es klarer und einfacher Regeln, ohne die Industrie 4.0-Netzwerke nicht autark arbeiten können. Diese werden im Folgenden angesprochen.

Es wird für ein Asset sicherlich mehrere Verwaltungsschalen über den Lebenszyklus geben, *es gibt aber immer nur eine Verwaltungsschale für eine Domäne oder Kontext*. Zwei Beispiele für mögliche Domänen sind hier aufgeführt. Dies sind die Lebenszyklusphasen oder auch der Besitzübergang. Für diese Domänen wird eine Vorgehensweise vorgeschlagen.

### Produktlebenszyklus

Zu Beginn einer Produktlebenszyklusphase (Domäne) bekommt jedes Asset eine Verwaltungsschale. Diese wird im Laufe dieser Phase über relevante Teilmodelle und seine Merkmale und Merkmalswerte ausgeprägt. Das bedeutet, dass es je eine Verwaltungsschale während der Designphase und den anderen Phasen (Fertigung, Nutzung, Entsorgung) geben könnte. Dabei muss die Referenz zur Vorgänger-Verwaltungsschale in der folgenden dauerhaft gehalten werden.

### Besitzübergang

Bei einem Besitzübergang des Assets behält der ursprüngliche Besitzer seine Verwaltungsschale(n). Diese kann er behalten oder eben auch vernichten. Hier ist der Kontext für die Eindeutigkeit der Verwaltungsschale das Besitzverhältnis.

Der ursprüngliche Besitzer übergibt mit dem Asset eine Verwaltungsschale mit seinen Identifiern, den Basis- und Pflichtteilmodellen und mindestens die dazu gehörigen Basis- und Pflicht-Merkmale mit seinen Merkmalswerten. Andere Absprachen können zwischen den Parteien natürlich abgesprochen werden. Siehe auch Kapitel Klassen von Teilmodellen (3.6.1).

Damit die Verwaltungsschale der Domänenbetrachtung gerecht wird, muss sie einige Funktionen mitbringen. Dies trifft unabhängig davon zu, ob man von der Typ-Verwaltungsschale zur Instanz-Verwaltungsschale, von einer Instanz-Verwaltungsschale zu einer weiteren Instanz-Verwaltungsschale oder von einer Typ-Verwaltungsschale zu einer anderen Typ-Verwaltungsschale kopiert.

- Man muss in der Lage sein, bei entsprechender Domänen- oder Kontextänderung die Verwaltungsschale mit Bezug zu einem Vorgänger zu kopieren. Das bedeutet, dass die Nachfolger-Verwaltungsschale eine neue eindeutige ID erhält und gleichzeitig den Bezug zu seiner vorherigen Verwaltungsschale kennt und dauerhaft hält.
- Bei der Kopie mit Bezug kann definiert werden, welche optionalen und freien Teilmodelle die neue Verwaltungsschale von seinem Vorgänger mitbekommt und welche nicht. Pflicht- und Basis-Teilmodelle müssen übernommen werden. Die Definition von Teilmodell-Klassen ist unter (3.6.1) zu finden.
- Pro Teilmodell kann zusätzlich definiert werden, ob auch die Merkmalswerte kopiert werden sollen.
- Merkmalswerte können dann in der Nachfolger-Verwaltungsschale verändert werden. Diese Veränderungen werden in der Historie festgehalten.
- Zeitpunkt der Erstellung als auch der Verantwortliche für eine Kopie werden geloggt.

## 2.2.4 Welche Umsetzungsvarianten für eine Verwaltungsschale gibt es?

Verwaltungsschalen können in unterschiedlicher Gestalt zur Verfügung gestellt werden (Abbildung 5). Man kann zwischen passiven und aktiven Verwaltungsschalen unterscheiden. Der Begriff passiv und aktiv bezieht sich auf die Rolle, die die Verwaltungsschale in der Wertschöpfungskette spielt, betrifft also das Modell. Dies ist nicht zu verwechseln mit Aktivitäten, die aus Sicht der Umsetzung in eine Softwarekomponente oder der Kommunikation stattfindet.

Eine passive Rolle nehmen Verwaltungsschalen ein, die ihren gesamten Informationsinhalt zur Verfügung stellen, ohne selbst eigene Anwendungsaktionen zu initiieren. Eine passive Rolle nimmt eine Verwaltungsschalen ein, wenn sie als Datei zwischen Partnern ausgetauscht wird. Eine passive Rolle spielen aber auch Verwaltungsschalen die als Server in eine Client-Server-Beziehung stehen und z. B. über eine IP-basierten API-Zugang zugreifbar sind.

Eine aktive Rolle nehmen Verwaltungsschalen ein, die über die I4.0-Sprache untereinander interagieren. Dies entspricht dem Interaktionsmuster Peer-to-Peer. Dabei nehmen sie eigenständig Kontakt zu einander auf und führen kooperative Aufgaben durch ohne übergeordnete, zentral steuernde nicht Verwaltungsschalen-basierte Anwendungen.

**Passive Verwaltungsschalen im Dateiformat** – so wie sie in VWSiD [1] im XML- oder JSON-Format beschrieben sind – bieten sie eine standardisierte Form, die allen zum Asset gehörenden Informationen autorisierten Nutzergruppen zur Verfügung zu stellen, entsprechend den vom Asset-Eigentümer freigegebenen<sup>1</sup> Details. Dieses Konzept stellt damit eine neue Qualität dar, da damit lebensphasenübergreifender, standardisierter Informationsaustausch möglich wird.

**Passive Verwaltungsschalen mit IP/API-basierten Zugang** haben prinzipiell den gleichen Informationsinhalt, unterscheiden sich darin, dass die innere Struktur nicht wie bei der Datei-basierten Verwaltungsschale sichtbar ist, sondern nur über eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt wird. Die Schnittstellengestaltung ist von der gewählten Technologie abhängig. Dafür wird eine CRUD-orientierte Spezifikation bereitgestellt.

**Aktive Verwaltungsschalen** können zusätzlich zu den Möglichkeiten der CRUD-orientierten Verwaltungsschale an protokollbasierten Interaktionen teilhaben, wie sie

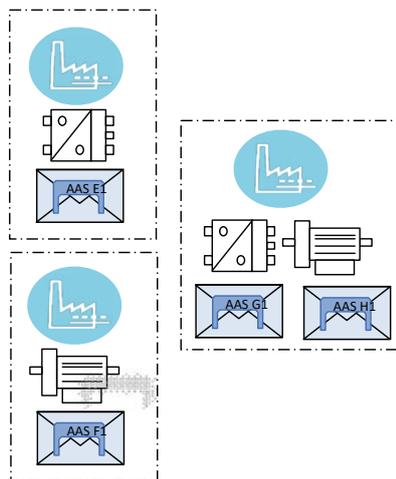
beispielsweise in der VDI/VDE 2193-Richtlinie [7] für das Ausschreibungsverfahren definiert sind (siehe auch [6]). Dafür steht die ebenfalls in der Richtlinie spezifizierte I4.0-Sprache zur Verfügung. Die I4.0-Sprache ist sowohl für die Interaktionsmuster als auch für die CRUD-Zugriffe ausgelegt. Ziel ist es, dezentral organisierte Prozesse zu gestalten, die auf eine gewisse Autonomie oder Entscheidungsfähigkeit der Verwaltungsschalen aufbauen. Im Kapitel 5.2 ist ein Beispiel für ein Interaktionsmuster enthalten.

Für den Austausch der Verwaltungsschale als Datei liegen die Spezifikationen für XML und JSON in der Version 1 der VWSiD [1] vor. Die API-Definition befindet sich zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses dieses Dokuments noch in Bearbeitung, wird aber im 2. Quartal 2019 erwartet. Für die I4.0-Sprache liegt eine 1. Version im Gründruck der Richtlinie VDI/VDE 2193 Teil 1 vor. Als erstes Interaktionsbeispiel liegt das Ausschreibungsverfahren im Gründruck der Richtlinie VDI/VDE 2193 Teil 2 vor. Das Plattform-Diskussionspapier I4.0-Sprache stellt zusätzliche Erläuterungen bereit [6].

**Abbildung 5: Verschiedene Erscheinungsformen der Verwaltungsschale**

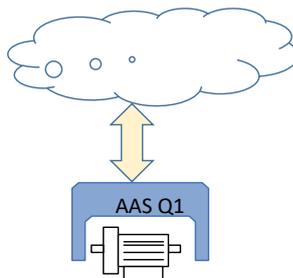
### Passive AAS (Type 1)

Asset Administration Shell as a file to exchange between value creation partners



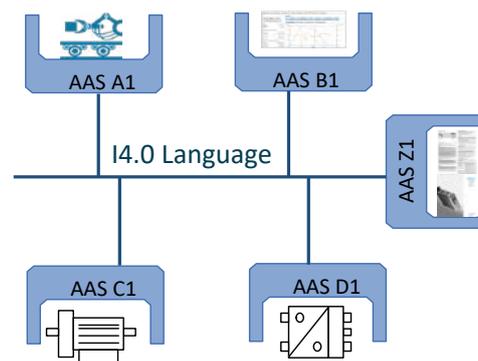
### Re-active AAS (Type 2)

Asset Administration Shell with API on the information model for an application of a value creation partner



### Pro-active AAS (Type 2)

Interaction between Asset Administration Shell using the I4.0 Language



Quelle: Plattform Industrie 4.0/Diedrich

<sup>1</sup> Verwaltungsschalen haben Authentifikations- und Autorisierungsmechanismen für den selektiven Zugriff auf die Informationen.

# 3. Verwaltungsschale in der Praxis

### 3.1 Übersicht der Elemente der VWS

In dem Dokument „Verwaltungsschale in der Praxis“ werden Verwaltungsschalen mit Asset-übergreifenden Teilmodellen als auch freien Teilmodelle im Rahmen der Szenarien des Demonstrators inhaltlich ausgeprägt. Das Dokument enthält damit eine Blaupause für den Aufbau von Verwaltungsschalen.

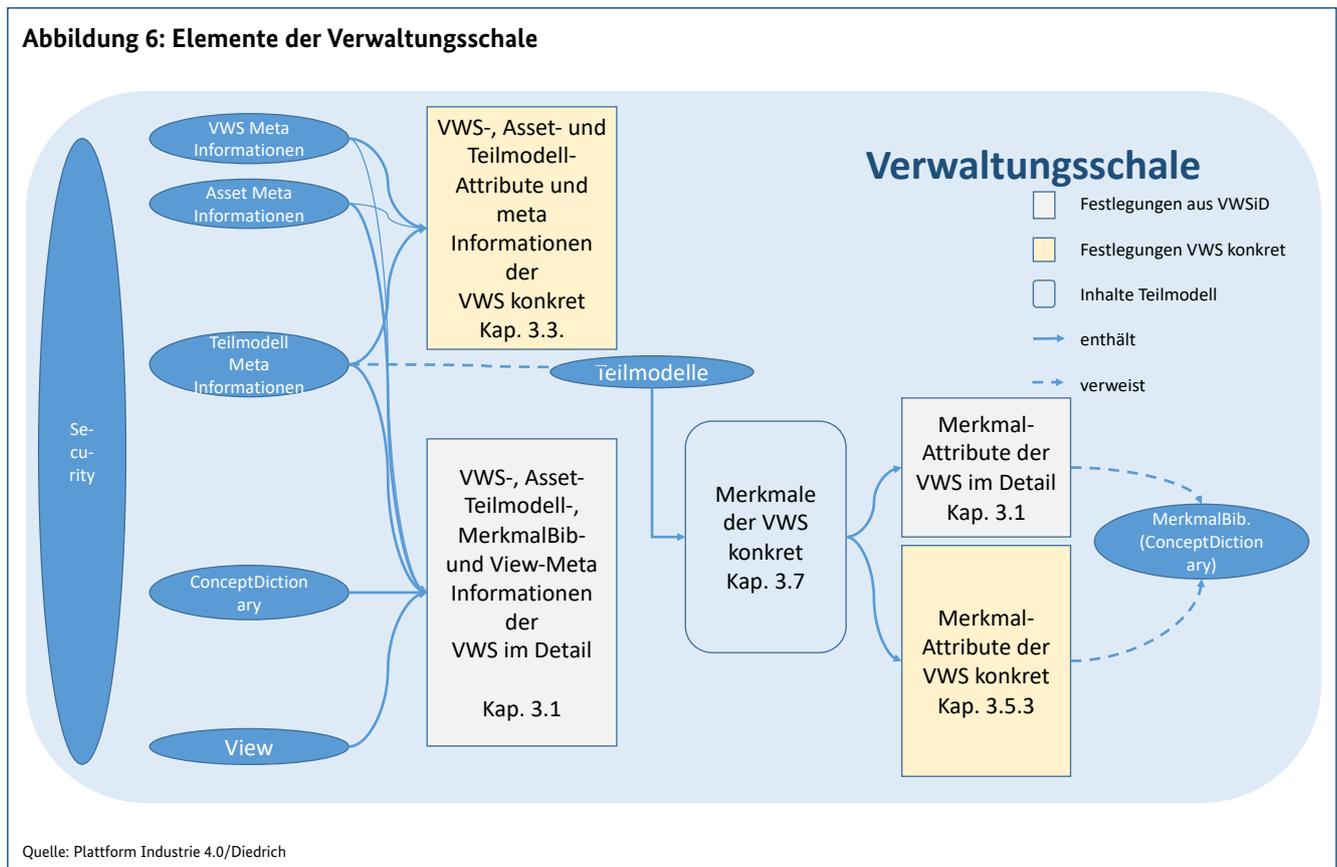
Eine Verwaltungsschale besteht aus den Metainformationen für die Verwaltungsschale, für das Asset, für die Teilmodelle, für das ConceptDictionary, die Views sowie die Security. Die Teilmodelle enthalten die Merkmale und Parameter (Abbildung 6). Diese Merkmale und Parameter können auf bereits bestehende Bibliotheken z. B. eCl@ss oder andere Repositories<sup>2</sup> verweisen. In der Bibliothek (ConceptDictionary) sind die typbezogenen Attribute der Merkmale und Parameter hinterlegt. Metainformationen werden sowohl in der VWSiD festgelegt und durch dieses Dokument VWSk ergänzt. Die detaillierte Auswahl der Teilmodelle und deren Details folgen den Asset-Anforderungen und werden entsprechend aus Asset-unabhängigen und Asset-spezifischen

Teilmodellen, Merkmalen und Parametern zusammengesetzt. Das Informationsmodell einer Verwaltungsschale besteht also aus den folgenden Elementen:

- Metainformationen zur VWS, Asset, Teilmodelle, ConceptDictionary und Views wie sie in VWSiD definiert sind,
- Ergänzende Metainformationen zur VWS, Asset, Teilmodelle, ConceptDictionary und Views wie sie in WVS in der Praxis definiert sind,
- Asset-unabhängigen Teilmodelle und
- Asset-spezifischen Teilmodelle.

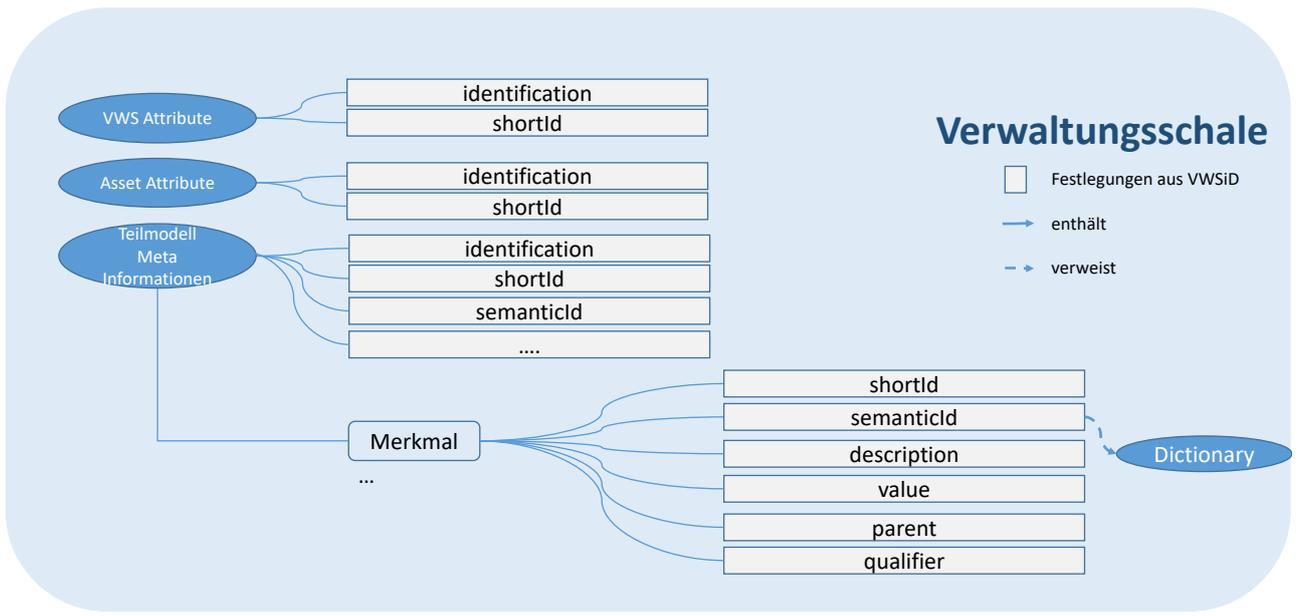
Abbildung 7 zeigt die Metainformationen, die für die Elemente der VWS in der VWSiD definiert worden sind. Metainformationen sind Merkmale mit den entsprechenden Attributen wie Wert und Beschreibung.

Abbildung 6: Elemente der Verwaltungsschale



<sup>2</sup> In der Verfahrenstechnik gibt es z. B. mit der IEC 61987 ein umfangreiches Repository als IEC CDD (Common Data Dictionary).

Abbildung 7: Metainformationen (Attribute) der Verwaltungsschale (ohne ConceptDictionary, View und security)



Quelle: Plattform Industrie 4.0/Diedrich

VWS-Attribute sind (Tabelle 2):

- Identification → vom VWS-Hersteller definierte URI,
- shortId → vom VWS-Hersteller definierter lesbarer String, der einen eindeutigen Namen in der VWS enthält.

Tabelle 2: Attribute einer Verwaltungsschale

Attribut	Name	description	Value type
SubmodelID (id)	SubmodelId	Identifier of AAS	URI
SubmodelName (shortId)	Name	Name of AAS	String

Asset-Attribute sind:

- Identification → wie VWS-Attribute
- shortId → wie VWS-Attribute

Zusätzlich gibt es ein Teilmodell, welches das Asset detaillierter identifizierend beschreibt (siehe 4.1.1).

Teilmodell-Attribute sind (der vollständige Metainformationssatz eines Teilmodells ist in 3.4, Tabelle 4 enthalten):

- Identification → wie VWS-Attribute
- shortId → wie VWS-Attribute
- semanticId → es kann Teilmodelle geben, deren semantische Beschreibung intern oder extern eindeutig beschrieben ist: diese semantische Beschreibung wird mit diesem Attribut referenziert (optional).

**Merkmal<sup>3</sup>**

- shortId → vom VWS-Hersteller definierter lesbarer String, der einen eindeutigen Namen im Namensraum des Teilmodells enthält,
- semanticId → es kann Teilmodelle geben, deren semantische Beschreibung intern oder extern eindeutig beschrieben ist: diese semantische Beschreibung wird mit diesem Attribut referenziert (optional),
- Description → Definition oder Erklärung zum Merkmal,
- Value → Wert des Merkmals,
- Parent → es können Strukturen von Merkmalen aufgebaut werden: die Hierarchie wird durch das „parent“ Attribute beschrieben,

3 Merkmal wird synonym verwendet für Merkmal, Parameter oder Variablen.

- Qualifier → zusätzliche Angaben zur Beschreibung des Values (z. B. Anforderung, Zusicherung, ...).

### 3.2 Einordnung zum Dokument Verwaltungsschale im Detail

Im Dokument Verwaltungsschale im Detail (VWSiD) Part 1 wird die Struktur, also das Serialisierungs- und Austauschformat einer Verwaltungsschale definiert. Der Part 1 von VWSiD befasst sich im Schwerpunkt mit der exakten Definition des Datenmodells durch ein UML-Diagramm, seiner Serialisierung in XML und JSON und der Definition eines einfachen und sicheren Transportes von Verwaltungsschalen zwischen zwei technischen Infrastrukturen in einem Container.

VWsk beinhaltet im Vergleich zu VWSiD eher inhaltliche Aspekte (konkrete Teilmodelle) als auch die Metadaten eines Teilmodells.

Das Projekt VWsk mit seinem Papier und Demonstrator setzt diese Definitionen aus VWSiD zeitnah um, damit durch Feedback und Verbesserung zu einer ausgereifteren und Praxis-gerechteren Definition der Verwaltungsschale entwickelt werden kann. Umsetzung und Definition (agile Standardisierung) arbeiten hier Hand in Hand, um die Qualität der Definition zu erhöhen.

### 3.3 Identifikation

In einer Industrie 4.0-Kommunikation stellen die eindeutige Identifikation neben der Security wesentliche Grundlagen dar.

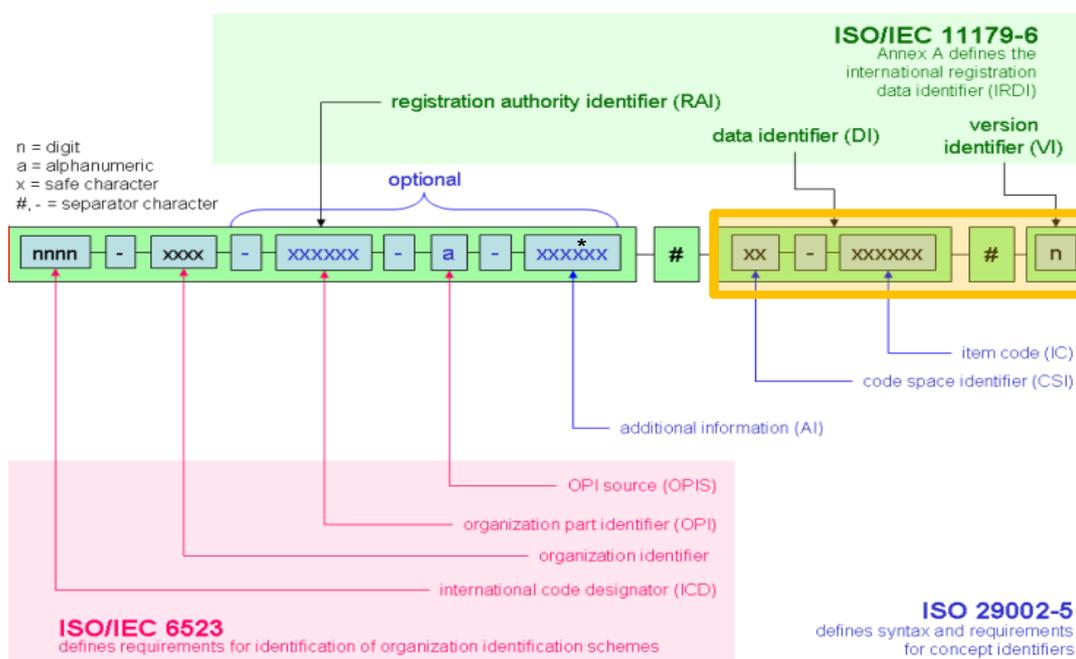
Aus Sicht einer Industrie 4.0-Kommunikation/Interaktion als auch für den eindeutigen Bezug von Verwaltungsschalen zu Assets oder Teilmodellen ist eine eindeutige Identifikation für folgende Dinge notwendig:

- Verwaltungsschalen,
- Assets,
- Teilmodelle,
- Merkmale,
- Hersteller/Lieferant,
- Verantwortlicher,
- Identifier müssen nach ISO 29002-5 oder mit Hilfe von URIs ausgeprägt werden.

#### 3.3.1 Identifikation nach ISO 29002-5

Identifier können nach ISO 29002-5 ausgeprägt werden, um eine globale Eindeutigkeit zu erreichen. Details dazu in 5.5.3.

Abbildung 8: Bildung von Identifier nach ISO 29002-5



Neben der Identifikation des Assets und der dazugehörigen Verwaltungsschale muss die organisatorische Einheit, die rechtlich für das Asset verantwortlich ist, ebenso bekannt und eindeutig sein. Wenn zwei Maschinen miteinander reden, muss sichergestellt sein, zu welchen rechtlichen Einheiten sie gehören.

Hinweis: Hier könnte die eIDAS Verordnung helfen.

### 3.3.2 URI basierte Identifikatoren

Während die Struktur der IDs nach ISO 29000-2 eindeutig festgelegt ist und z.B. bei eCl@ss für viele Merkmale bereits praktisch vorliegt, wird für die prinzipielle Vergabe von URIs folgendes Vorgehen festgelegt (Tabelle 3):

- urn:GMA:7.20:bitding:1:1

oder

- <http://www.vdi.de/gma720/bidding/1/1>

### 3.3.3 Anwendungsaspekte der Identifikation

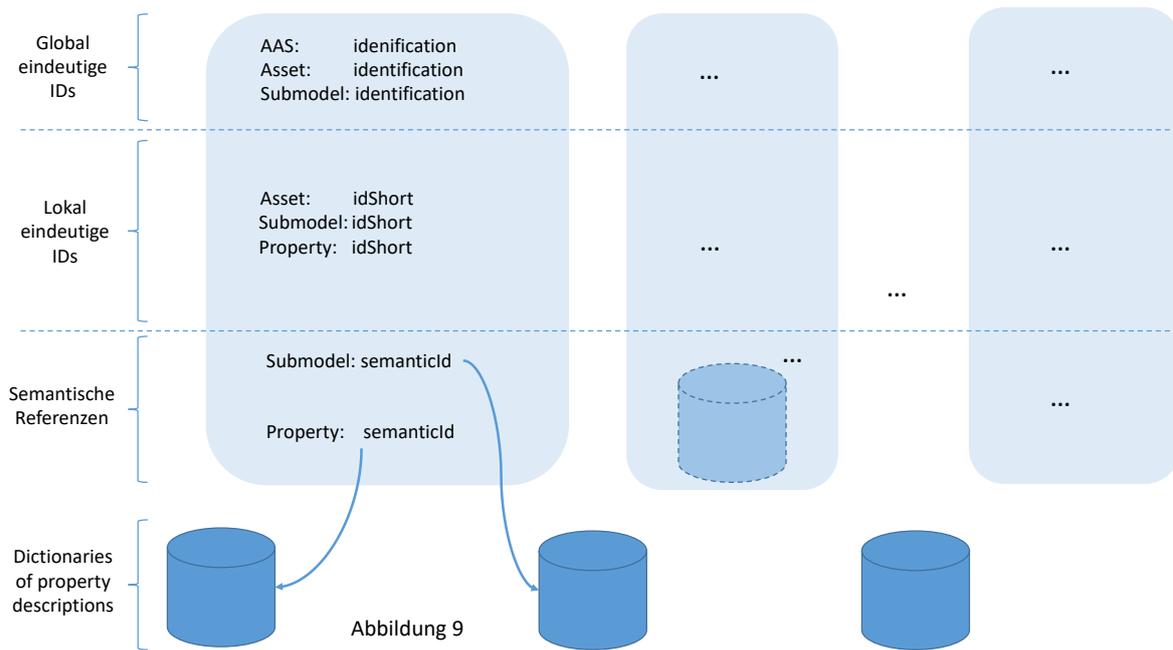
Das Identifikationskonzept dient dazu, die Elemente einer Verwaltungsschale eindeutig zu erkennen. Die Identifier werden außerdem zur Adressierung der Elemente verwendet. Prinzipiell kann zwischen den folgenden Teilkonzepten unterschieden werden, die sich hinsichtlich ihres Gültigkeitsraumes unterscheiden (Abbildung 9).

- Global eindeutige Identifizierung
  - Es ist notwendig, dass Identifier vorhanden sind, die im gesamten Bilanzraum der I4.0-Anwendung eindeutig sind. Diese Identifier sind einmalig.
  - Sie sind vom Typ IRDI oder URI.
  - Sie werden laut VWSiD durch das Konstrukt „identification“ gekennzeichnet.
  - Das Dokument VWSiD spricht von identifiable.
- Lokal eindeutige Identifizierung
  - In Verwaltungsschalen gibt es Elemente, die sich erst durch den lokalen Kontext eindeutig bestimmen lassen. Dies ist vor allem bei Merkmalen (Begriff nach DIN SPEC 92000 „Eigenschaften“, in VWSiD „submodelElement“) der Fall. Z.B. kann es in einem Gerät mehrere Temperaturen geben (Elektroniktemperatur, Gehäusetemperatur, die zu messende Temperatur). Es ist stets das Merkmal Temperatur, meint aber jeweils etwas Anderes.
  - Die Eindeutigkeit eines entsprechenden Elements ergibt sich aus einer Kette von Identifier, z.B. VWS-Identifier + Teilmodell Identifier + Merkmal Identifier.
  - Diese Identifier sind vom Type String.
  - Sie werden durch das Konstrukt „idShort“ gekennzeichnet.
  - Das Dokument VWSiD spricht von referable.

**Tabelle 3: Strukturvorgabe zur Gestaltung der URI**

Organisation	GMA	Juristische Einrichtung, administrative Einheit oder Firma, die die ID vergeben und den entsprechenden Dictionary-Eintrag pflegen	A
Organisational sub unit/Document/Document sub unit	7.20	Unterstruktureinheit der Organisation oben, oder Publikation oder Spezifikation der Organisation	P
Submodel/ Domain-ID	bitding	Teilmodell der funktionalen oder Wissensdomäne des Assets oder Verwaltungsschale, zu der der Identifier gehört.	P
Version	1	Versionsnummer der Veröffentlichung der Spezifikation oder Publikation des Identifier	P
Revision	1	Revisionsnummer der Veröffentlichung der Spezifikation oder Publikation des Identifier	P
Property/ Element-ID		Merkmal oder weiteres Strukturelement der Verwaltungsschale	P
Instance number		Individuelle Nummerierung der Instanz in der Veröffentlichung der Spezifikation oder Publikation	P

Abbildung 9: Identifikation, Adressierung und semantische Referenzierung



Quelle: Plattform Industrie 4.0/Diedrich

Eine besondere Stellung nimmt die semantische Identifizierung ein. Die bisher benannten Identifizierungskonzepte betreffen lediglich die eindeutige Kennzeichnung der Elemente, wie sie für die Adressierung im Namensraum benötigt werden. Das I4.0-Konzept hat den Anspruch, nicht nur ein Element eindeutig identifizieren zu können, sondern auch deren Bedeutung zu erkennen. Die Konstrukte „identification“ und „idShort“ können zwar für den Menschen sprechend sein, ermöglichen aber dadurch nicht automatisch für eine Maschine einen semantischen Bezug, d.h. dass die Maschine versteht, was es ist. Für diese Aufgabe ist das Konstrukt „semanticId“ vorgesehen.

Die „semanticId“ ist vom Typ IRDI oder URI. Diese Referenz zeigt auf ein Dokument, eine Webseite oder eine andere Unterlage, in der die Bedeutung des Merkmals oder des Teilmodells mit allen seinen Elementen beschrieben ist. Die Beschreibungen dienen dazu, dass Anwendungsprogramme entscheiden können, welche Funktion (d.h. Programmsourcecode) auf das referenzierte Element anzuwenden ist.

Im Fall von IEC61360-basierenden Merkmalen können aus den teilweise formalisierten und dadurch maschineninterpretierbaren Attributen generische Funktionen abgeleitet werden, wie z. B. Datentypinterpretationen, Gültigkeitsüberprüfungen von erlaubten Wertebereichen und Maßeinheitenumrechnungen. Trotzdem müssen bei der Programmierung die prinzipiell möglichen Bedeutungen der Attribute bekannt bzw. durch Algorithmen ableitbar sein.

Beispielweise könnte bei einem Teilmodell auf eine Richtlinie oder Standard hingewiesen werden (NAMUR Empfehlung NE131 oder Standardidentifikation der Assets durch Teilmodell „Asset Identification“ nach WVS in der Praxis). Dadurch kann die Anwendung genau die Programmteile aktivieren, die für diese Elemente benötigt werden, d.h. die für diese passen.

Dieses Konzept trennt den an einen Bezeichner gebundenen Adressierungsmechanismus von der Bedeutungszuordnung. Die häufig unterschiedlichen Bezeichner von Merkmalen in unterschiedlichen Gewerken und Lebenszyklusphasen<sup>4</sup> können erhalten bleiben aber der semantische Bezug, d.h. die Bedeutung kann eindeutig hergestellt werden.

Ein Vergleich mit einem Vortragenden, der nicht die eigenen Folien präsentiert, soll dieses Konzept noch einmal veranschaulichen. Er sieht die dort geschriebenen Worte und Bilder und interpretiert diese auf seine ihm verständliche Art und Weise. Ob er die Inhalte richtig interpretiert, also die jeweils exakten Begriffe/Modellgrundlagen verwendet, ist nicht sicher. Wenn aber bei jedem Begriff stehen würde, welches Modell, welche Definition, welcher Standard dahintersteht, steigt die Eindeutigkeit, an die sich der Vortragende halten muss. Im Vergleich mit dem Identifikations- und semantischen Referenzierungskonzept sind die Wörter und auch die Bilder die identifizierenden Elemente. Die semantischen Referenzen sind meist nicht vorhanden. Wenn im Bild auf eine Quelle z. B. eine Veröffentlichung, eine Definition

<sup>4</sup> Unterschiedliche Gewerke und ihre Werkzeuge haben in der Regel ihre eigene Geschichte und Begriffswelt, die kaum zu verändern ist.

oder Ähnliches verwiesen würde, entspräche dies der semantischen Referenz im VWS-Konzept.

### 3.4 Metadaten des Teilmodells

Der inhaltliche und wesentliche Teil einer Verwaltungsschale sind die Teilmodelle. Es gibt unterschiedliche Klassen von Teilmodellen, die unter Kapitel (3.6.1) näher erläutert werden. Welche Teilmodelle eine Verwaltungsschale trägt, hängt im Wesentlichen von der Art des Assets, vom Lebenszyklus und vom Einsatzszenario ab.

Teilmodelle haben eine eindeutige Zuordnung zur Verwaltungsschale, eine eindeutige ID und damit auch einen eindeutigen Bezug zu einem konkreten Asset. Hier in der Tabelle sind die Metadaten eines jeden Teilmodells gelistet (Tabelle 4).

Nochmals betont, es handelt sich hier um Metadaten des Teilmodells, die direkt im Metamodell der Verwaltungsschale verankert sein sollten. Teilweise ist dies bereits der Fall wie z. B. für die Version und Revision und die identifizierenden und qualifizierenden Attribute. Um welche Metadaten das Metamodell der Verwaltungsschale noch erweitert wird, obliegt dem Gremium, welches das Metamodell der Verwaltungsschale definiert.

Die Metadaten des Teilmodells plus die Merkmale des Teilmodells, die einen Aspekt des Assets abbilden, stellen den Gesamtumfang aller Merkmale eines Teilmodells dar. Die Merkmale, die nicht Metadaten sind, werden in den Kapiteln ab 4.0 ausgeprägt.

### 3.5 Datenmodell/UML

Die strukturelle Modellierung ist Bestandteil des Dokuments „Verwaltungsschale im Detail Part 1“. Hier wird nur ein ganz kleiner Auszug aus dem Dokument gezeigt. Im Wesentlichen sind dies der Überblick anhand von UML's über:

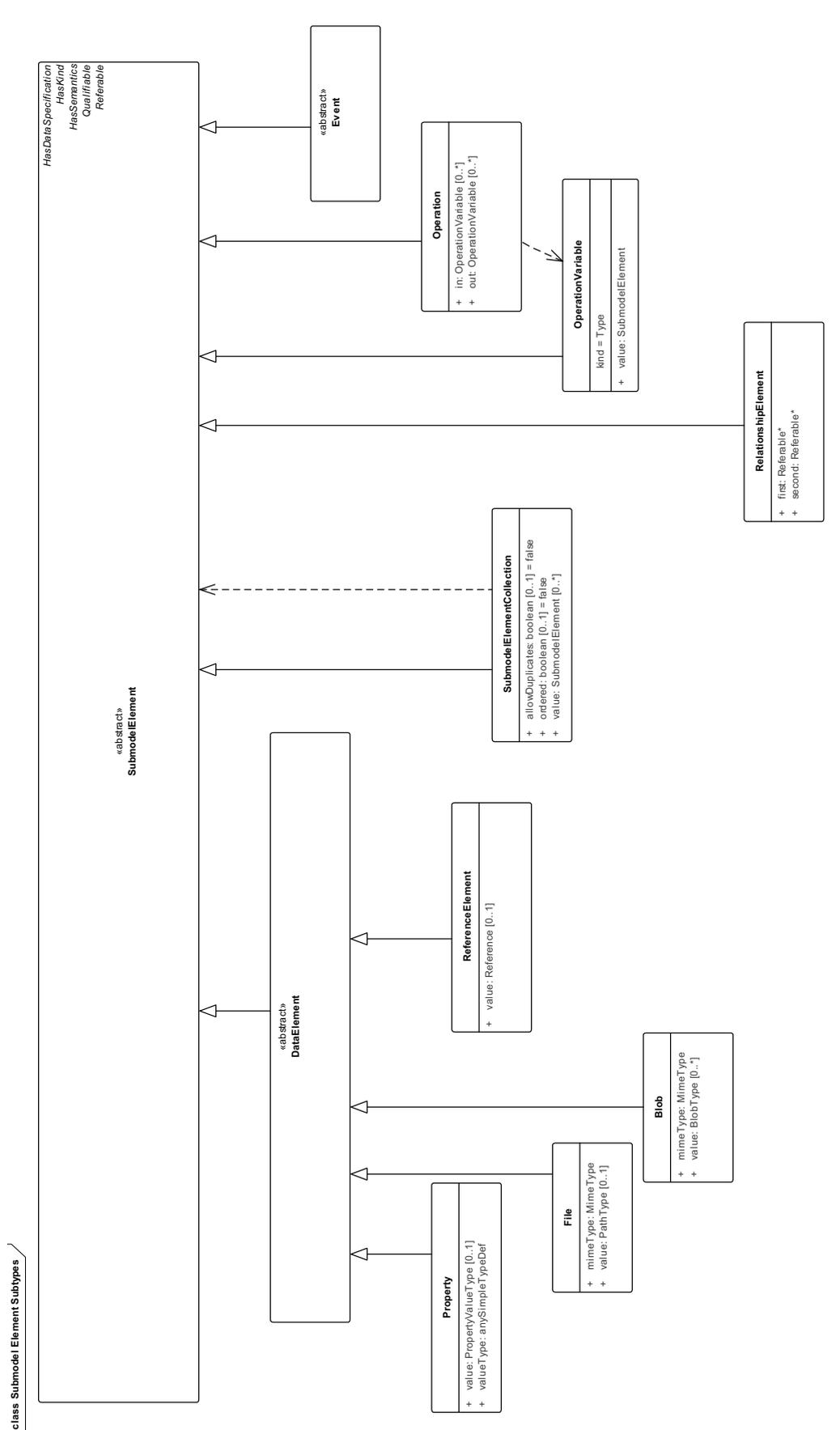
- die Struktur einer Verwaltungsschale,
- die Submodel Elemente Typen und
- die Daten Element Typen.

**Tabelle 4: Metainformationen eines Teilmodells**

Merkmal	Name	description	Value type	qualifier
SubmodelID (id)	SubmodelId	Identifier Sub Model	URI	Basis
SubmodelName (shortId)	Name	Name of Sub Model	String	Optional
SubModelKind	Kind	Typ oder Instanz Sub Model	Kind type	Basis
SubmodelVersion	Version	Each Sub Model can have multiple Versions	String	Mandatory
SubmodelRevision	Revision	Each Sub Model Version can have multiple Revisions	String	Mandatory
semanticId	SemanticId	Reference to a document (may be standard) which explains the function of the submodel (see also 3.6.4)	URI	Optional
SubmodelDescription	Description	Description of the submodel, Long text	String	Optional
SubmodelDomain	Domain	Domain of Sub model, the domain describes the context of the submodel	String	Free
SubmodelCreationDate	CreationDate	Creation Date of submodel	String	Mandatory
SubmodelLast-ChangeDate	LastChange	Last Change Date of submodel	String	Mandatory
SubmodelReferenz	Reference	Referenz to Standard SM or Standard	String	Free
SubModellCreator	Creator	Organisation or person who has created the AAS	String	Mandatory
AASReferenz	AASReference	Referenz to AdminShell is needed in the case only a Submodel is exchanged, technically this is solved via the parent object	String	Basis

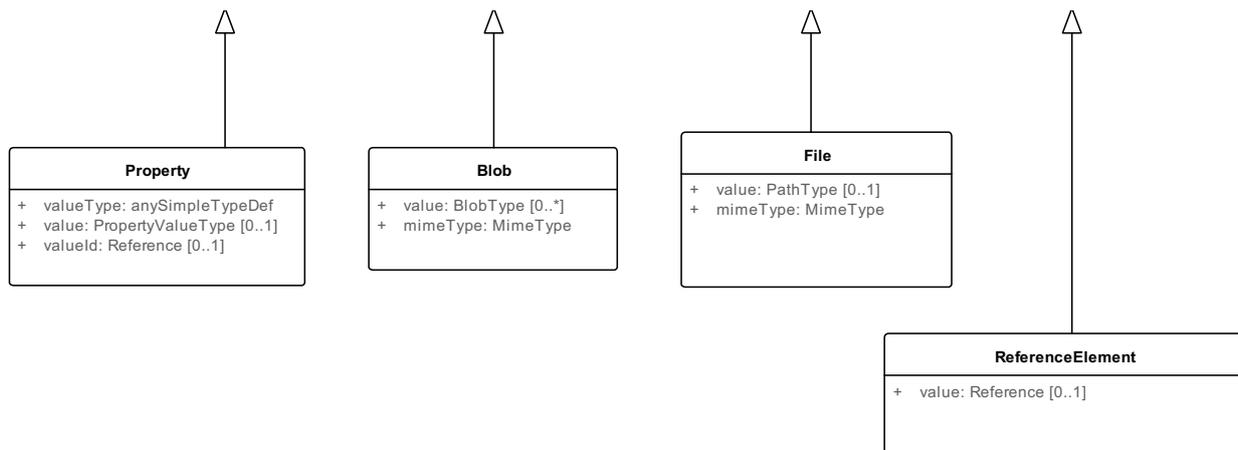


Abbildung 11: Metamodell der Submodel Element Types



Abbildungen 11: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW). (2019). Details of the Administration Shell – Part 1: The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0, Version 2.0. <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details-of-the-Asset-Administration-Shell-Part1.html>

Abbildung 12: Metamodell der Data Elements und deren Subtypen



Abbildungen 12: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). (2019). Details of the Administration Shell – Part 1: The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0, Version 2.0. <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details-of-the-Asset-Administration-Shell-Part1.html>

Mit diesen in den UML Diagrammen aufgeführten Elementen, lässt sich eine Verwaltungsschale zu einem Asset inhaltlich ausgestalten (Abbildung 10, Abbildung 11 und Abbildung 12). Für weitere Details bitte das genannte Dokument nutzen.

Hinweis: Hier bitte für mehr Information das Dokument „Administration Shell in Detail“ nutzen. Dieses ist in der Online Bibliothek der I4.0 Plattform erhältlich.

### 3.5.1 Wichtigste Elemente für die inhaltliche Modellierung von Teilmodellen

**Submodel Element:** Ein Submodel Element ist ein Element passend für die Beschreibung und Unterscheidung von Assets.

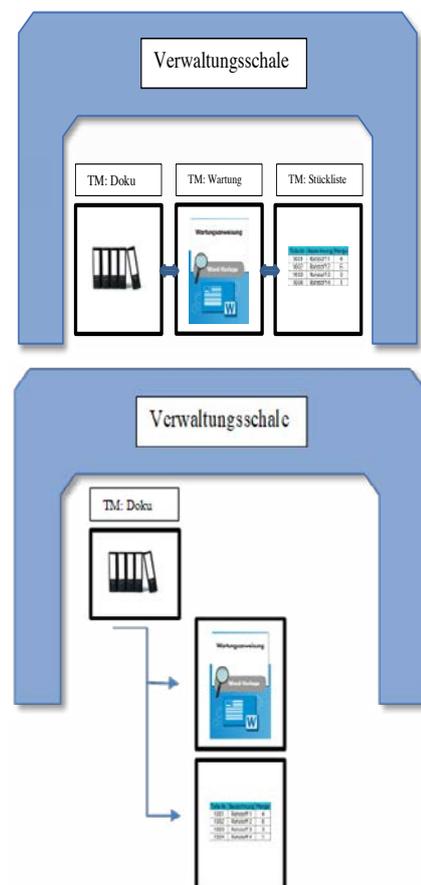
**Data Element:** Ein Data Element ist ein einfaches Submodel Element, welches nicht auf anderen oder mehreren Submodel Elementen aufgebaut ist und einen Wert hat (Value). Beispiele sind hier das einfache Property, ein File oder ein Blob.

**Submodel Element Collection:** Eine Submodel Element Collection ist ein Set oder eine Liste von Submodel Elementen. In einer Submodel Element Collection könnte man auch ein oder mehrere Submodel Element Collections finden, sodass man damit die Möglichkeit hat, Inhalte zu gruppieren und hierarchisch zu organisieren.

**Relationship Element:** Ein Relationship Element wird benötigt, um Beziehungen zwischen Elementen auszudrücken, die referenzierbar sind. Alle Submodel Elemente sind referenzierbar, ebenso die Teilmodelle. Es ist also möglich, eine Beziehung zwischen einem File in einem Submodel und einem Property aus einem anderen Teilmodell in Verbindung zu bringen. Es ist aber auch möglich, Referenzen zu extern definierten Elementen via URI oder IRDI etc aufzubauen.

Als Ausprägung der Beziehungen gibt es ein first- und ein second-Attribut. Ein first-Attribut hat in einer Beziehung die Rolle des Subjekts, während das second-Attribut die Rolle des Objekts einnimmt.

Abbildung 13: Teilmodellmodellierung mit Relationship Element oder mit Submodel Element Collections und Data-Elements



Quelle: ZVEI/SG Modelle & Standards

Es gibt also über die Elemente der Verwaltungsschalen verschiedene Möglichkeiten, um Teilmodelle zu gestalten. Einmal über die Referenz von einem Teilmodell zu einem anderen Teilmodell, oder ein Teilmodell beinhaltet mehrere Submodel-Collections oder Data-Elements, wobei ein Data-Element ein File sein kann. Hier im Beispiel (Abbildung 13) eine Wartungsanleitung oder eine Stückliste.

### 3.5.2 Beispielhaftes Mapping von Verwaltungsschalen Elementen auf ein konkretes Datenblatt

Die wichtigsten Elemente zur inhaltlichen Gestaltung von Teilmodellen werden in diesem Abschnitt auf ein reales Technisches Datenblatt gemappt (Abbildung 14) oder das Datenblatt wird auf die Strukturelemente einer Verwaltungsschale gemappt und damit in die Industrie 4.0-Form gebracht. Inhalte werden durch Industrie 4.0 erst einmal nicht neu generiert, sondern nur in eine gleiche Struktur gebracht.

In Tabelle 5 sind einige Teile aus diesem Datenblatt in die Tabelle kopiert und eine Zuordnung zu den Elementen und Metadaten einer Verwaltungsschale gemacht.

**Tabelle 5: Umsetzung von Inhalten eines technischen Datenblattes in VWS Attribute und Merkmale**

Element des Datenblatts	Klassen aus dem UML Details of the Asset Administration Shell (Vorschlag für Teilmodell Technisches Datenblatt)	Merkmale Submodel: Asset Identification
DataSheet_UC250	Submodel: Technisches Datenblatt	
UC250-F77-EP-IO-V31	Property	ManufacturerTypeID
General specifications	Submod Element Collection	
Ultrasonic Sensor	Property	ManufacturerTypName
	File	TypThumbnail



Characteristic response curve	File
<b>Sensing Range</b> 20...250mm	Property, IdShort
Sensing Range 20...250mm	DataSpecificationIEC61360, Unit
Sensing Range <b>20...250mm</b>	Property, Qualifier
IO-Link interface for services and process data	Property without value
<b>Sensorzykluszeit</b> $\geq 8$ ms (werksseitige Einstellung); parametrierbar auf 60 s	Property, IdShort
Sensorzykluszeit $\geq 8$ ms ( <b>werksseitige Einstellung</b> ); parametrierbar auf 60 s	Qualifier 1, werkseitige Einstellung
Sensorzykluszeit $\geq 8$ ms (werksseitige Einstellung); <b>parametrierbar auf 60 s</b>	Qualifier 2: $\geq 8$ ms ... < 60s

Abbildung 14: Auszug aus einem technischen Datenblatt mit Bezug zu den VWS-Inhalten

## Ultraschallsensor UC250-F77-EP-IO-V31



### Bestellbezeichnung

**UC250-F77-EP-IO-V31**

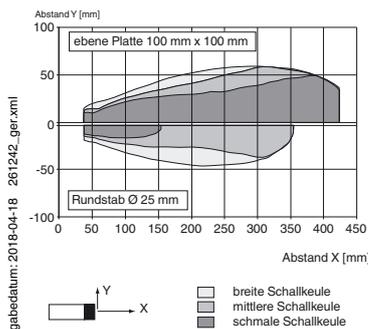
Einkopfsystem

### Merkmale

- IO-Link-Schnittstelle für Service- und Prozessdaten
- Parametrierbar über DTM-Baustein für PACTWARE
- Kontinuierlicher Abstandswert über IO-Link-Prozessdaten
- Breite der Ultraschall-Keule wählbar
- Synchronisationsmöglichkeiten
- Temperaturkompensation
- Gegentaktausgang

### Diagramme

#### Charakteristische Ansprechkurve



### Technische Daten

<b>Allgemeine Daten</b>	
Erfassungsbereich	20 ... 250 mm
Einstellbereich	25 ... 250 mm
Blindzone	0 ... 20 mm
Normmessplatte	10 mm x 10 mm
Wandlerfrequenz	ca. 400 kHz
Ansprechverzögerung	minimal : 8 ms Werkseinstellung: 29 ms
Sensorykluszeit	≥ 8 ms (werksseitige Einstellung) ; parametrierbar auf 60 s
<b>Speicher</b>	
Nichtflüchtiger Speicher	EEPROM
Schreibzyklen	300000
<b>Anzeigen/Bedienelemente</b>	
LED grün	permanent an: Power on blinkend: Standby-Betrieb oder IO-Link Kommunikation
LED gelb	permanent an: Objekt im Auswertebereich blinkend: Programmierung der Schaltpunkte, Objekt erkannt
LED rot	permanent an: Störung blinkend: Programmierung der Schaltpunkte, Objekt nicht erkannt
<b>Elektrische Daten</b>	
Betriebsspannung $U_B$	10 ... 30 V DC , Welligkeit 10 % <sub>SS</sub>
Leerlaufstrom $I_0$	≤ 40 mA
Leistungsaufnahme $P_0$	≤ 400 mW
Bereitschaftsverzögerung $t_v$	≤ 300 ms
<b>Schnittstelle</b>	
Schnittstellentyp	IO-Link (über C/Q = Pin 4)
Geräteprofil	Smart Sensor
Übertragungsrate	COM 2 (38.4 kBaud)
IO-Link Version	1.1
Min. Zykluszeit	2,3 ms
Prozessdatenbreite	16 Bit
SIO-Mode Unterstützung	ja
Geräte ID	0x300300 (3146496)
Kompatibler Masterport-Typ	A
<b>Eingang/Ausgang</b>	
Ein-/Ausgangsart	1 Synchronisationsanschluss, bidirektional
0-Pegel	0 ... 1 V
1-Pegel	2,5 V ... $U_B$
Eingangsimpedanz	> 22 kΩ
Ausgangsstrom	Stromquelle < 2,5 mA
Impulsdauer	≥ 1 ms bei externer Steuerung, low-aktiv
Synchronisationsfrequenz	
Gleichtaktbetrieb	≤ 141 Hz
Multiplexbetrieb	≤ 141 Hz / n , n = Anzahl der Sensoren , n ≤ 10
<b>Ausgang</b>	
Ausgangstyp	1 Gegentaktausgang, kurzschlussfest, verpolgeschützt
Bemessungsbetriebsstrom $I_e$	100 mA , kurzschluss-/überlastfest
Spannungsfall $U_d$	≤ 2,5 V
Reproduzierbarkeit	≤ ± 0,1 % vom Endwert
Schaltfrequenz f	Werkseinstellung: 20 Hz parametrierbar max. 45 Hz
Abstandshysterese H	1 % des eingestellten Schaltabstandes (Werkseinstellung), programmierbar , min. 1 mm
Temperatureinfluss	≤ ± 0,75 % des Endwertes (mit Temperaturkompensation) ab 10 Minuten nach dem Einschalten des Sensors ; 0,17 %/ K (ohne Temperaturkompensation)
<b>Umgebungsbedingungen</b>	
Umgebungstemperatur	-25 ... 70 °C (-13 ... 158 °F)
Lagertemperatur	-40 ... 85 °C (-40 ... 185 °F)
<b>Mechanische Daten</b>	
Anschlussart	Gerätestecker M8 x 1 , 4-polig
Schutzart	IP67
Material	
Gehäuse	Polycarbonat
Wandler	Epoxidharz/Glashohlkugelmischung; Schaum Polyurethan
Einbaulage	beliebig
Masse	9 g
Anzugsmoment Befestigungsschrauben	max. 0,2 Nm
<b>Werkseinstellungen</b>	
Ausgang	naher Schaltpunkt: 25 mm ferner Schaltpunkt: 250 mm Ausgangsmodus: Fensterbetrieb Ausgangsverhalten: Schließer
Schallkeule	breit
<b>Normen- und Richtlinienkonformität</b>	
Normenkonformität	
Normen	EN 60947-5-2:2007+A1:2012 IEC 60947-5-2:2007 + A1:2012 IEC 61131-9:2013
<b>Zulassungen und Zertifikate</b>	

Beachten Sie „Allgemeine Hinweise zu Pepperl+Fuchs-Produktinformationen“.

Pepperl+Fuchs-Gruppe  
www.pepperl-fuchs.com

USA: +1 330 486 0001  
fa-info@us.pepperl-fuchs.com

Deutschland: +49 621 776 1111  
fa-info@de.pepperl-fuchs.com

Singapur: +65 6779 9091  
fa-info@sg.pepperl-fuchs.com

**PEPPERL+FUCHS**  
SENSING YOUR NEEDS

1

### 3.6 Generische Anforderungen an Teilmodelle

Teilmodelle bestehen im Wesentlichen aus Merkmalen und Verweisen auf Funktionen, Methoden, Dienste, Dokumente und andere komplexe Sachverhalte, die nicht Bestandteil des Teilmodells selbst sind.

Teilmodelle sollten nach Möglichkeit eine abgeschlossene Sicht auf einen Aspekt des Assets und einen gewissen Nutzen haben oder ein Szenario bedienen. Als Beispiel sei hier das Energiemanagement genannt, sodass im Teilmodell Energiemanagement alle dafür relevanten Merkmale über Schnittstellen bereitgestellt werden können.

Ein Teilmodell muss in Grundzügen standardisiert sein, das bedeutet, dass es sowohl Basis/Pflicht-Merkmale und Basis/Pflicht-Funktionen geben muss, die über individuelle Merkmale und Funktionen durch einen einzelnen Industrie 4.0-Partner erweitert werden können. Dies bedeutet, dass zum Beispiel bei Energiebetrachtungen für verschiedene Assets gleiche verpflichtende Merkmale und Funktionen vorliegen müssen, so, dass man zum Beispiel für alle Komponenten einer Anlage oder Anlagen eines Werkes diese einfach konsolidieren oder gleich ansteuern kann. Spezifische Ergänzungen bleiben natürlich möglich.

#### 3.6.1 Klassen von Teilmodellen

Die Verwaltungsschale hat unterschiedliche Klassen von Teilmodellen (Tabelle 6). Es gibt Basis-Teilmodelle, die unabhängig von der Asset-Klasse verpflichtend sind und dabei auch nur Basis- und Pflicht-Merkmale verwenden. Weitere Details siehe Tabelle 6.

Neben dem Standardisierungsaspekt, und ob ein Teilmodell optional oder verpflichtend ist, sind aktive von passiven Teilmodellen zu unterscheiden. Aktive Teilmodelle initiieren die Interaktion mit einem oder mehreren anderen Industrie 4.0-Komponenten. Passive Teilmodelle reagieren auf Inter-

aktionsanfragen, sie haben einen ausschließlich beschreibenden Charakter, d.h. stellen nur ihre Informationen zur Verfügung (siehe auch 2.2.4).

#### 3.6.2 Anleitung zur Definition eines Teilmodells

Der inhaltliche oder fachliche Teil eines Teilmodells kann nur von den entsprechenden Fachleuten für diesen Aspekt definiert werden. Sinnvoll wäre es, ein Teilmodell auf bereits existierende und verbreitete Normen und Standards aufzusetzen, um inhaltliche Diskussionen kurz zu halten und die Akzeptanz von Beginn an zu wahren (Abbildung 15).

Es ist davon auszugehen, dass bei einer unüberschaubaren Menge an Assets, Szenarien, Branchen und Funktionen sehr viele Teilmodelle entstehen müssen. Dies wird keine Institution der Welt leisten können, sodass es einer allgemein gültigen Anleitung bedarf, damit Teilmodelle überall konsistent entstehen können.

Folgende drei Dinge sind notwendig um ein Teilmodell zu spezifizieren:

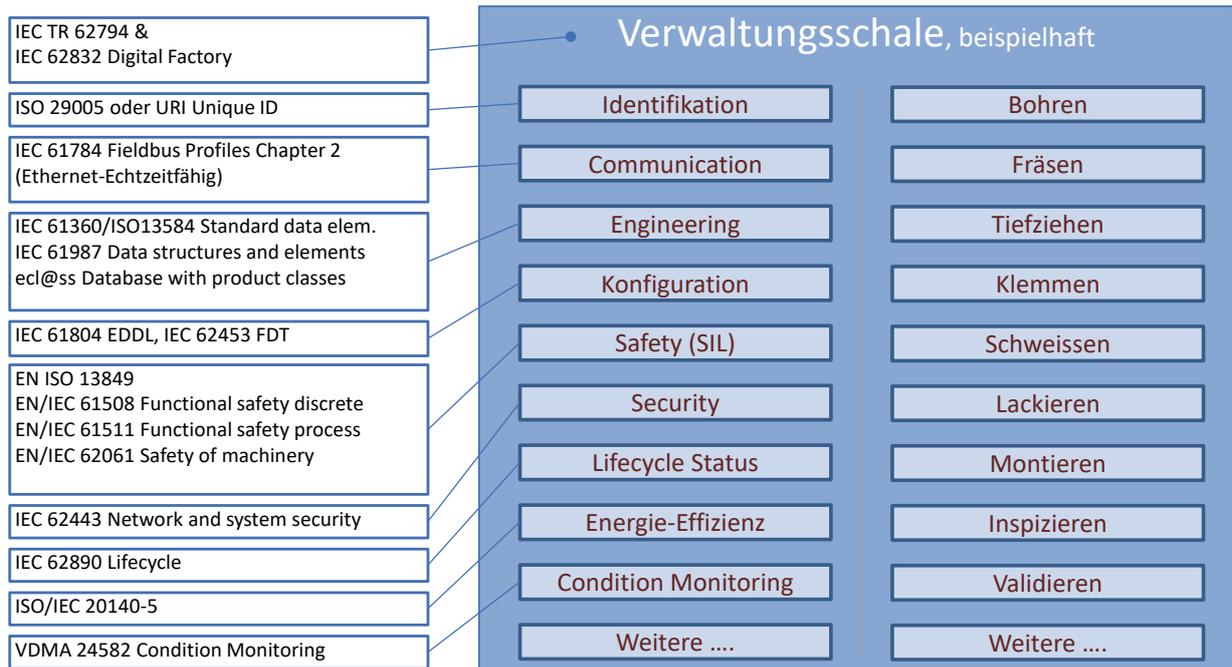
1. Jedes Teilmodell **muss einen Nutzen und eine betriebswirtschaftliche Relevanz** haben. So ist dies möglichst detailliert zu beschreiben, um dann darauf basierend weitere Details zielgerichtet ausarbeiten zu können. Was genau und welches Ziel soll mit einem Teilmodell wie erreicht werden? Des Weiteren ist zu überlegen, welche Klasse von Teilmodell möchte man bauen. Eines, das für alle Verwaltungsschalen unabhängig des Assets Pflicht oder optional ist, eines welches für eine Asset-Klasse Pflicht oder optional ist oder möchte man ganz unabhängig als Hersteller ein Teilmodell bauen.

Nur vor einem konkreten und über einen Asset-übergreifenden Nutzen können die weiteren Details definiert werden und ein Asset-übergreifend einheitliches Teilmodell gefunden werden.

**Tabelle 6: Klasse von Teilmodellen**

Teilmodell	Beschreibung
Basis Teilmodell Pflicht	Teilmodelle, die für alle Verwaltungsschalen unabhängig vom Asset verpflichtend sind. Merkmale sind entweder Basis, Pflicht oder Optionale Merkmale.
Basis Teilmodell Optional	Teilmodelle, die für alle Verwaltungsschalen unabhängig vom Asset verwendbar sind, aber optional sind. Merkmale sind entweder Basis, Pflicht oder Optionale Merkmale
Pflicht Teilmodell Asset Klasse	Teilmodelle, die für Verwaltungsschalen einer Asset Klasse verpflichtend sind. Merkmale sind entweder Basis, Pflicht oder Optionale Merkmale.
Optionale Teilmodelle Asset Klasse	Teilmodelle, die für Verwaltungsschalen einer Asset Klasse optional sind. Merkmale sind entweder Basis, Pflicht, Optionale oder Freie Merkmale.
Freie Teilmodelle	Teilmodelle, die für Verwaltungsschalen eines Assets optional sind und die durch einen einzelnen Industrie-Partner definiert sind. Merkmale sind entweder Basis, Pflicht, Optionale oder Freie Merkmale.

Abbildung 15: Mögliche Standards als Basis für ein Teilmodell



Quelle: ZVEI/SG Modelle & Standards

Beispiel: Das Teilmodell Energiemanagement beschreibt den Energieverbrauch Asset-unabhängig, um den Energieverbrauch für unterschiedliche Assets in gleicher Weise transparent zu machen, ihn von verschiedenen Assets vergleichbar zu machen und ihn zu senken.

2. Für diesen Nutzen sind **mögliche Funktionen und eventuelle Interaktionen zu beschreiben**, die dafür benötigt werden. In welchem größeren Kontext können die Merkmale wie genutzt werden? Letztendlich sind hier die wesentlichen W-Fragen zu konkretisieren. Was macht das Teilmodell des Assets, warum, mit wem, wo, wann und wie?

Beispiel: Mit den Merkmalen des Teilmodells Energiemanagement ist es möglich, den Energieverbrauch des Assets zu berechnen und die dafür notwendigen Merkmale können anderen Teilnehmern eines Industrie 4.0-Netzwerkes jederzeit und dauerhaft über eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

3. Als dritten Schritt bestimmt man die Merkmale eines Teilmodells, die benötigt werden, um den Nutzen und die dafür notwendigen Funktionen zumindest anzustoßen. **Es sollte bei der Festlegung der Merkmale** stets versucht werden, diese aus einem bereits vorhandenen Repository zu verwenden. Typische Repositories sind IEC CDDs, ecl@ss und Parameter von Feldbusprofilen sowie Variablen von OPC UA Companion Specifications.

Es ist zwischen **Merkmaltypen und Merkmalinstanzen** zu unterscheiden. Den Merkmaltyp gibt es für jedes Merkmal nur genau einmal. Mit ihm werden alle die Attribute festgelegt, die für alle Instanzen identische Werte haben, z. B. die Beschreibung, der Datentyp und der erlaubte Wertebereich. Während des operativen Betriebes haben bestimmte Merkmalattribute sich häufig verändernde Werte, z. B. der tatsächlich gemessene Wert, evtl. die Maßeinheit aber auch zusätzliche Attribute, wie z. B. ein Zeitstempel oder eine Aussage, ob der Wert gut oder schlecht ist. Während des operativen Betriebes haben auch die Merkmale, die sich typischerweise nicht ändern Instanzwerte, wie z. B. den „Value“.

### 3.6.3 Merkmale

Im Kontext von Industrie 4.0 sind Merkmale das kleinteiligste Element, welches zur Interaktion mit anderen Partnern benötigt wird. Die Merkmale eines Teilmodells sind entsprechend der Beispiele in Tabelle 7 näher zu spezifizieren. Der komplette Satz von Attributen eines Merkmals für die exakte, Verwaltungsschalen-konforme Definition, ist im Anhang (7.1) zu finden. In diesem Dokument benutzen wir für die Beschreibung der Merkmale eines Teilmodells eine vereinfachte Tabelle, damit dieses leserlich und überschaubar bleibt. Um ein Teilmodell in erster und vereinfachter Form zu erstellen, kann die folgende Tabelle 7 kopiert werden.

**Tabelle 7: Vereinfachte Tabelle mit notwendigen Attributen zu Merkmalen**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Herstellername	-	<a href="#">0173-1#02-AAO677#002</a>	Herstellername	Bezeichnung für eine natürliche oder juristische Person, die für die Auslegung, Herstellung und Verpackung sowie die Etikettierung eines Produkts im Hinblick auf das 'Inverkehrbringen' im eigenen Namen verantwortlich ist	SAP	mandatory
Luftvolumenstrom	-	<a href="#">0173-1#02-AAI696#001</a>	Luftvolumenstrom	quantitative Angabe über den Luftvolumenstrom	15	optional

In der Tabelle sind beispielhaft zwei Merkmale mit ihren Attributen ausgeprägt, Herstellername und Luftvolumenstrom unabhängig von irgendwelchen Rahmenbedingungen.

Wie in Kapitel 3.1 bereits beschrieben, sind die im Dokument zunächst verwendeten Attribute die folgenden:

- shortId → vom VWS-Hersteller definierter lesbarer String, der einen eindeutigen Namen im Namensraum des Teilmodells enthält,
- semanticId → es kann Teilmodelle geben, deren semantische Beschreibung intern oder extern eindeutig beschrieben ist, diese semantische Beschreibung wird mit diesem Attribut referenziert (optional).
- Description → Definition oder Erklärung zum Merkmal.
- Value → Wert des Merkmals.
- Parent → es können Strukturen von Merkmalen aufgebaut werden, die Hierarchie wird durch das „parent“ Attribut beschrieben.
- Qualifier → zusätzliche Angaben zur Beschreibung des values (z. B. Anforderung, Zusicherung, mandatory, optional..).

Es soll hier nochmals explizit hervorgehoben werden, dass Merkmale für den Austausch zwischen Industrie 4.0-Wertschöpfungspartnern eindeutig definiert sein müssen, damit alle darin involvierten Partner darüber das gleiche Verständnis haben. Das bedeutet, dass dieser wichtige Teil der Semantik eindeutig sein muss. Dies wird durch die „semanticId“, einem Verweis auf eine eindeutige Definition erreicht. Der Identifier in der semanticId muss nach ISO 29005-2 oder URI ausgestaltet sein (Abbildung 8 und 3.3.2). Herstellerspezifische Merkmale können definiert werden, müssen aber die gleichen Beschreibungskonventionen einhalten, wie die standardisierten Merkmale.

Merkmale können beschreibende, also eher statischer Art sein. Merkmale können aber auch Parameter, Zustände, Funktionen/Methoden oder der Verweis auf andere Informationsquellen sein. Es gibt folgende Klassen von Merkmalen (Tabelle 8).

Die Teilmodelle werden einen wahrscheinlich kleineren Satz an Basis- und Pflicht-Merkmalen haben und einen größeren Teil an optionalen und freien Merkmalen. Damit hat der Hersteller eines Assets eine gewisse Interoperabilität gewährleistet, aber auch noch die Möglichkeit, sich vom Wettbewerber abzuheben.

**Tabelle 8: Klasse von Merkmalen**

Klasse	Beschreibung
Basis-Merkmal	Merkmale, die für alle Verwaltungsschalen verpflichtend und standardisiert sind (siehe z. B. Tabelle 4).
Pflicht-Merkmale	Merkmale, die verpflichtend und standardisiert sind für die Teilmodelle von Verwaltungsschalen (siehe z. B. xx).
Optionale Merkmale	Merkmale, die standardisiert, aber nicht verpflichtend für die Teilmodelle von Verwaltungsschalen sind.
Freie Merkmale	Merkmale, die nicht standardisiert und nicht verpflichtend sind, für die Teilmodelle von Verwaltungsschalen, z. B. herstellerspezifische Merkmale

Quelle: Struktur der Verwaltungsschale

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, Assets, Teilmodelle und Merkmale jeweils eindeutig identifiziert werden

### 3.6.4 Verwendung des Attributes „semanticId“ für Merkmale und Teilmodelle

Bei der Definition der Teilmodelle existieren grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- an Normen oder sonstige öffentlich zugängliche sowie allgemein anerkannte Spezifikationen angelehnte Teilmodelle bzw. Teilmodelle, die an sich einen Normungscharakter haben und
- andere Teilmodelle (z. B. herstellerspezifisch), deren Parameter nicht unmittelbar selbstbeschreibend sind

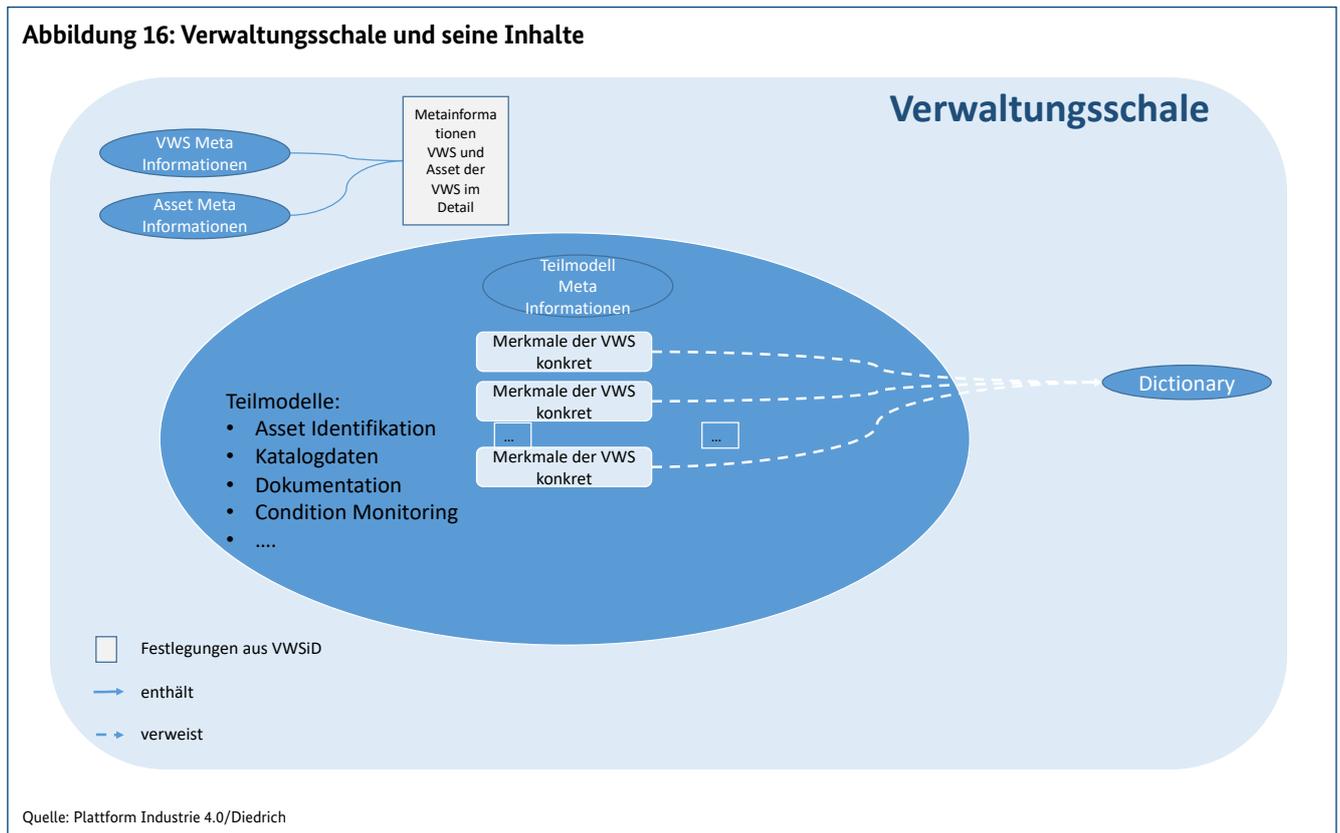
Dies kann Auswirkungen auf die Ausgestaltung des semanticId-Attributs von Merkmalen haben. So ist bei standardisierten Teilmodellen meist davon auszugehen, dass die Bedeutung des Merkmals durch den Standard definiert ist, damit kann semanticId für jedes einzelne Merkmal entweder entfallen (der Kontext kann dann aus der semanticId des Teilmodells bestimmt werden) oder den Standard referenzieren. Im Gegensatz dazu, fehlt bei herstellerspezifischen Teilmodellen der definierende Kontext, so dass hier als semanticId beispielsweise IEC CDD-, eCl@ss- Identifier oder Ontologie-Verweise (URIs) verwendbar sind.

Das Attribut semanticId ist für Teilmodelle optional (Tabelle 4). Bei standardisierten Teilmodellen sollte die semanticId auf jeden Fall angegeben werden. Bei herstellerspezifischen ist dies nicht immer möglich. Für ein allgemeines Verständnis außerhalb des Herstellers sollte aber eine entsprechende Referenz zur Verfügung gestellt werden.

## 4. Konkrete Teilmodelle

Teilmodelle sind nach Möglichkeit schon auf existierenden und bereits verbreiteten Standards zu definieren (siehe 3.6.2). Ein Teilmodell sollte die Merkmale des referenzierten Standards nutzen, eventuell angereichert über weitere Merkmale. Es ist ebenso vorstellbar, gewisse Merkmale dieses referenzierten Standards wegzulassen, wenn diese für ein Szenario nicht gebraucht werden oder schon über die Metadaten der Verwaltungsschale abgedeckt sind.

Im Nachgang findet man definierte generische Asset-unabhängige Teilmodelle, Asset-spezifische Teilmodelle als auch freie Teilmodelle. Alle diese Teilmodelle haben die gleichen Metadaten (Abbildung 16 und Abschnitt 3.4). Die Teilmodelle sind beispielhaft für Komponenten des Demoszenarios mit der Infrastruktur-Komponente SAP AIN ausgeprägt. Damit wird auch die Bedeutung einzelner Merkmale deutlich.



## 4.1 Generische Teilmodelle

### 4.1.1 Identifizierende Merkmale des Assets

#### 4.1.1.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Das Teilmodell „Asset Identifikation“ hat im Wesentlichen den Nutzen, eine I4.0-Komponente eindeutig zu identifizieren und über seine Merkmale auffindbar zu machen. Dabei ist die eindeutige Identifikation eher relevant für die Kommunikation zwischen Automaten und die weiteren identifizierenden Merkmale des Teilmodells mehr für das Finden einer I4.0-Komponente durch einen Menschen in einer Infrastruktur-Komponente.

#### 4.1.1.2 Detaillierung Teilmodell, Funktionen und Interaktionen

In der Kommunikation zwischen I4.0-Komponenten müssen die Merkmale zur eindeutigen Identifikation eines Assets sicher ausgetauscht werden können. Dies findet zuerst sicher in einem Prozess statt, bevor andere Informationen oder Daten ausgetauscht oder Operationen gestartet werden. Ebenso müssen beim Austausch einer Verwaltungsschale die Identifikationsmerkmale maschinenlesbar sein. Andere für den Menschen lesbare Merkmale zur Identifikation müssen in einer Infrastruktur Komponente abgefragt werden können

#### 4.1.1.3 Merkmale des Teilmodells: Asset Identifikation

Das Teilmodell „Asset Identifikation“ soll in Zukunft standardisiert werden, d.h. es soll für alle Asset-Identifikationen der Verwaltungsschale Anwendung finden. Es gibt ausgesprochen viele verschiedene Asset-Klassen mit sehr unterschiedlichen Charakteristiken von reinen Mechaniken, z.B. Getriebe über Steuerungen bis hin zu ganzen Anlagen. Deshalb gibt es auch verschiedene Möglichkeiten, das Teilmodell „Asset Identifikation“ zu gestalten. Beispielsweise könnte man verschiedene spezialisierte Teilmodellen spezifizieren, die sich in der Auswahl und dem Umfang der Merkmale unterscheiden, wobei dann aber je Klasse alle Merkmale verpflichtend umzusetzen sind. Eine andere universelle Teilmodellvariante hat einen umfassenden Umfang von identifizierenden Merkmalen zusammenzustellen und diese zum Teil optional zuzulassen. Die zweite Variante wird hier vorgeschlagen.

Das Teilmodell „Asset Identifikation“ gibt es sowohl für den Typ als auch für die Instanz (Tabelle 9 und Tabelle 10). Das Teilmodell für den Typ beinhaltet nur die Merkmale des Typs, das Teilmodell für die Instanz beinhaltet die Merkmale für die Instanz und optional des Typs. Mit Hilfe der Typ-Merkmale kann man bei der Suche nach einer Instanz die Grundmenge der gefundenen Instanzen eingrenzen. Zum Beispiel kann über die Eingrenzung auf bestimmte Hersteller vermieden werden, dass gleiche Assets von verschiedenen Herstellern gefunden werden.

In der Tabelle 9 wurde beispielhaft die Lösung (siehe Abschnitt 3.6.4) mit externen Verweisen nach eCl@ss gewählt, die aus verfügbaren Identifikationen z.B. nach OPC UA DI gewählt wurden. Im Falle der eventuellen Standardisierung des Teilmodells „Asset Identifikation“ können die eCl@ss-Identifizier durch Verweise auf den Standard ersetzt oder ganz entfernt werden.

Dieses Teilmodell „Asset Identifikation“ ist ein potentieller Kandidat für das assetIdentificationModel (ein Attribut des Assets im Metamodell der VWS).

**Tabelle 9: Typbezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identifikation“**

Merkmalsname	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend 4						
Herstellername	-	<a href="#">0173-1#02-AAO677#002</a>	Manufacturer-Name	Bezeichnung für eine natürliche oder juristische Person, die für die Auslegung, Herstellung und Verpackung sowie die Etikettierung eines Produkts im Hinblick auf das 'Inverkehrbringen' im eigenen Namen verantwortlich ist	SAP	mandatory
GLN des Herstellers	-	<a href="#">0173-1#02-AAU812#001</a>	ManufacturerId	International eindeutige Nummer für den Geräte- oder Produkthersteller sowie für den Standort		
Anbieter der Identifikationsnummer	-	<a href="#">0173-1#02-AAP796#004</a>	ManufacturerId-Provider	DUNS-Nr., Lieferantenummer oder andere Nummer zur Identifikation eines Anbieters bzw. Lieferanten		
Herstellerartikelnummer		<a href="#">0173-1#02-AAO676#003</a>	Manufacturer-TypId	Eindeutiger Bestellschlüssel des Herstellers		
Herstellerproduktbezeichnung		<a href="#">0173-1#02-AAW338#001</a>	Manufacturer-TypName	Kurze Beschreibung des Produktes (Kurztext)		
Herstellerproduktbeschreibung		<a href="#">0173-1#02-AAU734#001</a>	Manufacturer-TypDescription	Beschreibung des Produktes, seiner technischen Eigenschaften und ggf. seiner Anwendung (Langtext)		
Lieferantenname	-	<a href="#">0173-1#02-AAO735#003</a>	SupplierName	Name des Lieferanten, welcher dem Kunden ein Produkt oder eine Dienstleistung bereitstellt		
GLN des Lieferanten	-	<a href="#">0173-1#02-AAU813#001</a>	SupplierId	international eindeutige Nummer für den Geräte- oder Produktlieferanten sowie für den Standort		
Anbieter der Identifikationsnummer	-	<a href="#">0173-1#02-AAP796#004</a>	SupplierIdProvider	DUNS-Nr., Lieferantenummer oder andere Nummer zur Identifikation eines Anbieters bzw. Lieferanten der Identifikationsnummer		
Lieferantenartikelnummer	-	<a href="#">0173-1#02-AAO736#004</a>	SupplierTypId	Eindeutiger Bestellschlüssel des Lieferanten		
Lieferantenproduktbezeichnung	-	<a href="#">0173-1#02-AAM551#002</a>	SupplierTypName	Kurze Beschreibung des Produktes (Kurztext)		

Tabelle 9: Typbezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identifikation“ (Fortsetzung)

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Lieferantenprodukt- beschreibung		<a href="#">0173-1#02-AAU730#001</a>	SupplierTyp- Description	Beschreibung des Produktes, seiner technischen Eigenschaften und ggf. seiner Anwendung (Langtext)		
Herstellerprodukt- familie		<a href="#">0173-1#02-AAU731#001</a>	TypClass		19-17- 04-14	
Klassifikationssystem		Wird bei eCl@ss beantragt	ClassificationSys- tem		eCl@ss	
Typnummer des IT Systems		Wird bei eCl@ss beantragt	SecondaryKeyTyp	Führende technische ID im IT System des Typs		
Vorschaubild		Wird bei eCl@ss beantragt	TypThumbnail			

Tabelle 10: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identifikation“

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Asset ID		Wird bei eCl@ss beantragt	AssetId	Global eindeutige ID eines Asset, die maschinenlesbar oder durch Menschen lesbar ist	-	
InstanceID		<a href="http://opcfoundation.org/UA/DI/1.1/DeviceType/Serialnumber">http://opcfoundation.org/UA/DI/1.1/DeviceType/Serialnumber</a>	InstanceId	Seriennummer des Assets	-	
Chargen-Nummer		<a href="#">0173-1#02-AAQ196#001</a>	ChargeId	Eine vom Hersteller eines Stoffes vergebene Nummer zur Identifikation einer Charge	-	
Instanznummer des IT Systems		Wird bei eCl@ss beantragt	SecondaryKey- Instance	Führende technische ID im IT System der Instanz	-	
Herstellungsdatum		<a href="#">0173-1#02-AAR972#002</a>	Manufacturing- Date	Datum, ab dem der Herstellungs- und/oder Entstehungsprozess abgeschlossen ist bzw. ab dem eine Dienstleistung vollständig erbracht ist	-	
DeviceRevision		Wird bei eCl@ss beantragt	DeviceRevision		-	
SoftwareRevision		Wird bei eCl@ss beantragt	SoftwareRevision		-	
HardwareRevision		Wird bei eCl@ss beantragt	HardwareRevision		-	
QR-Code		Wird bei eCl@ss beantragt	QR-Code	In dem QR-Code ist die URL, die auf die Instanz des Assets genau beschreibt, hinterlegt.		

## 4.1.2 Technisches Datenblatt

Im Teilmodell „Technisches Datenblatt“ wird das Asset über standardisierte und eindeutige Merkmale beschrieben. Dieses Teilmodell beinhaltet die beschreibenden Merkmale eines Asset-Typs, die auch für eine Instanz relevant sein können. Es handelt sich damit also um ein Basis-Teilmodell für Verwaltungsschalen, die ein Asset Typ repräsentiert, optional ist es für Verwaltungsschalen einer Instanz. Merkmale aus einem technischen Datenblatt zu einem Asset-Typ sind meist auch relevant für die Instanz des Assets (siehe auch Bild 31: Zusammenspiel Typ und Instanz mit seinen Teilmodellen).

### 4.1.2.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Die Merkmale des Teilmodells „Technisches Datenblatt“ sind im Wesentlichen beschreibende Merkmale des Assets, die nicht nur in technischen Bereichen eine Rolle spielen, sondern auch in kaufmännische Szenarien, wie beim Verkauf oder Einkauf von Assets. Die Beschreibungen eines Assets sind oft in Katalogen oder eben in dem Technischen Datenblatt des Herstellers für seine Erzeugnisse zu finden.

Das technische Datenblatt ist ein erster Anker, sich über das Produkt zu informieren und es ist sehr oft ein Dokument, welches über Abteilungsgrenzen und auch Organisationsgrenzen hinweg genutzt wird. Beispielsweise übergibt die Produktentwicklung dieses dem Vertrieb, dieser gibt es bei

Angeboten seinerseits mit dem Angebot an seine Kunden mit.

Eine standardisierte Beschreibung von Assets einer Klasse ist in Einkaufsprozessen besonders relevant, um eine leichte Vergleichbarkeit verschiedener Assets einer Klasse zu erreichen. Auch vom Engineering wird oft auf das „Technische Datenblatt“ zurückgegriffen. Zum Beispiel in der Konstruktion, wo die Maße eines Assets die Einbausituation in einer übergeordneten Komponente definieren können.

#### 4.1.2.2 Detaillierung Teilmodell, Funktionen und Interaktionen

Da in diesem Teilmodell ausschließlich beschreibende und statische Merkmale des Modells zu finden sind, wird es nur Interaktionen im Sinne einer Abfrage wie „Gebe mir bitte Deine beschreibenden Merkmale“ geben. Diese könnten dann entweder in einem Ausschreibungsprozess oder für die Konstruktion dazu genutzt werden, um mögliche Anforderungen zu den beschreibenden Merkmalen zu mappen.

#### 4.1.2.3 Merkmale Teilmodell, Technisches Datenblatt

Diese Merkmale sind für unterschiedliche Assets natürlich sehr verschieden. Eine Software hat z. B. kein Gewicht oder Außenmaße. Diese Merkmale oder Merkmalslisten einer Asset-Klasse sollten über Hersteller hinweg standardisiert sein, wie das zum Beispiel bei eCl@ss der Fall ist.

Erzeugt man ein „Technisches Datenblatt“, sollte recherchiert werden, welche eCl@ss Merkmale in der entsprechenden Asset-Klasse bereits vorhanden sind und dazu die Suche auf <http://www.eclasscontent.com> nutzen. Bei der Recherche sollte darauf geachtet werden, dass die Definition, die Mengeneinheit, der Datentyp und die Übersetzungen des Merkmals in andere Sprachen zu seinen Anforderungen passt. Ist dies der Fall, ist dieses Merkmal mit seiner IRDI unbedingt zu nutzen, um von einer Schaffung von Dubletten abzusehen. Fehlen wichtige Merkmale, die sinnvoller Weise standardisiert werden sollten, sind die in den entsprechenden Arbeitsgruppen der Asset-Klassen oder über den Fast Track Service einzubringen. eCl@ss veröffentlicht

ca. einmal im Jahr ein neues Release seines Standards. Der Fast Track Service ist ein Dienst, um unterjährig eCl@ss IRDI's für Merkmale und andere Objekte zu erlangen. Dieser wird im Laufe des Jahres 2019 verfügbar werden. Die über den Fast Track Service angefragten Merkmale kommen als inhaltliche Anforderungen in die entsprechenden Arbeitsgruppen. Dort wird entschieden, ob diese Merkmale in ein neues Release kommen oder nicht. Details dazu bei eCl@ss oder [www.eclass.eu](http://www.eclass.eu).

#### Struktur eines „Technisches Datenblatts“

Um auch die Strukturierung eines Teilmodells „Technisches Datenblatt“ inhaltlich zu harmonisieren, sollte es folgende Gruppen von Merkmalen geben:

- generelle Eigenschaften,
- elektrische Eigenschaften,
- mechanische Eigenschaften,
- Software und
- kaufmännische Details.

Diese Gruppen von Merkmalen entsprechen einer Submodel Element Collection. Dadurch, dass alle Assets verschieden sind, lässt sich eine Harmonisierung nur auf Gruppenebene (SubmodelElementCollection) über verschiedene Asset-Klassen erreichen. Zudem können gewisse Merkmale von vielen Asset-Klassen genutzt werden, wie z. B. Höhe, Breite, Tiefe, Netzspannung, Gewicht, etc.

Es ist auch möglich anstatt mit Submodel Element Collections eine Ebene höher zu arbeiten und dann Teilmodelle zu modellieren. Dann hätte man für die generellen Eigenschaften, elektrischen Eigenschaften, etc. je ein Teilmodell. Hier wird aber der vorher beschriebene Ansatz präferiert, da der betrachtete Aspekt des Assets das Technische Datenblatt ist.

Hier nun ein angedeutetes und nicht vollständiges Teilmodell „Technisches Datenblatt“ für ein Edge-Gateway NIOT-E-TIJCX-GB-RE der Firma Hilscher (Tabelle 11).

Tabelle 11: Merkmale des Teilmodells „Technisches Datenblatt“ beispielhaft

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Zertifikate und Zulassungen	Elektrische Eigenschaften	<a href="#">0173-1#02-BAB392#013</a>	Zertifikat/ Zulassung	Nachweis der Güteeigenschaften durch Bescheinigung, mit der bestätigt wird, dass das Produkt a) den maßgebenden technischen Spezifikationen entspricht und b) einer werkseigenen Produktionskontrolle sowie c) einer Fremdüberwachung unterliegt, oder Erlaubnis, ein Produkt, einen Prozess oder eine Dienstleistung zum angegebenen Zweck oder unter angegebenen Bedingungen auf den Markt zu bringen oder zu nutzen	CE,FCC,UL	
Minimale Versorgungsspannung	Elektrische Eigenschaften	<a href="#">0173-1#02-AAC025#007</a>	min. Versorgungsspannung (bei DC)	kleinster Grenzwert der erforderlichen Gleichspannung als elektromotorische Kraft, die am Versorgungseingang eines elektrischen Betriebsmittels zeitweise oder ständig anliegen muss, um die Funktion des Betriebsmittels aufrecht zu erhalten	19.2	
Maximale Versorgungsspannung	Elektrische Eigenschaften	<a href="#">0173-1#02-AAB909#007</a>	max. Versorgungsspannung (bei DC)	größter Grenzwert der erforderlichen Gleichspannung als elektromotorische Kraft, die am Versorgungseingang eines elektrischen Betriebsmittels zeitweise oder ständig anliegen muss, um die Funktion des Betriebsmittels aufrecht zu erhalten	28.8	
Schutzart	Elektrische Eigenschaften	<a href="#">0173-1#02-BAG975#011</a>	Schutzart (IP)	Ausmaß des durch ein Gehäuse gebotenen Schutzes vor Zugang zu gefährlichen Teilen und Eindringen von festen Fremdkörpern und/oder Wasser, der durch normierte Prüfverfahren bestätigt wurde, angegeben als IP-Einstufung	IP20 (0173-1#07-WAA026#004 )	
Montageart	Mechanische Eigenschaft	<a href="#">0173-1#02-BAG640#007</a>	Montageart	Die Art und Weise der Befestigung eines Gerätes z. B. Einbau, Aufbau, oder Einschub	Wandmontage(0173-1#07-BAB134#001)	
Außenbreite	Mechanische Eigenschaft	<a href="#">0173-1#02-AAI466#003</a>	Außenbreite	Ausdehnung rechtwinklig zur längsten Abmessung eines Gegenstandes, gemessen an der Außen-seite	85	
Anzahl der CPU Kerne	Generelle Eigenschaften	<a href="#">0173-1#02-AAR410#001</a>	Anzahl der CPU-Kerne	Quantitative Angabe zur Menge der Kerne eines Prozessors	4	
Software vorhanden	Software	<a href="#">0173-1#02-BAD665#008</a>	Software vorhanden	Angabe, ob das Gerät oder die Dokumentation mit einer Software ausgestattet ist	Ja, (0173-1#07-CAA016#001)	

#### 4.1.3 Asset-Dokumentation

Das Teilmodell „Asset-Dokumentation“ stellt eine standardisierte Weise dar, wie Hersteller ihre Dokumentation bei der Übergabe vom Hersteller auf den Betreiber eines Assets oder Anlage übergeben sollten. Dabei spielt die Struktur, die Klassifizierung von Dokumenten, das Datenformat, das Übergabeformat und die mitgelieferten Metadaten eine Rolle.

Das Teilmodell beruht im Wesentlichen auf der VDI 2770 [3]. Diese importierten Festlegungen werden in die Verwaltungsschalenstruktur (z. B. Hierarchie von Assets) und die Teilmodelle integriert.

#### 4.1.3.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Ziele einer standardisierten, digital verfügbaren Dokumentation sind folgende:

- voll- oder teil-automatisierte einheitliche Übergabe der Dokumentation vom Hersteller, an den Integrator oder Betreiber,
- einheitliche Dokumentation über Asset-Kategorien und verschiedene Hersteller einer Asset-Kategorie hinweg,
- vereinfachtes Auffinden relevanter Dokumentation im Bedarfsfall,
- Verringerung des Aufwandes bei der Erstellung von Herstellerinformationen durch Vereinheitlichung der Übergabeform,
- Erleichterung der Übernahme der Herstellerinformationen in die EDV-Systeme der Anwender und ggf. zur Erstellung und Pflege einer Lebenslaufakte (DIN 77005 [9]),
- Erleichterung der Überprüfung der Vollständigkeit der notwendigen Herstellerinformationen durch die vergebene Kategorisierung der Informationen,

- Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses für die Übergabe von digitalen Informationen von Herstellern und Anwendern und

- standardisierter Bezug zu anderen Teilmodellen, die Teile der Dokumentation ausmachen (Montageanleitung, E-Plan, Prüfplan).

#### 4.1.3.2 Detaillierung Teilmodell, Funktionen und Interaktionen

Die VDI 2770 hat für die digitale Beschreibung eines Assets Kategorien definiert, denen relevante Dokumente eines Assets zugeordnet werden (Abbildung 17). Diese Kategorien sind so gewählt, dass alle vom Hersteller erhaltenen Dokumente dort abgelegt werden können. Diese Kategorie ist vom Hersteller mit dem Dokument/der Dokumentation bereits mitzugeben, so dass eine automatisierte Ablage funktionieren kann. Sie ist Hersteller und Asset-Kategorie unabhängig. Mit einer standardisierten Zuordnung zur Dokumentation ist eine leichte Auffindbarkeit im Bedarfsfall möglich. Man weiß also über verschiedene Assets und Hersteller, wo man zum Beispiel einen Festigkeitsnachweis findet.

Abbildung 17: VDI 2770, Gruppen und Kategorien

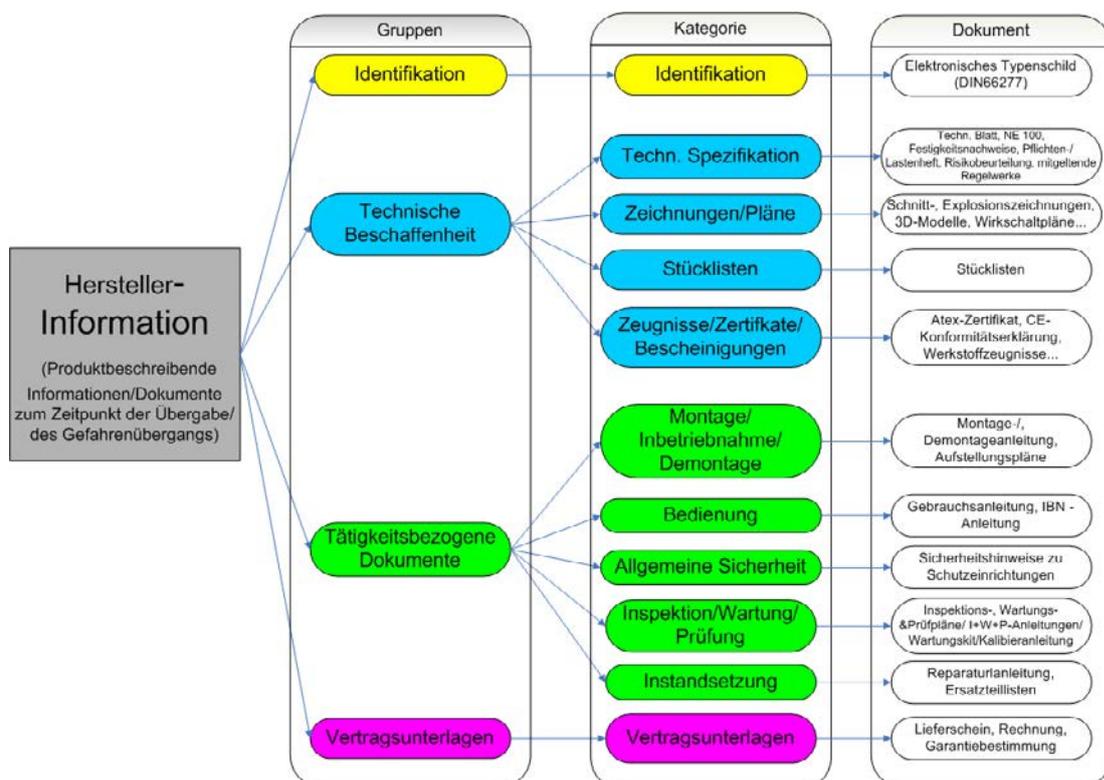
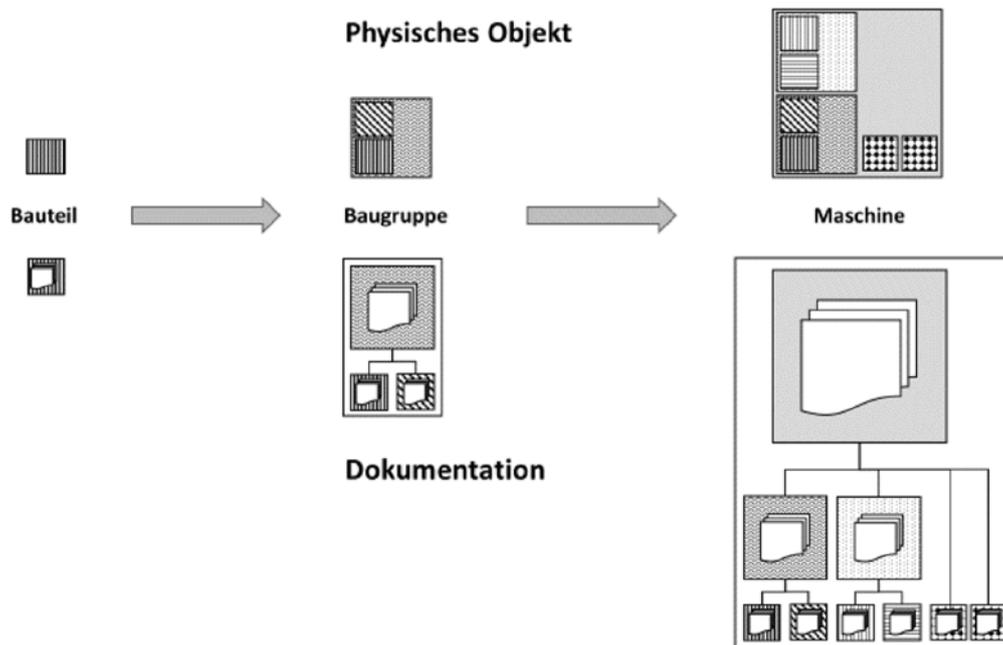


Abbildung 18: Hierarchie der Dokumentation technischer Wirtschaftsgüter nach VDI 2770



Quelle: Gründruck VDI2770

Aus der Dokumentation/dem Dokument muss hervorgehen, ob sich das Dokument auf einen Typ eines Assets oder auf eine spezifische Instanz mit eigener Seriennummer und Ausprägungen bezieht.

Assets sind in der Regel aus verschiedenen Komponenten oder Baugruppen zusammengesetzt, die wiederum eigenständige Assets darstellen. Beispielsweise besteht ein Kühlaggregat aus Verdichter, Pumpe, Motor, Wärmetauscher, Instrumenten etc. Der Verdichter wiederum besteht aus einer Kraft- und einer Arbeitsmaschine usw. In dem digitalen Abbild eines Assets ist die Asset Hierarchie dargestellt, also ist erkennbar, welche Komponenten in dem Asset verbaut sind. Zu jeder einzelnen Komponente eines größeren Assets können Dokumente wiederum den entsprechenden Kategorien zugeordnet werden (Abbildung 18), sodass der Festigkeitsnachweis einer Komponente nicht auf der übergeordneten Ebene zu finden ist, sondern genau auf der Ebene der jeweiligen Komponente.

Mit einer entsprechenden Zuordnung zu einer standardisierten Dokumentenkategorie und einer Asset-Struktur können Dokumente gezielt für das Asset und alle seine relevanten Komponenten leicht gefunden werden.

Handelt es sich bei einem Dokument einer Komponente um ein Dokument, was auf Typ Ebene Relevanz hat, kann dieses eine Dokument mehreren Asset-Instanzen oder Asset-Typen zugeordnet werden, ohne dass es physisch mehrmals im IT-System vorliegt.

Entsprechend ISO 19005-1 müssen die Herstellerinformationen als PDF/A zur Verfügung gestellt werden, um eine einfache Handhabbarkeit (Visualisierung) für den Anwender zu gewährleisten. Über das PDF/A hinaus können zusätzliche Formate übergeben werden, wie zum Beispiel für eine 3D-Zeichnung.

Das bisher Beschriebene basiert im Wesentlichen 1:1 auf der VDI Richtlinie: VDI 2770 Gründruck 2018 (Abbildung 19 und Abbildung 20). Die VDI 2770 definiert das Datenformat, die Zuordnung zu seinen Dokumentenkategorien und die Metadaten, die dem Dokument mitgegeben werden müssen. Zum Beispiel muss den Metadaten die Dokumentenkategorie beigefügt werden. Diese Metadaten sind ein wesentlicher Teil des Teilmodells „Asset-Dokumentation“.

Was die VDI 2770 nicht definiert, ist der Inhalt verschiedener Dokumente. Die VDI 2770 definiert nicht, was der Inhalt zum Beispiel einer Wartungsanweisung, einer Stückliste oder Montageanleitung ist. Hier kommen nun die Ansätze der Tekom (Gesellschaft für Technische Kommunikation – tekomp Deutschland e.V.) mit dem IIRDS (Intelligent Information Request and Delivery Standard) und die Möglichkeiten von Teilmodellen zur Anwendung.

Den Inhalt von für die Dokumentation wichtigen Sachverhalten, wie zum Beispiel Wartungsanleitung, Stückliste, ... wird in anderen Teilmodellen definiert und aus dem Teilmodell Dokumentation kann darauf Bezug genommen werden. Damit sind im Teilmodell Dokumentation relevante Dokumente nach den Kategorien der VDI 2770 abgelegt und über den Bezug zu anderen Teilmodellen einer Verwaltungsschale sind wichtige Informationen strukturiert gespeichert, sodass nach Merkmalen und Merkmalausprägungen gesucht werden kann. Zum Beispiel könnte dann in der Verwaltungsschale nach dem Wartungsintervall gesucht werden, welches im Teilmodell Wartung definiert ist oder aus dem Teilmodell Dokumentation ins Teilmodell Wartung verzweigt werden. Ebenso ist es möglich, in einer IT-Anwendung Merkmale und Merkmalausprägungen mehrerer Teilmodelle auf einem User Interface anzuzeigen.

#### 4.1.3.3 Merkmale Teilmodell Asset-Dokumentation

Hier das UML der VDI2770 und den Metadaten zu einem Dokument (Abbildung 19)

Für weitere Details nutzen Sie bitte die Richtlinie VDI 2770.

Die Modellierung der Metadaten eines Dokumentes nach VDI 2770 ist Ausgangsbasis für die Umsetzung der VDI 2770 in einem Teilmodell einer Verwaltungsschale.

Um entsprechende IRDI für das Teilmodell oder die Metadaten der VDI 2770 zu erhalten, sollte man diese bei eCl@ss erfragen.

**Abbildung 19: Vereinfachte Darstellung der in dieser Richtlinie festgelegten Informationsstrukturen für Metadaten von Dokumenten**

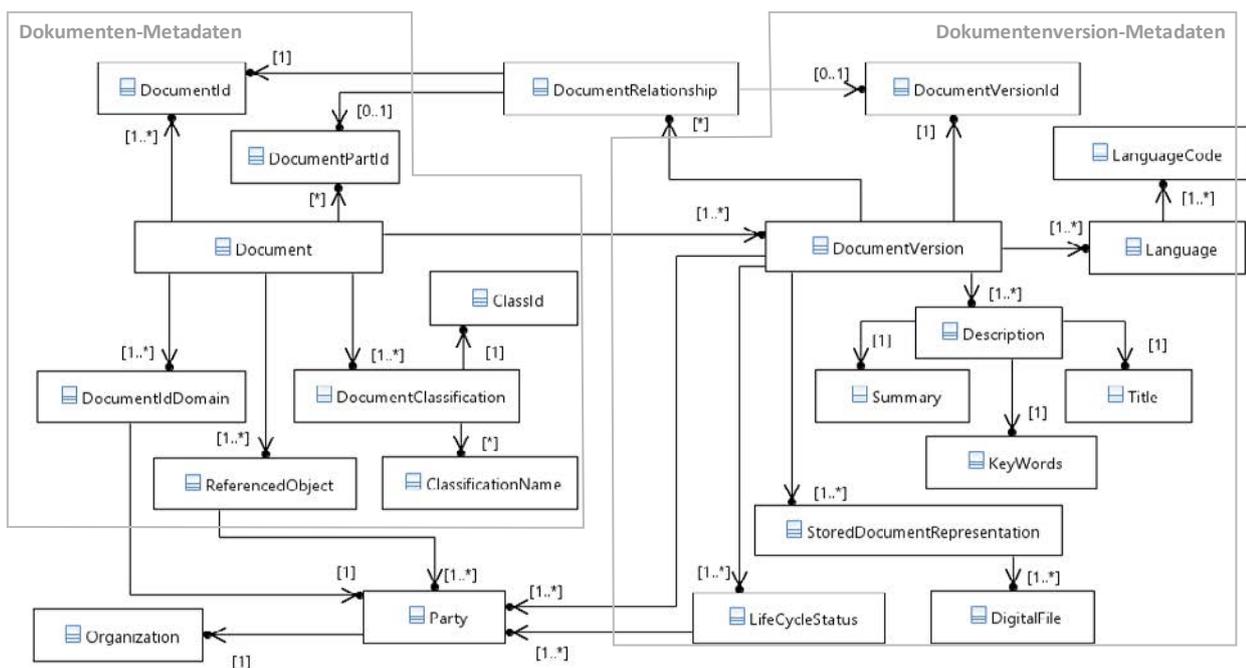
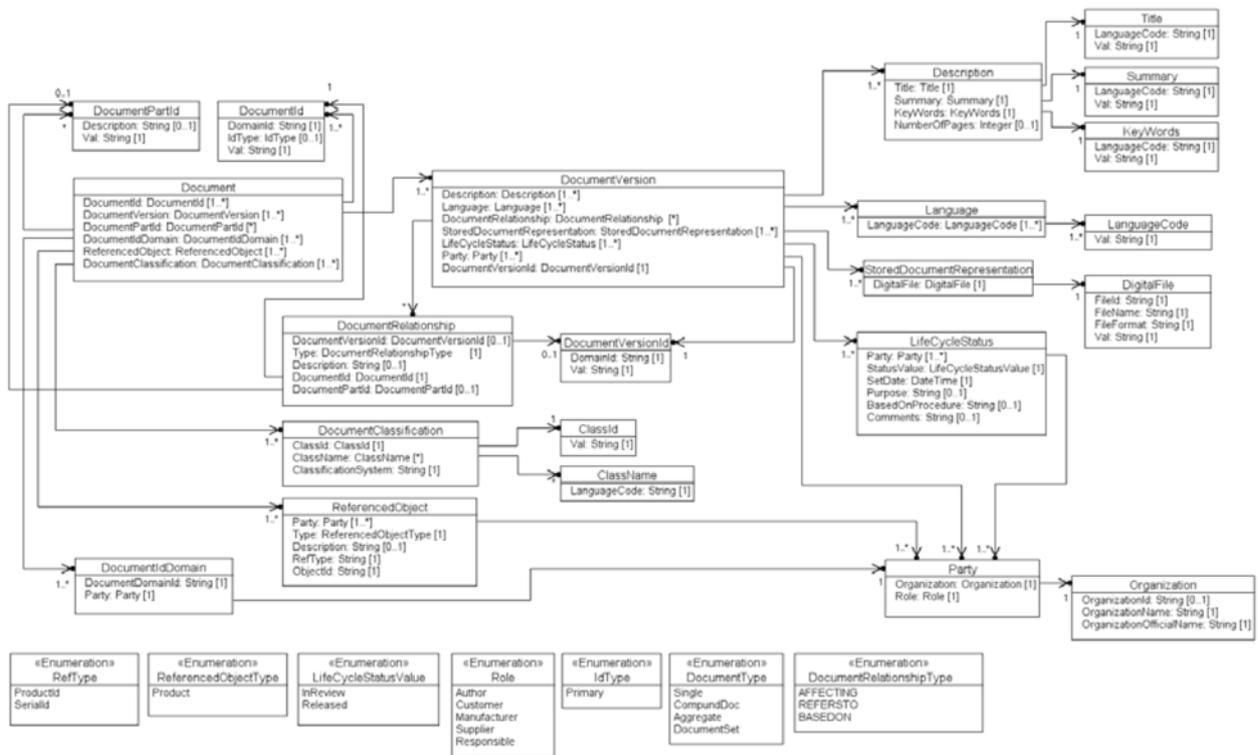


Abbildung 20: Darstellung der Informationsstrukturen des Informationsmodells als UML Klassendiagramm



Gründruck VDI2770

Das Teilmodell Asset-Dokumentation auf Basis der VDI 2770 wird einmal als Tabelle ausgearbeitet und einmal in UML beschrieben. Damit werden zwei Wege aufgezeigt, wie man die Modellierung eines Teilmodells vornehmen kann. Je nach bevorzugter Technik kann also mit einer Excel-

Tabelle oder mit einem Objektdiagramm in UML gearbeitet werden.

Hier das Teilmodell Dokumentation im Tabellenformat (Tabelle 12):

Tabelle 12: Teilmodell „Dokumentation“

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Dokumenten-Nummer	Document	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/docNumber/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/docNumber/1/1</a>	DocumentId			mandatory
Dokumenten-Version	Document	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/docVersion/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/docVersion/1/1</a>	DocumentVersion			mandatory
Dokumenten-Teilnummer	Document	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/docSubNumber/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/docSubNumber/1/1</a>	DocumentPartId			optional
Dokumenten-Domain	Document	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/document/docDomain/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/document/docDomain/1/1</a>	DocumentDomain			mandatory
Referenziertes Objekt	Document	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/document/RefObject/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/document/RefObject/1/1</a>	ReferencedObject	Dies ist die eindeutige ID des Assets		mandatory
Dokumenten-Kategorie	Document	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/document/docCategory/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/document/docCategory/1/1</a>	DocumentClassification	VDI2770 Kategorien		mandatory
Beschreibung	DocumentVersion	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/description/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/description/1/1</a>	Description			mandatory
Sprache	DocumentVersion	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/language/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/language/1/1</a>	Language			mandatory
Dokumenten-Beziehung	DocumentVersion	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/docRelation/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/docRelation/1/1</a>	DocumentRelationship			optional



Tabelle 12: Teilmodell „Dokumentation“ (Fortsetzung)

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Lebenszyklus Status	Document-Version	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/lifeCycleStatus/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/lifeCycleStatus/1/1</a>	LifeCycle-Status			mandatory
Party	Document-Version	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/party/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/party/1/1</a>	Party			mandatory
Dokumentsversionsnummer	Document-Version	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/docVersionNumber/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/docVersionNumber/1/1</a>	Document-VersionId			mandatory
StoredDocument-Representation	Document-Version	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/storedDocumentRepresentation/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentVersion/storedDocumentRepresentation/1/1</a>	Stored-Document-Representation			mandatory
Domain-Nummer	DocumentId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation-documentId/domainId/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation-documentId/domainId/1/1</a>	DomainId			mandatory
Nummerntyp	DocumentId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentIdIdType/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documentIdIdType/1/1</a>	IdType			optional
Wert	DocumentId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation-documentIdvalue/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation-documentIdvalue/1/1</a>	Value			mandatory
Beschreibung	Document-PartId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Description			optional
Wert	Document-PartId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Value			mandatory
Dokumenten-Domain Nummer	Document-Domain	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Document-DomainId			mandatory
Party	Document-Domain	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartId_description/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartId_description/1/1</a>	Party			mandatory
Party	Referenced-Object	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartId_description/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartId_description/1/1</a>	Party			mandatory
Typ	Referenced-Object	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Typ			mandatory
Description	Referenced-Object	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Description			optional
Referenztyp	Referenced-Object	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	RefType			mandatory
Objektnummer	Referenced-Object	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ObjectId			mandatory
Klassen-Nummer	Document-Classification	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ClassId			mandatory
Klassenname	Document-Classification	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ClassName			optional
Klassifikationssystem	Document-Classification	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Classification-System			mandatory
Wert	ClassId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ValString			mandatory
Sprachenschlüssel	ClassName	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	LanguageCode			mandatory
Titel	Description	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Title			mandatory
Zusammenfassung	Description	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Summary			mandatory
Schlagwörter	Description	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	KeyWords			mandatory
Seitenanzahl	Description	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	NumberOf-Pages			optional
Sprachenschlüssel	Title	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	LanguageCode			mandatory
Wert	Title	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ValString			mandatory
Sprachenschlüssel	Summary	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	LanguageCode			mandatory

Tabelle 12: Teilmodell „Dokumentation“ (Fortsetzung)

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Wert	Summary	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ValString			mandatory
Sprachenschlüssel	KeyWords	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	LanguageCode			mandatory
Wert	KeyWords	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ValString			mandatory
Sprachenschlüssel	Language	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	LanguageCode			mandatory
Wert	Language-Code	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	ValString			mandatory
Dokumentenversionsnummer	Document-Relationship	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Document-VersionId			mandatory
Typ	Document-Relationship	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Type			optional
Beschreibung	Document-Relationship	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Description			optional
Dokumenten-Nummer	Document-Relationship	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	DocumentId			mandatory
Dokumenten-Beziehung	Document-Relationship	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Document-PartId			optional
Digitaler-File	StoredDocumentRepresentation	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	DigitalFile			mandatory
Party	LifeCycle-Status	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Party			mandatory
Statuswert	LifeCycle-Status	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	StatusValue			mandatory
Erstellungsdatum	LifeCycle-Status	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	SetDate			mandatory
Zweck	LifeCycle-Status	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Purpose			optional
Prozedur	LifeCycle-Status	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	BasedOnProcedure			optional
Kommentar	LifeCycle-Status	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Comments			optional
Organisation	Party	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Organization			mandatory
Rolle	Party	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Role			mandatory
Domain-Nummer	Document-VersionId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	DomainId			mandatory
Wert	Document-VersionId	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Value			mandatory
Organisationsnummer	Organisation	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	OrganisationId			optional
Organisationsname	Organisation	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Organisation-Name			mandatory
Offizieller Name der Organisation	Organisation	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Organisation-OfficialName			mandatory
Feld	DigitalFile	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Field			mandatory
Feldname	DigitalFile	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	FieldName			mandatory
Fileformat	DigitalFile	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	FileFormat			mandatory
Wert	DigitalFile	<a href="http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1">http://www.vdi.de/2770/AssetDocumentation/documenPartIddescription/1/1</a>	Val			mandatory

Die UML-Modellierung des Teilmodells „Dokumentation“ am Beispiel des P&F Sensors ist in Abbildung 21 bis Abbildung 25 dargestellt. Es stellt dar:

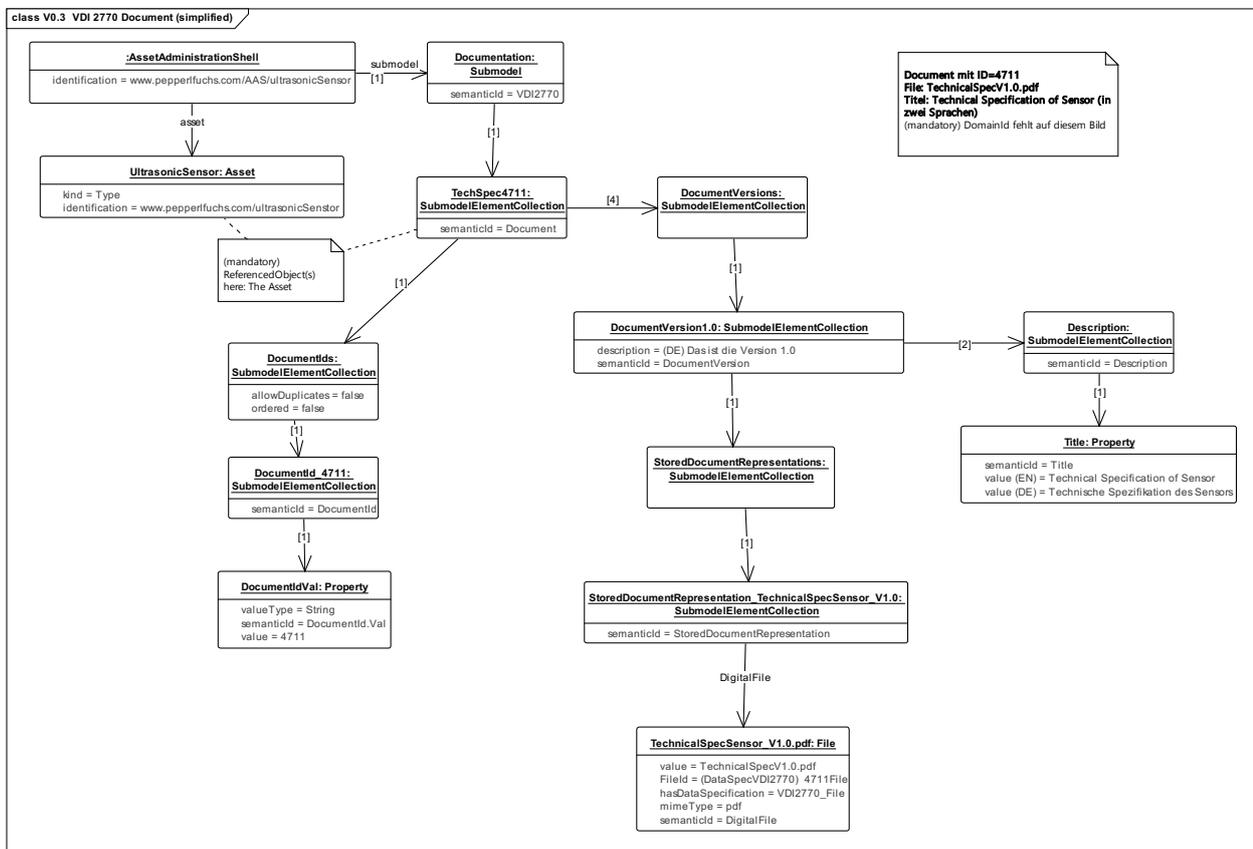
- Part 1 der technischen Spezifikation eines Ultrasonic Sensors von Pepperl & Fuchs, Version 1.0 (abgeleitet aus Version 0.8),
- Autoren des Dokuments: Pepperl & Fuchs,
- 1 PDF File,
- Sprachen: Deutsch und Englisch (in einem File!)

Achtung: Die DocumentId ist nicht global eindeutig! Erst zusammen mit DomainId und DocumentDomain und DocumentPart (optional) wird das Dokument eindeutig bezeichnet.

Folgende Annahmen und Umsetzungsregeln wurden bei der Realisierung definiert.

- ReferencedObject der VDI2770 wird nicht dargestellt: dieses entspricht dem Asset der Verwaltungsschale. Party und andere Informationen zum Asset entsprechen Informationen, wie sie im assetIdentificationModel angegeben werden sollen (nicht dargestellt).
- Jedes Element aus dem Metamodell der VDI 2770 wird durch eine Klasse dargestellt. Falls ein Element mehr als einmal enthalten sein kann (0..\* oder 1..\*, z.B. Party oder DocumentId), so wird eine SubmodelElementCollection eingeführt.
- Mehrsprachigkeit wird über den Datentyp „langString“ abgebildet.
- Description wird nicht separat modelliert, da alle Elemente aus der VWSiD eine mehrsprachige Description enthalten, die direkt genutzt werden kann.
- DigitalFile wird via File umgesetzt, FileFormat wird via mimeType umgesetzt. FileId wurde nicht explizit modelliert, da sich die eindeutige ID aus dem Modell ergibt.

Abbildung 21: Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: vereinfachte Darstellung

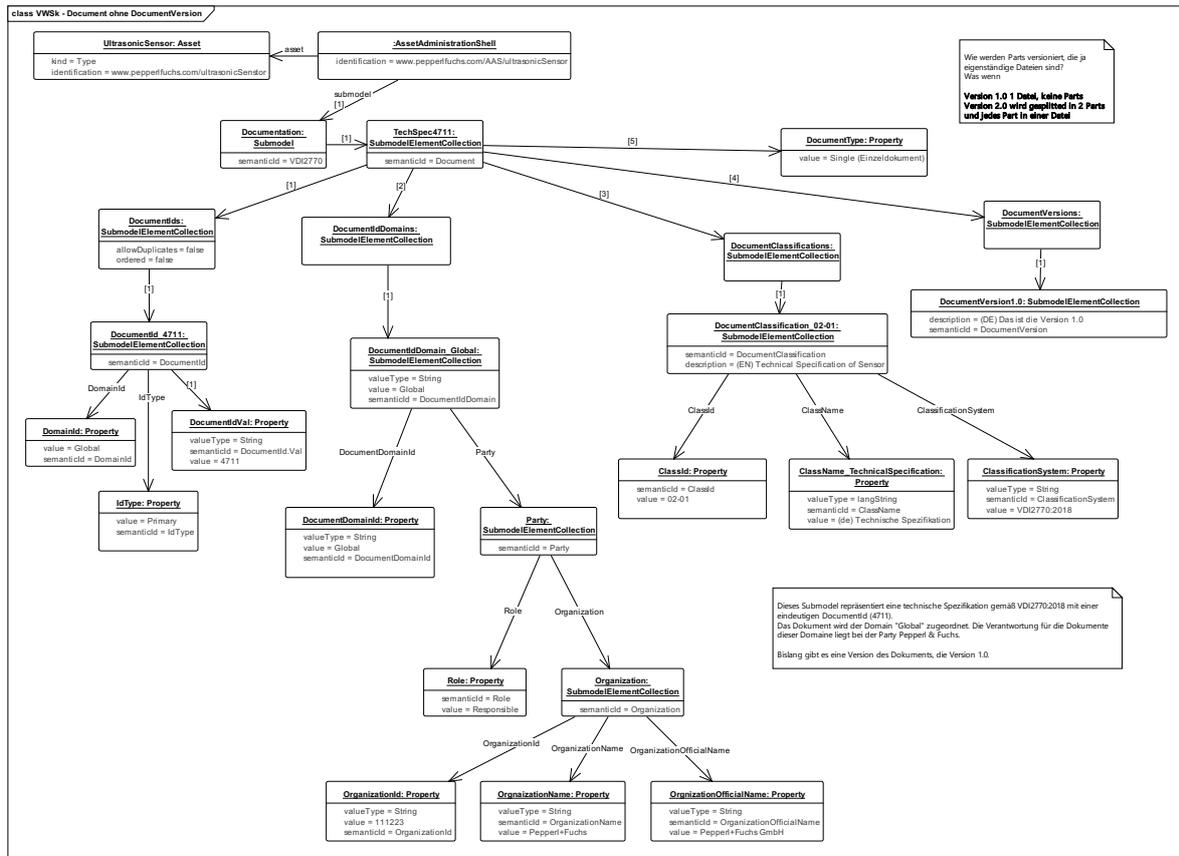


Document mit ID=4711  
 File: TechnicalSpecV1.0.pdf  
 Titel: Technical Specification of Sensor (in zwei Sprachen)  
 (mandatory) DomainId fehlt auf diesem Bild

Quelle: VDI 2770

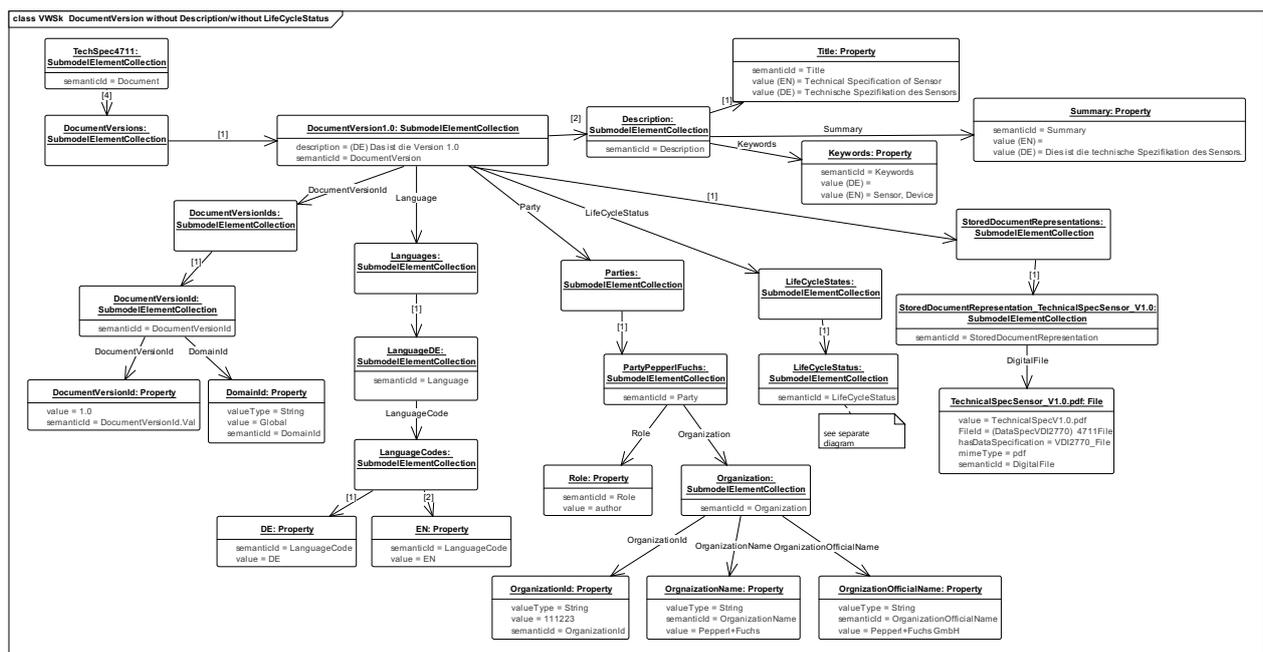
5 Als DocumentDomainId wird Global gewählt (da keine passende aus der VDI2770 gefunden wurde).

Abbildung 22: Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Dokument ohne Version



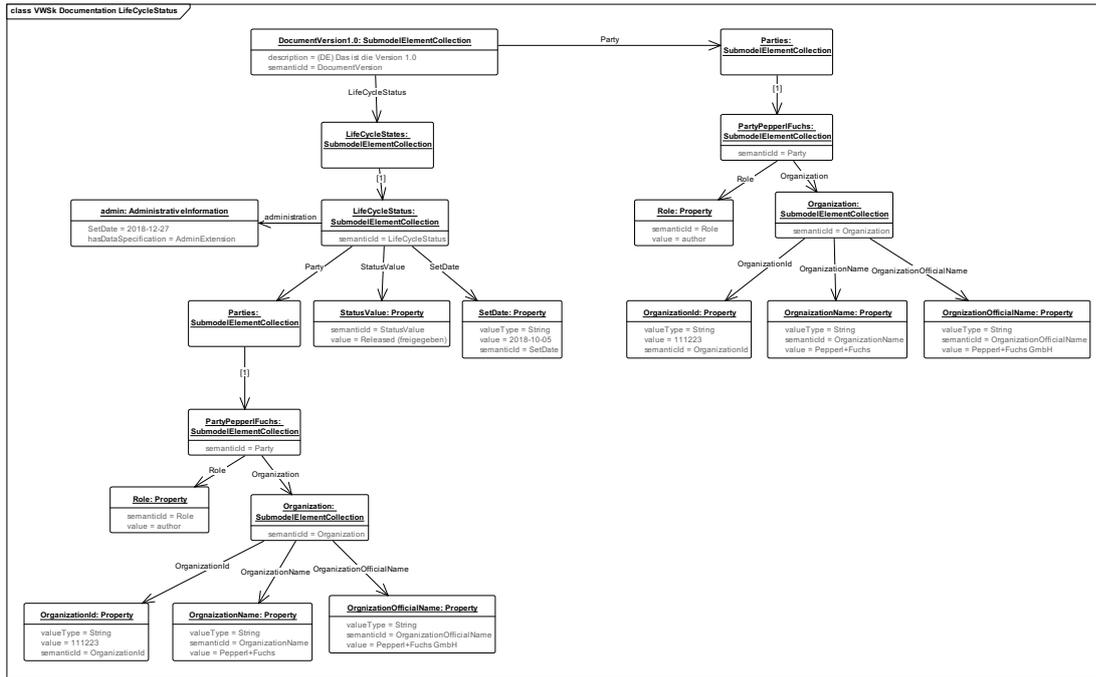
Quelle: VDI 2770

Abbildung 23: Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Dokument Version (w/o Life Cycle)



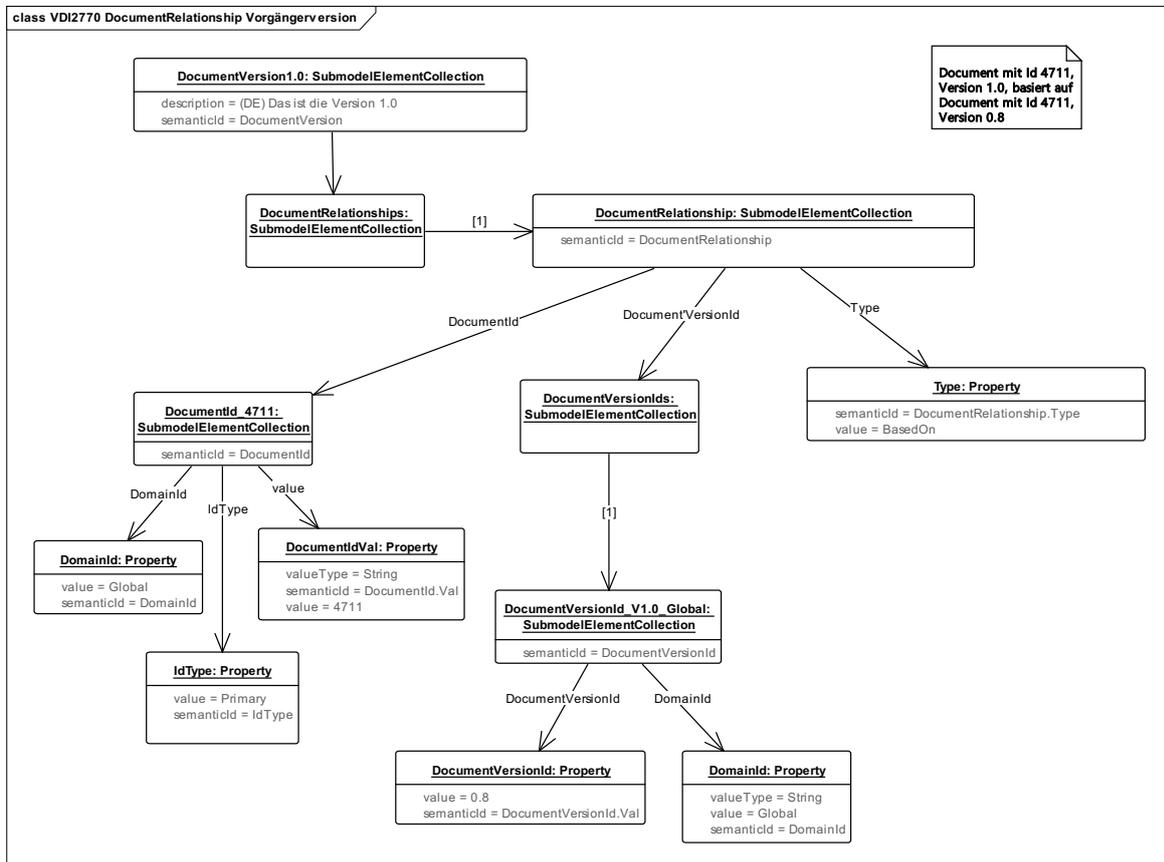
Quelle: VDI 2770

Abbildung 24: Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Life Cycle



Quelle: VDI 2770

Abbildung 25: Verwaltungsschale eines Ultraschall Sensors mit einem Technischen Datenblatt nach der VDI2770: Dokument Relation: Vorgängerversion



Quelle: VDI 2770

Eine alternative, stark vereinfachte Modellierung ist in Abbildung 26 bis Abbildung 28 dargestellt. Nicht alle mandatory Attribute sind vorhanden. Anstelle von Collections für Elemente, die mehrfach auftreten können, werden diese direkt angehängt. Im Normalfall existieren viele der Elemente nur genau einmal, z.B. DocumentId. Sollten tatsächlich mehrere DocumentIds vorhanden sein, müssen die idShort entsprechend eindeutig gemacht werden, z.B. DocumentId\_1

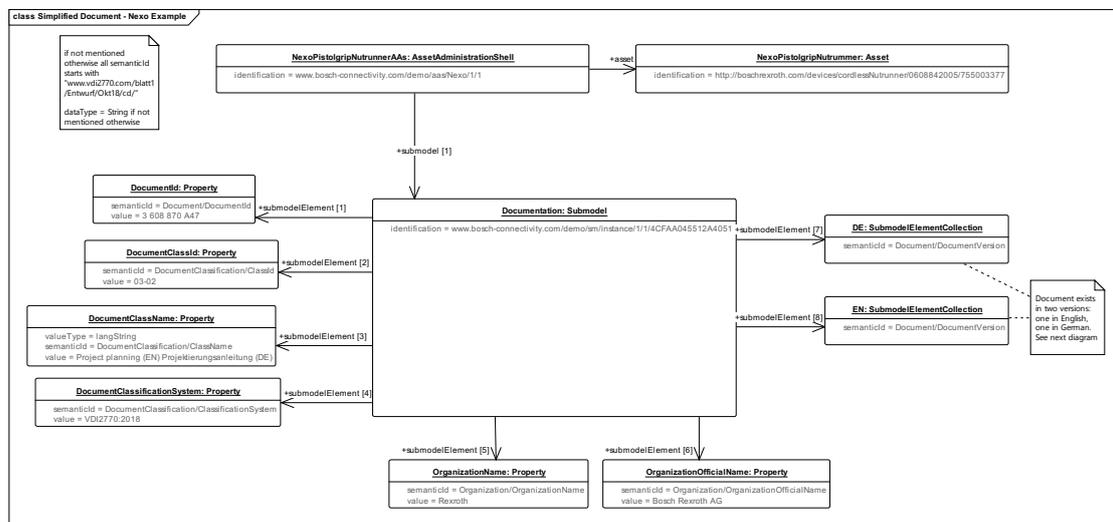
und DocumentId\_2. Über die semantischen Referenzen (semanticId) ist trotzdem eindeutig, um welche Metainformation es sich handelt. Collections wurde in dem Beispiel nur für Versionen eingeführt, da es zwei verschiedene Dateien zum selben Dokument gibt, in diesem Fall in zwei Sprachen. In Fällen, in denen ein mehrsprachiges Dokument in einem File vorliegt, können selbst diese Collections entfallen.

Abbildung 26: Example Simplified Documentation conformant to VDI2770<sup>6</sup>

The screenshot shows the AAS Package Explorer interface. On the left, a tree view displays the structure of the AAS package, including submodels and submodel elements. On the right, a detailed view of a submodel element is shown, listing various properties and their values, such as DocumentId, DocumentClassName, and OrganizationName. The interface also includes a visual representation of the tool being documented.

Quelle: Plattform Industrie 4.0/Hoffmeister

Abbildung 27: Simplified Document Example Nexo Project Planning



Quelle: Plattform Industrie 4.0/Boss

Abbildung 28: Simplified Document Version Example Nexo Project Planning in English

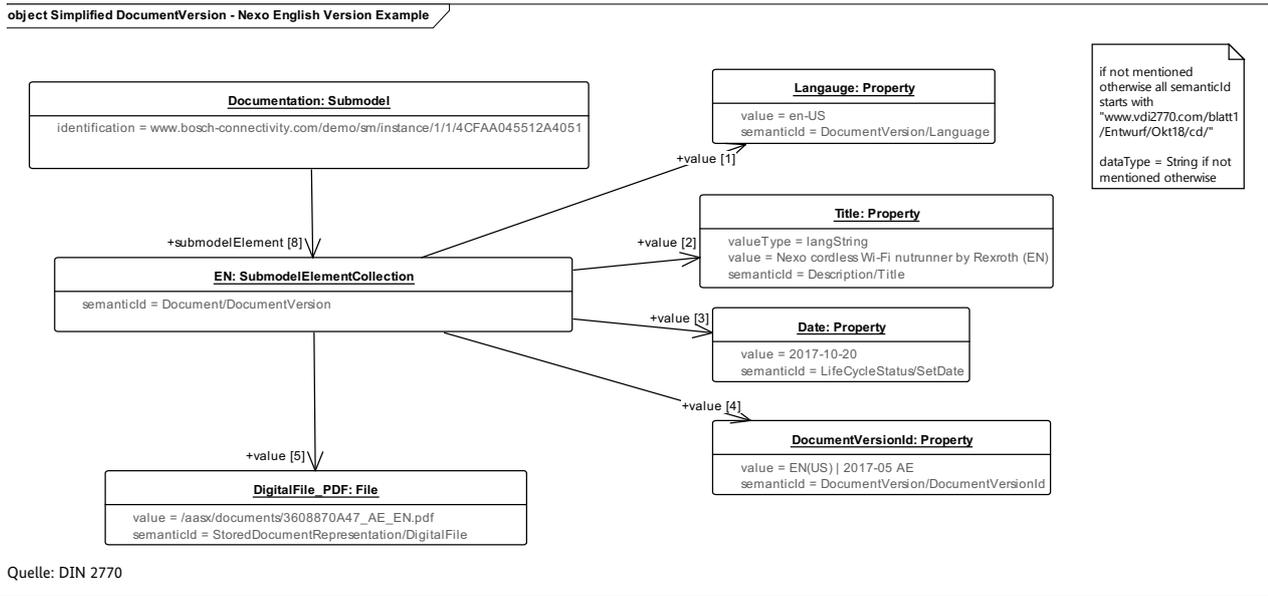


Abbildung 29: Ausschnitt aus generiertem XML aus AASX Explorer<sup>7</sup>

```

<aas:submodelElement>
  <aas:submodelElementCollection>
    <aas:idShort>DE</aas:idShort>
    <aas:semanticId>
      <aas:keys>
        <aas:key type="ConceptDescription" local="true" idType="URI">www.vdi2770.com/blatt1/Entwurf/Okt18/cd/DocumentVersion</aas:key>
      </aas:keys>
    </aas:semanticId>
    <aas:kind>Instance</aas:kind>
    <aas:qualifier />
    <aas:value>
      <aas:submodelElement>
        <aas:property>
          <aas:idShort>Language</aas:idShort>
          <aas:semanticId>
            <aas:keys>
              <aas:key type="ConceptDescription" local="true" idType="URI">www.vdi2770.com/blatt1/Entwurf/Okt18/cd/DocumentVersion/Language</aas:key>
            </aas:keys>
          </aas:semanticId>
          <aas:kind>Instance</aas:kind>
          <aas:qualifier />
          <aas:valueType>string</aas:valueType>
          <aas:value>de-DE</aas:value>
        </aas:property>
      </aas:submodelElement>
      <aas:submodelElement>
        <aas:property>
          <aas:idShort>Title</aas:idShort>
          <aas:semanticId>
            <aas:keys>
              <aas:key type="ConceptDescription" local="true" idType="URI">www.vdi2770.com/blatt1/Entwurf/Okt18/cd/Description/Title</aas:key>
            </aas:keys>
          </aas:semanticId>
          <aas:kind>Instance</aas:kind>
          <aas:qualifier />
          <aas:valueType>langString</aas:valueType>
          <aas:value>Rexroth Funk-Akkuschrauber Nexo (DE)</aas:value>
        </aas:property>
      </aas:submodelElement>
      <aas:submodelElement>
        <aas:property>
          <aas:idShort>Date</aas:idShort>
    
```

Generiert durch AASX Package Explorer Copyright c 2018–2019 Festo AG & Co. KG.

Abbildung 29 schließlich zeigt einen Ausschnitt aus der XML-Spezifikation der entsprechenden Verwaltungsschale.

Was nun übersichtlicher ist, muss der Betrachter entscheiden. Beide Wege führen zum Ziel. Excel ist sicherlich einfacher

bedienbar und als Datenbasis für weitere Schritte, zum Beispiel der Beantragung von Standard-Properties das bessere Format. UML ist das mächtigere Werkzeug, um Beziehungen auszudrücken.

<sup>7</sup> Generiert durch AASX Package Explorer Copyright © 2018–2019 Festo AG & Co. KG.

#### 4.1.4 Umgebung eines Assets

##### 4.1.4.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Die Umgebung eines Assets ist immer wieder in verschiedenen Lebenszyklusphasen von Relevanz. Es werden gewisse Umgebungsparameter erwartet, sind also Anforderungen für die Betriebsphase und können in der Entwicklung und Auslegung eines Assets eine Rolle spielen oder auch im Service Fall und bei Qualitätsproblemen.

##### 4.1.4.2 Detaillierung Teilmodell, Funktionen und Interaktionen

Die Umgebungsparameter sind sicherlich, wie oben schon angedeutet, für viele andere Teilmodelle von Relevanz. So werden andere Teilmodelle gewisse Umgebungsparameter entweder abfragen oder referenzieren. Bei einem Serviceauftrag ist sicherlich der Standort des Assets von Interesse. Bei einer Qualitätsanalyse können dies Umgebungsparameter wie Umgebungstemperatur oder relative Luftfeuchte sein.

##### 4.1.4.3 Merkmale Teilmodell „Asset Umgebung“

**Tabelle 13: Merkmale des Teilmodells „Asset Umgebung“**

Merkmalsname	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Umgebungstemperatur	–	<a href="#">0173-1#02-BAE540#003</a>	enviromental-Temperature	Temperatur im äußeren Umfeld des Betriebsmittels		optional
Relative Luftfeuchte		<a href="#">0173-1#02-AAQ334#002</a>	relative-Humidity	Wert für das Verhältnis des tatsächlichen Druckes des Wasserdampfes in der Atmosphäre und des Sättigungsdampfdruckes		optional
Schutzart		<a href="#">0173-1#02-BAG975#011</a>	safteyClass	Ausmaß des durch ein Gehäuse gebotenen Schutzes vor Zugang zu gefährlichen Teilen und Eindringen von festen Fremdkörpern und/oder Wasser, der durch normierte Prüfverfahren bestätigt wurde, angegeben als IP-Einstufung		optional
Netzspannung		<a href="#">0173-1#02-AAD239#006</a>	powerSupply-Voltage	Vorhandene Spannung im Stromnetz		optional
Bodentragfähigkeit		Wird bei eCl@ss beantragt	soilBearing Capacity	Tragfähigkeit des Untergrunds		optional
Luftdruck		Wird bei eCl@ss beantragt	airPressure			optional
Standort		Wird bei eCl@ss beantragt	location			optional
Straße	location	Wird bei eCl@ss beantragt	street			optional
Hausnummer	location	Wird bei eCl@ss beantragt	number			optional
Postleitzahl	location	Wird bei eCl@ss beantragt	postCode			optional
Stadt	location	Wird bei eCl@ss beantragt	City			optional
Land	location	Wird bei eCl@ss beantragt	country			optional
Staat	location	Wird bei eCl@ss beantragt	state			optional
Betriebsstätte		Wird bei eCl@ss beantragt	plantLocation			optional

## 4.1.5 Equipment Information Teilmodell

### 4.1.5.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Das Teilmodell Equipment Information ergänzt die Merkmale aus dem Basis-Teilmodell Asset-Identifikation um weitere Identifikations- und Informationsmerkmale für physische Assets. Diese Merkmale werden benötigt, um Equipment Instanzen in Asset Management Systemen anzulegen.

Damit kann ein Equipment durch seine verschiedenen IDs identifiziert werden und betriebswirtschaftliche Standard-Prozesse wie Wartung und Instandhaltung ermöglicht.

### 4.1.5.2 Detaillierung Teilmodell, Funktionen und Interaktionen

Andere Modellierungen von Assets können über dieses Teilmodell auf Equipments von Asset Management Systemen, wie zum SAP Asset Intelligence Network gemappt werden.

### 4.1.5.3 Merkmale des Teilmodells: Equipment Information

Tabelle 14 enthält die Merkmale des Teilmodells „Equipment Information“.

**Tabelle 14: Merkmale des Teilmodells „Equipment Information“**

Merkmalsname	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Serial Nummer	-	Wird bei eCl@ss beantragt	serialNumber			optional
Tag	-	Wird bei eCl@ss beantragt	tagNumber			optional
Chargennummer		<a href="#">0173-1#02-AAQ196#001</a>	procurement-Number	Eine vom Hersteller eines Stoffes vergebene Nummer zur Identifikation einer Charge		optional
Equipment-ID (Betreiber)		Wird bei eCl@ss beantragt	secondaryKey			optional
Herstellerteilenummer		<a href="#">0173-1#02-AAO676#003</a>	manufacturer-PartNumber	eindeutiger Bestellschlüssel des Herstellers		optional
Modell-ID		Wird bei eCl@ss beantragt	modelName			optional
Produktionsdatum		Wird bei eCl@ss beantragt	productionDate			optional
Standort		Wird bei eCl@ss beantragt	location			optional
Straße	location	Wird bei eCl@ss beantragt	street			optional
Hausnummer	location	Wird bei eCl@ss beantragt	number			optional
Postleitzahl	location	Wird bei eCl@ss beantragt	postCode			optional
Stadt	location	Wird bei eCl@ss beantragt	city			optional
Land	location	Wird bei eCl@ss beantragt	country			optional
Staat	location	Wird bei eCl@ss beantragt	state			optional
Installationsdatum		<a href="#">0173-1#02-AAR972#002</a>	installationDate	Datum, ab dem der Herstellungs- und/oder Entstehungsprozess abgeschlossen ist bzw. ab dem eine Dienstleistung vollständig erbracht ist		
Sicherheitsrisiko		<a href="#">0173-1#02-AAT054#001</a>	riskLevel	Produktisikogruppe/n nach (Richtlinie Medical Device Directive (MDD) (oder Directive 93/42/EEC)) und (Richtlinie 90/385/EWG (für aktive implantierbare medizinische Geräte)), und (In-vitro Diagnostic Directive (IVDD) (oder Directive 98/79/EC)), modifiziert mit (Änderungsrichtlinie 2007/47/EG)		optional

## 4.2 Asset spezifische Teilmodelle

### 4.2.1 NAMUR Teilmodell: Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131

#### 4.2.1.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Ziel der NAMUR-Empfehlung NE 131 ist es, einheitliche Anforderungen an die Parametrierung eines Großteils der Feldgeräte zu definieren, die heute in der Prozessindustrie eingesetzt werden. Diese Anforderungen soll ein sogenanntes „NAMUR-Standardgerät“ erfüllen. Mit der Standardisierung soll die Gerätevielfalt und damit der Design- und Herstellungsaufwand beim Hersteller reduziert werden und u. a. die Möglichkeiten zur Vereinfachung der Planungs-, Beschaffungs- und Instandhaltungsprozesse beim Anwender geschaffen werden.

Durch die Verwendung von Standardgeräteparametern mit festgelegten Default-Werten für den Auslieferungszustand sollen in den allermeisten Anwendungsfällen die Geräteinbetriebnahmezeiten verkürzt werden.

Die NE 131 definiert Anforderungen der Betreiber an ein „NAMUR-Standardgerät“, das mit auf das notwendige Maß beschränkten Geräteeigenschaften trotzdem die überwiegende Anzahl der üblichen Anwendungsfälle abdeckt. Es werden allgemeine Anforderungen und spezifische Anforderungen für Durchfluss, Stand, Druck, Temperatur und Stellgeräte beschrieben. Die Anforderungen gelten für Feldgeräte für Betriebs- als auch PLT-Sicherheitseinrichtungen. Die NE 131 definiert einen Parametersatz der für die Inbetriebnahme der Feldgeräte vorgesehen ist. Für Prüflabore gilt dieser Parametersatz als Basis für Geräteprüfungen.

#### 4.2.1.2 Merkmale Teilmodell: Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131

Tabelle 15 enthält die Instanz-bezogenen Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Messumformer Allgemein“.

**Tabelle 15: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Messumformer Allgemein“**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Messwert		Eingereicht bei IEC	Device-Health	Der Messgröße zugeordneter Messwert	Der Messgröße zugeordneter Messwert	
Messgröße		0112/2///61987#ABA320	Process-Variable	Auswahl aus den Default-Werten für den multivariablen Messumformer oder nach Kundenspezifikation	Auswahl aus den Default-Werten für den multivariablen Messumformer oder nach Kundenspezifikation	
Einheit		Die Einheit ist in der IEC 61360 ein Attribut jedes Merkmals. Es gibt aber auch ein Merkmal, das es erlaubt eine Einheit als „string“ aufzunehmen: 0112/2///61987#ABA968	Unit	SI Einheiten bzw. anglo-amerikanische Einheiten oder Einheiten nach Kundenspezifikation (angepasst an die Messbereiche des Messgeräts) Druck: bar/mbar Differenzdruck: bar/mbar Temperatur: °C Volumendurchfluss: l/h, m <sup>3</sup> /h Massedurchfluss: g/h, kg/h Dichte: kg/m <sup>3</sup> Stellungsregler: %	–	
Obere Messspanne		Temperatur: 0112/2///61987#ABA359 Druck: 0112/2///61987#ABA357 Massedurchfluss: 0112/2///61987#ABA347 Volumendurchfluss: 0112/2///61987#ABA350 Stand: 0112/2///61987#ABE875	Upper-Range-Value	Messwert, der 20 mA (oberer Messspannenwert) zugeordnet ist. Hinweis: In der internationalen Normung (IEC 61987) wird der Begriff „Upper Range Limit“ für das Messbereichsende und „Upper Range Value“ für das Messspannenende verwendet. Die Spanne ist die Differenz der Werte, die dem 20 mA und dem 4 mA Ausgangssignals zugeordnet sind.	max. möglicher mit dem Messgerät messbarer Wert (Messbereichsende) (Ausnahme Temperatur: 150°C)	

Tabelle 15: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Messumformer Allgemein“ (Fortsetzung)

Merkmalsname	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Untere Messspanne		0112/2///61987#ABA358 Druck: 0112/2///61987#ABA356 Massedurchfluss: 0112/2///61987#ABA345 Volumendurchfluss: 0112/2///61987#ABA348 Stand: 0112/2///61987#ABE874	Lower-Range-Value	Messwert, der 4 mA (unterer Messspannenwert) zugeordnet ist	0	
Simulation		0112/2///61987#ABH599	Simulation	„OFF“: gemessene Messgröße wird verwendet „ON“: simulierter Messwert für die Messgröße wird verwendet Die Simulation soll nicht automatisch deaktiviert werden.	OFF	
Simulierter Messwert		0112/2///61987#ABH604	SimulationValue	Simulierter Messwert in physikalischen Einheiten, der als Analog- oder Digitalwert am Messumformerausgang verwendet werden soll	Letzter Messwert	
Dämpfung		0112/2///61987#ABH526	Damping	Wert der Dämpfung TAU = T63 (T90=2,3 x TAU) in Sekunden für den Ausgang des Messumformers	1 s (außer für Temperatur, für welche 0 s der Default Wert ist)	
Nullpunktsabgleich		Eingereicht bei IEC	SettoZero	„OFF“: die Nullpunktskalibration der Werkseinstellung wird verwendet „ON“: : Aktivierung eines automatisch durchgeführten Nullpunktsabgleich unter Prozessbedingung	OFF	
Messtellennummer		0112/2///61987#ABB271	Tag	Alphanumerische Charaktersequenz, die das Messgerät bzw. den Stellungsregler als Teil eines Stellgeräts eindeutig identifiziert	nicht anwendbar oder nach Kundenspezifikation	
Rücksetzen auf Werks-einstellung		Eingereicht bei IEC	Factory-Reset	Rücksetzen alle Geräteparameter (inklusive der NAMUR-Standardgeräte Parameter) aus Werkseinstellung	nicht anwendbar	
Sprache		0112/2///61987#ABB085	Language	Sprache in der Anzeige am Feldgerät	Englisch oder nach Kundenspezifikation	
Passwort		0112/2///61987#ABJ599	Password	Default Passwort oder individuell gewähltes und gespeichertes Passwort. Nach 5 fehlerhaften Passworteingaben wird das Feldgerät für Konfigurationen gesperrt und ist nur durch ein Passwort Reset direkt am Feldgerät zu entriegeln. Bei diesem Passwort Reset bleiben alle Einstellung unverändert (kein Rücksetzen auf Werks-einstellung)	2457	
Diagnosestatus		0112/2///61987#ABH842 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH926 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH927 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH928 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH925 Eingereicht bei IEC Eingereicht bei IEC	Device-Health	Ausfall: Aufgrund einer Funktionsstörung im Feldgerät oder an seiner Peripherie ist das Ausgangssignal ungültig. Im Fall einer Fehlfunktion des Feldgeräts soll für Analoggeräte das Ausgangssignal gemäß NE 43 auf „low“ ( $\leq 3,6$ mA), für Digitalgeräte auf „last valid/usable value“ gesetzt sein (Fehlerursache geräteintern, Fehlerursache prozessbedingt) Funktionskontrolle: Am Feldgerät wird gearbeitet, das Ausgangssignal ist daher vorübergehend ungültig (z. B. eingefroren) (Konfigurationsänderung, Lokale Bedienung, Ersatzwerteingabe)		

**Tabelle 15: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Messumformer Allgemein“ (Fortsetzung)**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Diagnosestatus (Fortsetzung)				<p>Außerhalb der Spezifikation: Vom Gerät durch Selbstüberwachung ermittelte Abweichungen von den zulässigen Umgebungs- oder Prozessbedingungen oder Störungen im Gerät selbst weisen darauf hin, dass die Messunsicherheit bei Sensoren oder Sollwertabweichung bei Aktoren wahrscheinlich größer ist als unter Betriebsbedingungen zu erwarten (Gerät wird außerhalb der Spezifikation betrieben, unsicherer Messwert aufgrund von Prozess- und/oder Umgebungseinfluss)</p> <p>Wartungsbedarf: Das Ausgangssignal ist zwar noch gültig, aber der Abnutzungsvorrat wird demnächst erschöpft oder aufgrund von Einsatzbedingungen eine Funktion in Kürze eingeschränkt sein, z. B. Alterung der pH-Elektrode (Wartungsbedarf kurzfristig, Wartungsbedarf mittelfristig)</p> <p>Gut: Sind keine Diagnosestatus gemäß NE107 gesetzt, ist von einem guten „Gesundheitszustand“ des Feldgeräts auszugehen.</p> <p>Unbestimmt: Ist der Diagnosestatus nicht verfügbar wird er als unbestimmt bezeichnet (z. B.: das Gerät ist nicht angeschlossen, ein Kommunikationsfehler liegt vor oder wenn das Gerät den Diagnosestatus nicht unterstützt)</p>		
Änderungszähler		Eingereicht bei IEC	Change-Counter	Der Änderungszähler erhöht sich mit jedem Schreibvorgang am Gerät. Dieser Parameter zusammen mit dem Datum der Änderung dient zur Änderungsverfolgung. Auch das Rücksetzen soll zur Erhöhung des Änderungszählers führen		
Änderungsdatum		Eingereicht bei IEC	Last-Change	Datum der letzten Änderung (hierzu zählen alle Schreib- bzw. Änderungsvorgänge). Format: tt/mm/jjjj		

**Tabelle 16: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Stellungsregler Allgemein“**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Sollwert		Submitted to IEC	Setpoint	Sollwert des Stellungsreglers	0.0	
Wirkungsrichtung		0112/2///61987#ABD740	Operating-Direction	Wirkung des Sollwertes auf die Ventilstellung	Gegen Uhrzeigersinn (bei Schwenkantrieben)	
Autoinitialisierung		0112/2///61987#ABH524	Auto-Adjust	Bei Schwenkantrieben: Drehrichtung öffnend: im Uhrzeigersinn oder gegen Uhrzeigersinn – Bei Linearantrieb: Spindelbewegung öffnend: austauchend oder eintauchend – Beim Stellungsregler gibt es keine sicherheitsrelevante Funktion, die eine PLT-Sicherheitsfunktion beeinflussen würde, da die Sicherheitsfunktion immer über ein Magnetventil läuft.	austauchend (bei Linearantrieben)	

Tabelle 16: Instanzbezogene Merkmale des Teilmodells „Feldgeräteinbetriebnahme nach NE 131 – Stellungsregler Allgemein“ (Fortsetzung)

Merkmalsname	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Antriebstyp		0112/2///61987#ABD742	Actuator-Type	automatische Inbetriebnahme Stellgerät „OFF“: ausgeschaltet „ON“: Start der automatischen Inbetriebnahme	OFF	
Einheit		Die Einheit ist in der IEC ein Attribut jedes Merkmals. Es gibt aber auch ein Merkmal, das es erlaubt eine Einheit als „string“ aufzunehmen: 0112/2///61987#ABA968	Unit	SI Einheiten bzw. anglo-amerikanische Einheiten oder Einheiten nach Kundenspezifikation (angepasst an die Messbereiche des Messgeräts) Druck: bar/mbar Differenzdruck: bar/mbar Temperatur: °C Volumendurchfluss: l/h, m³/h Masse-durchfluss: g/h, kg/h Dichte: kg/m³ Stellungsregler: %	-	
Messtellennummer		0112/2///61987#ABB271	Tag	Alphanumerische Charaktersequenz, die das Messgerät bzw. den Stellungsregler als Teil eines Stellgeräts eindeutig identifiziert	nicht anwendbar oder nach Kundenspezifikation	
Rücksetzen auf Werks-einstellung		Eingereicht bei IEC	Factory-Reset	Rücksetzen aller Geräteparameter (inklusive der NAMUR-Standardgeräte Parameter) aus Werkseinstellung	nicht anwendbar	
Sprache		0112/2///61987#ABB085	Language	Sprache in der Anzeige am Feldgerät	Englisch oder nach Kundenspezifikation	
Diagnosestatus		0112/2///61987# ABH842 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH926 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH927 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH928 Eingereicht bei IEC als 0112/2///61987#ABH925 Eingereicht bei IEC Eingereicht bei IEC	Device-Health	<p>Ausfall: Aufgrund einer Funktionsstörung im Feldgerät oder an seiner Peripherie ist das Ausgangssignal ungültig. Im Fall einer Fehlfunktion des Feldgeräts soll für Analoggeräte das Ausgangssignal gemäß NE 43 auf „low“ (<math>\leq 3,6 \text{ mA}</math>), für Digitalgeräte auf „last valid/usable value“ gesetzt sein (Fehlerursache geräteintern, Fehlerursache prozessbedingt)</p> <p>Funktionskontrolle: Am Feldgerät wird gearbeitet, das Ausgangssignal ist daher vorübergehend ungültig (z. B. eingefroren) (Konfigurationsänderung, Lokale Bedienung, Ersatzwerteingabe)</p> <p>Außerhalb der Spezifikation: Vom Gerät durch Selbstüberwachung ermittelte Abweichungen von den zulässigen Umgebungs- oder Prozessbedingungen oder Störungen im Gerät selbst weisen darauf hin, dass die Messunsicherheit bei Sensoren oder Sollwertabweichung bei Aktoren wahrscheinlich größer ist als unter Betriebsbedingungen zu erwarten (Gerät wird außerhalb der Spezifikation betrieben, unsicherer Messwert aufgrund von Prozess- und/oder Umgebungseinfluss)</p> <p>Wartungsbedarf: Das Ausgangssignal ist zwar noch gültig, aber der Abnutzungsvorrat wird demnächst erschöpft oder aufgrund von Einsatzbedingungen eine Funktion in Kürze eingeschränkt sein, z. B. Alterung der pH-Elektrode (Wartungsbedarf kurzfristig, Wartungsbedarf mittelfristig)</p> <p>Gut: Sind keine Diagnosestatus gemäß NE107 gesetzt, ist von einem guten „Gesundheitszustand“ des Feldgeräts auszugehen.</p> <p>Unbestimmt: Ist der Diagnosestatus nicht verfügbar wird er als unbestimmt bezeichnet (z. B.: das Gerät ist nicht angeschlossen, ein Kommunikationsfehler liegt vor oder wenn das Gerät den Diagnosestatus nicht unterstützt)</p>		

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Änderungs- zähler		Eingereicht bei IEC	Change- Counter	Der Änderungszähler erhöht sich mit jedem Schreibvorgang am Gerät. Dieser Parameter zusammen mit dem Datum der Änderung dient zur Änderungsverfolgung. Auch das Zurücksetzen soll zur Erhöhung des Änderungszählers führen		
Änderungs- datum		Eingereicht bei IEC	Last- Change	Datum der letzten Änderung (hierzu zählen alle Schreib- bzw. Änderungs-vorgänge). Format: tt/mm/jjjj		

## 4.2.2 PNO-Teilmodell: Analoges Messwert eines Messumformers

### 4.2.2.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Diese Spezifikation von messwertbegleitenden Informationen eines Messumformers der Verfahrenstechnik soll die Standardisierung von Anwendungsprozessdefinitionen unterstützen. Diese sind Teil eines Basissatzes von Geräteparametern für Betrieb, Inbetriebnahme, Wartung und Diagnose sowie von Mechanismen zum Erreichen der Konnektivität von Parametern, die von Benutzergruppen und Geräteanbietern definiert werden. Daraus entsteht ein Profil, das prinzipiell für Messumformer, Ventile, binäre Geräte und andere Komponenten ausgeprägt ist, die in der Prozesssteuerung eingesetzt werden, z. B. in der chemischen Industrie, der Lebensmittel-, der Wasser- und der Abwasserindustrie, im Kraftwerksbau und in der Grundstoffindustrie.

Das Profil bietet die Möglichkeit, die Reaktionen (Verhalten) von Geräten verschiedener Hersteller in einem System zu standardisieren. Die Bestimmung spezifischer Anwendungsprozessparameter und Kommunikationsfunktionen erleichtert das Zusammenspiel der Geräte mit den zugehörigen Steuer-, Wartungs- und Diagnosegeräten erheblich. Hier wird nur ein analoger Funktionsbaustein für einen Messwert von Messumformern als ein Teilmodell umgesetzt. Weitere Teilmodelle (hier nicht beschrieben) sind analoge Stellgrößen sowie diskrete Mess- und Stellgrößen.

### 4.2.2.2 Merkmale des PNO-Teilmodells: Analoges Messwert eines Messumformers

Tabelle 17 und Tabelle 18 enthalten die typ- und instanzbezogenen Merkmale des Teilmodells „Analoges Messwert eines Messumformers“.

**Tabelle 17: Typbezogene Merkmale des Teilmodells „Analoges Messwert eines Messumformers“**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standard- merkmale entsprechend Tabelle 4						
BLOCK_ OBJECT		tbd	BlockOb- ject	The BlockObject contains a semantic and management related information about the type of a block	Structure of values	

Tabelle 18: Instanz bezogene Merkmale des Teilmodells „Analoger Messwert eines Messumformers“

Merkm	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Merkmale entsprechend Tabelle 5						
CURRENT_MODE		0112/2///61987#ABH599	CURRENT_MODE	A function block can be in different mode which are Manual automatic and out of service. Depending on the current mode there is a different behaviour of the function block	AUTO, MAN, O/S	
SIMULATE			NE131_SIMULATE	"OFF": measured process value is used "ON": simulated measurement value is used for the measured value. The simulated is not allowed to be deactivated automatically.	OFF, ON	
SIMULATE_VALUE		0112/2///61987# ABJ159	NE131_SIMULATE_VALUE	Value written by an operator to simulate the process value according to NE131 as single parameter.		
PROCESS_VARIABLE		0112/2///61987#ABI635	NE131_PROCESS_VARIABLE	Identifies the measured value type. Code is the Parent_Class extracted from the Block_Object of this Function Block.	Temp or pressure or level or flow or ...	
PROCESS_VALUE		0112/2///61987# ABJ159	NE131_PROCESS_VALUE	Provides the process value without status.	-	
DAMPING		0112/2///61987#ABH526	DAMPING	Filter time of the process variable. The Function Block parameter DAMPING contains the time constant for the rise time of the FB output value up to a value of 63.21% resulted from a jump on the input (PT1 filter). The engineering unit of the parameter is second.	1.0	
INPUT_SELECTOR	tbd		INPUT_SELECTOR	For all types of Analog Input Function Blocks with Parent_Class is in the range of 0 to 145 the following rules apply: <ul style="list-style-type: none"> <li>The parameter INPUT_SELECTOR carries the Parent_Class code of its Function Block</li> <li>Only this code is writable (fixed).</li> </ul> If the Parent_Class of the Analog Input Function Block is 149 (Flexible FB) the following rule applies: <ul style="list-style-type: none"> <li>The INPUT_SELECTOR carries the reference to the transducer block and the index of the measurement value.</li> </ul> PROFIBUS DP: <ul style="list-style-type: none"> <li>First octet: TB_ID (see directory definitions)</li> <li>Second octet: Absolute index of the referenced measurement value.</li> </ul> PROFINET: <ul style="list-style-type: none"> <li>First element: TB_ID (see directory definitions)</li> <li>Second element: Absolute index of the referenced measurement value.</li> </ul>		

### 4.2.3 VDMA VWS für Roboter – VDMA 40010-1:2019-02 (OPC UA Companion Specification (CS))

#### 4.2.3.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

In diesem Abschnitt wird ein Motion Device System ausschnittsweise modelliert, das auf der OPC UA Informationsmodell-Spezifikation eines kompletten Bewegungsgerätesystems als Schnittstelle für übergeordnete Steuerungs- und Auswertesysteme beruht. Ein Motion Device System besteht aus einem oder mehreren Motion Devices, die ein beliebiger bestehender oder zukünftiger Robotertyp (z. B. Industrieroboter, mobile Roboter), ein kinematisches System oder ein Manipulator sowie deren Steuergeräte und Peripheriekomponenten sein können.

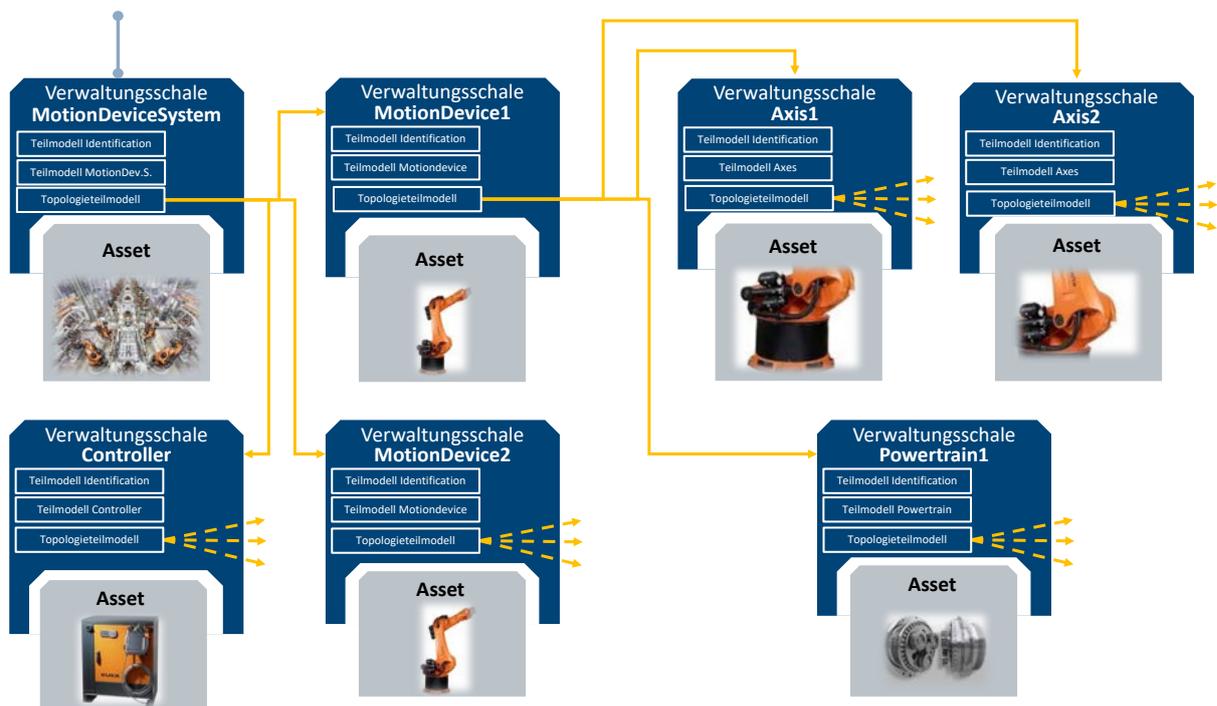
#### 4.2.3.2 Prinzipieller Aufbau der VDMA VWS Roboter – VDMA 40010-1:2019-02 (OPC UA CS)

Das Motion Device System wird für andere VWS oder Anwendungssysteme durch eine VWS „MotionDeviceSystem“ repräsentiert (Abbildung 30). Diese VWS ist eine Verbundkomponente, d. h. aggregiert mehrere VWS. Die Verbundkomponente hat in diesem Beispiel nur durch die VWS des MotionDeviceSystems einen I4.0-konformen Zugang zu

dem I4.0-System. Die unterlagerten VWS haben in dieser Modellierung keinen eigenen Zugang. Dahinter steht die Überlegung, dass solange der Implementierungsaufwand geringgehalten wird, über die MotionDeviceSystem VWS alle Elemente aller unterlagerten VWS zugreifbar sind. Alle Verwaltungsschalen haben die pflichtgemäßen Attribute (in Abbildung 30 nicht dargestellt), ihre jeweiligen Asset Identification Teilmodelle sowie ein oder mehrere spezifische Teilmodelle.

Die VWS des Gesamtsystems „MotionDeviceSystem“ enthält neben seinem Asset Identification Teilmodell das Teilmodell mit den gesamtsystemspezifischen Merkmalen. Zusätzlich gibt es ein Topologie-Teilmodell, in dem die Referenzen zu den VWS enthalten sind, die die unterlagerten Assets vertreten. Dies sind die VWS von MotionDevices und dem Controller. Die VWS der MotionDevices ihrerseits beinhalten jeweils die pflichtgemäßen Attribute (in Abbildung 30 nicht dargestellt), das Asset Identification Teilmodell, ihr spezifisches Teilmodell sowie ein Topologieteilmodell mit Referenzen z. B. auf Achsen oder den Antriebsstrang. Die in Abbildung 30 dargestellten Assets mit ihren VWS sind ein Ausschnitt des Gesamtsystems. Die Auswahl enthält aber alle Strukturierungselemente aus denen die gesamte VWS zusammengebaut werden kann.

Abbildung 30: VWS – Struktur eines Motion Device Systems nach VDMA 40010-1:2019-2 (OPC UA Companion Specification)



Quelle: Plattform Industrie 4.0/Fotos: Kuka AG

Im Folgenden werden für ausgewählte Verwaltungsschalen Teilmodelle mit reduziertem Merkmalumfang beschrieben. Die Auswahl wurde so getroffen, dass das Prinzip sichtbar wird, der Umfang aber nicht den Rahmen dieses Dokuments sprengt. Die Zuordnung ist beispielhaft zu verstehen und hat keine normative Wirkung.

#### 4.2.3.3 Teilmodelle der VWS „Motion-Device-System“

Tabelle 19 enthält die Typ bezogenen Merkmale des Teilmodells „Asset Identification“ für das Motion-Device-System.

Die weiteren Komponenten des Systems sind mit einer eigenen Verwaltungsschale vertreten. Das Topologieteilmodell verweist auf die internen Verwaltungsschalen. Tabelle 20 enthält die Verweise auf die Verwaltungsschalen.

**Tabelle 19: Typbezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identification“ für das Motion-Device-System**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Component-Name			ComponentName	The ComponentName property provides a user writeable name provided by the vendor, integrator or user of the device. The ComponentName may be a default name given by the vendor. This property is defined by ComponentType defined in OPC UA DI	Handling system xyz	

**Tabelle 20: Topology-Teilmodell der „Motion-Device-System“ Verwaltungsschale**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
ReferenceToAAS-MotionDevice1*		-	-	This is a ReferenceElement (a submodel-Element) which references AAS which are within the motion device system	URI of AAS of motion device 1	
ReferenceToAAS-MotionDevice2*		-	-	This is a ReferenceElement (a submodel-Element) which references AAS which are within the motion device system	URI of AAS of motion device 2	
ReferenceToAAS-Controller*		-	-	This is a ReferenceElement (a submodel-Element) which references AAS which are within the motion device system	URI of AAS of Controller	
...						

#### 4.2.3.4 Teilmodelle der VWS „Motion Device-1“

Tabelle 21 enthält die Typ bezogenen Merkmale des Teilmodells „Asset Identification“ für das Motion-Device-1.

**Tabelle 21: Typ bezogene Merkmale des Teilmodells „Asset Identification“ für das Motion-Device-1**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Component-Name		Tbd	ComponentName	The ComponentName property provides a user writeable name provided by the vendor, integrator or user of the device. The ComponentName may be a default name given by the vendor. This property is defined by ComponentType defined in OPC UA DI	Handling system xyz	
Device-Manual		tbd	Device-Manual	The DeviceManual property allows specifying an address of the user manual for the device. It may be a pathname in the file system or a URL (Web address). This property is defined by ComponentType defined in OPC UA DI.	URI of manual storage location	

Tabelle 22 enthält die Instanz bezogenen Merkmale des Teilmodells „Motion-Device-1“.

**Tabelle 22: Instanz bezogene Merkmale des Teilmodells „Motion Device 1“**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
OnPath		Tbd	OnPath	The variable OnPath is true if the motion device is on or near enough the planned program path such that program execution can continue. If the MotionDevice deviates too much from this path in case of errors or an emergency stop, this value becomes false. If OnPath is false, the motion device needs repositioning to continue program execution.	TRUE	
InControl		Tbd	InControl	The variable InControl provides the information if the actuators (in most cases a motor) of the motion device are powered up and in control: „true“. The motion device might be in a standstill.	FALSE	
Speed-Override		tbd	Speed-Override	The SpeedOverride provides the current speed setting in percent of programmed speed (0–100 %).	24,57	

Tabelle 23 enthält die Referenzen auf die Achsen-Teilmodelle in der Verwaltungsschale „Motion-Device-1“.

**Tabelle 23: Topologie Teilmodell der „Motion-Device-1“ Verwaltungsschale**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
ReferenceTo-SubmodellAxis1*		-	-	This is a ReferenceElement (a submodelElement) which references submodel which are within the motion device 1	idShort of Submodel of Axis 1	
ReferenceTo-SubmodellAxis2*		-	-	This is a ReferenceElement (a submodelElement) which references submodel which are within the motion device 1	URI of submodel of Axis 2	
...						

Tabelle 24 enthält die Instanz bezogenen Merkmale des Teilmodells „Axis 1“.

**Tabelle 24: Instanz bezogene Merkmale des Teilmodells „Axis-1“**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
MotionProfile		Tbd	Motion-Profile	The MotionProfile property provides the kind of axis motion as defined by the AxisMotionProfileEnumeration.	1	
AdditionalLoad		tbd	AdditionalLoad	AdditionalLoad provides data for the load that is mounted on this axis, e.g., a transformer for welding.	35	
ActualPosition		Tbd	Actual-Position	The ActualPosition variable provides the current position of the axis and may have limits. If the axis has physical limits, the EURange property of the AnalogUnitType shall be provided.	42	
ActualSpeed		Tbd	Actual-Speed	The ActualSpeed variable provides the axis speed. Applicable speed limits of the axis shall be provided by the EURange property of the AnalogUnitType	112	
Actual-Acceleration		tbd	Actual-Acceleration	The ActualAcceleration variable provides the axis acceleration. Applicable acceleration limits of the axis shall be provided by the EURange property of the AnalogUnitType.	7	

#### 4.2.3.5 Weitere Achsen-Teilmodelle könnten folgen. Teilmodelle der VWS „Motion-Device-2“

Äquivalent zu der Definition in Kapitel 4.2.3.4.

## 4.3 Freie Teilmodelle für Demonstrator HMI2019

### 4.3.1 Auftragsmanagement

In diesem Teilmodell findet man für das Logistik Szenario die Kundenaufträge, also die Anforderungen der Kunden. Es wird unterschieden zwischen offenen, abgelehnten, akzeptierten und abgearbeiteten Kundenaufträge. Es ist nicht Ziel dieses Teilmodells, ein komplexes Auftragsmanagement anzubieten, sondern das was für eine Demonstration einer Verhandlung zwischen einer Verwaltungsschale und Kunden notwendig ist.

#### 4.3.1.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Die Anforderungen der Kunden werden im Auftrag festgehalten und es wird zwischen der Sortieranlage und dem Kunden über den Kundenauftrag verhandelt. Die Anlage macht Angebote.

#### 4.3.1.3 Merkmale des Teilmodells: Auftragsmanagement

Gegen den Kundenauftrag arbeitet die Sortieranlage und versucht bei Ausschussminimierung diese abzuarbeiten.

#### 4.3.1.2 Detaillierung Teilmodell, Funktionen und Interaktionen

Der Kundenauftrag beinhaltet die Kundensicht. Bei möglichen Optimierungen verhandelt die Sortieranlage mit dem Kunden über die Parameter des Auftrags, wie Lieferzeit oder Preis. Der Kundenauftrag kann mehrere Stati haben, wie offen, abgelehnt, akzeptiert oder abgearbeitet. Die Details des Kundenauftrag werden in dem Teilmodell festgehalten. Diese Details werden ausgetauscht, indem die Sortieranlage Angebote zur Optimierung macht. Werden diese akzeptiert, werden sie in den Auftrag übernommen. Dann wird dieser zu den verhandelten Konditionen abgearbeitet.

Das Teilmodell beinhaltet damit alle Phasen eines Auftrags und alle Aufträge, die verfügbar sind, als auch alle die abgearbeitet sind. Bis zum akzeptierten Auftrag, macht die Anlage Angebote an den Kunden, bis ein Einverständnis erlangt ist.

**Tabelle 25: Merkmale des Teilmodells Auftragsmanagement**

Merkmal	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Offene Aufträge			openorders			
Auftragsnummer	openorders		orderid			
Positionsnummer	orderid	<a href="#">0173-1#02-AAQ837#001</a>	Position_n	Verweis auf eine bestimmte Zeile in einem tabellarisch verfassten Dokument		
Name	Position_n		name			
Nummer	Position_n		id			
Stück	Position_n		piece			
Preis	Position_n	<a href="#">0173-1#02-AAQ214#001</a>	price	Für den Erwerb eines Gegenstands zu zahlender Betrag		
Gesamtpreis	Position_n		totalprice			
Abgelehnte Aufträge			rejectedorders			
Auftragsnummer	rejectedorders		orderid			
Positionsnummer	orderid	<a href="#">0173-1#02-AAQ837#001</a>	Position_n	Verweis auf eine bestimmte Zeile in einem tabellarisch verfassten Dokument		
Name	Position_n		name			
Nummer	Position_n		id			
Stück	Position_n		piece			

Tabelle 25: Merkmale des Teilmodells Auftragsmanagement (Fortsetzung)

Merkmalsname	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Preis	Position_n	<a href="#">0173-1#02-AAQ214#001</a>	price	Für den Erwerb eines Gegenstands zu zahlender Betrag		
Gesamtpreis	Position_n		totalprice			
Akzeptierte Aufträge	Accepted-orders		orderid			
Positionsnummer	orderid	<a href="#">0173-1#02-AAQ837#001</a>	Position_n	Verweis auf eine bestimmte Zeile in einem tabellarisch verfassten Dokument		
Name	Position_n		name			
Nummer	Position_n		id			
Stück	Position_n		piece			
Preis	Position_n	<a href="#">0173-1#02-AAQ214#001</a>	price	Für den Erwerb eines Gegenstands zu zahlender Betrag		
Gesamtpreis	Position_n		totalprice			
Fertige Aufträge	completedorders		orderid			
Positionsnummer	orderid	<a href="#">0173-1#02-AAQ837#001</a>	Position_n	Verweis auf eine bestimmte Zeile in einem tabellarisch verfassten Dokument		
Name	Position_n		name			
Nummer	Position_n		id			
Stück	Position_n		piece			
Preis	Position_n	<a href="#">0173-1#02-AAQ214#001</a>	price	Für den Erwerb eines Gegenstands zu zahlender Betrag		
Gesamtpreis	Position_n		totalprice			

### 4.3.2 Angebotsmanagement

In diesem Teilmodell findet man für das Logistik Szenario die Angebote, also die Angebote, die sie Sortieranlage seinen Kunden macht. Es wird unterschieden zwischen offenen, abgelehnten und akzeptierten Angeboten. Es ist nicht Ziel dieses Teilmodells, ein komplexes Angebotsmanagement anzubieten, sondern das was für eine Demonstration einer Verhandlung zwischen einer Verwaltungsschale und Kunden notwendig ist.

#### 4.3.2.1 Nutzen und betriebswirtschaftliche Relevanz

Die Angebote der Sortieranlage an die Kunden werden im Teilmodell Angebotsmanagement festgehalten. Es wird zwischen der Sortieranlage und dem Kunden über den Kundenauftrag verhandelt. Die Anlage macht Angebote und der Kunde hat die Möglichkeit diese zu akzeptieren oder abzulehnen. Im Fall der Akzeptanz wird aus dem Angebot ein Auftrag.

#### 4.3.2.2 Detaillierung Teilmodell, Funktionen und Interaktionen

Siehe oben und Auftragsmanagement

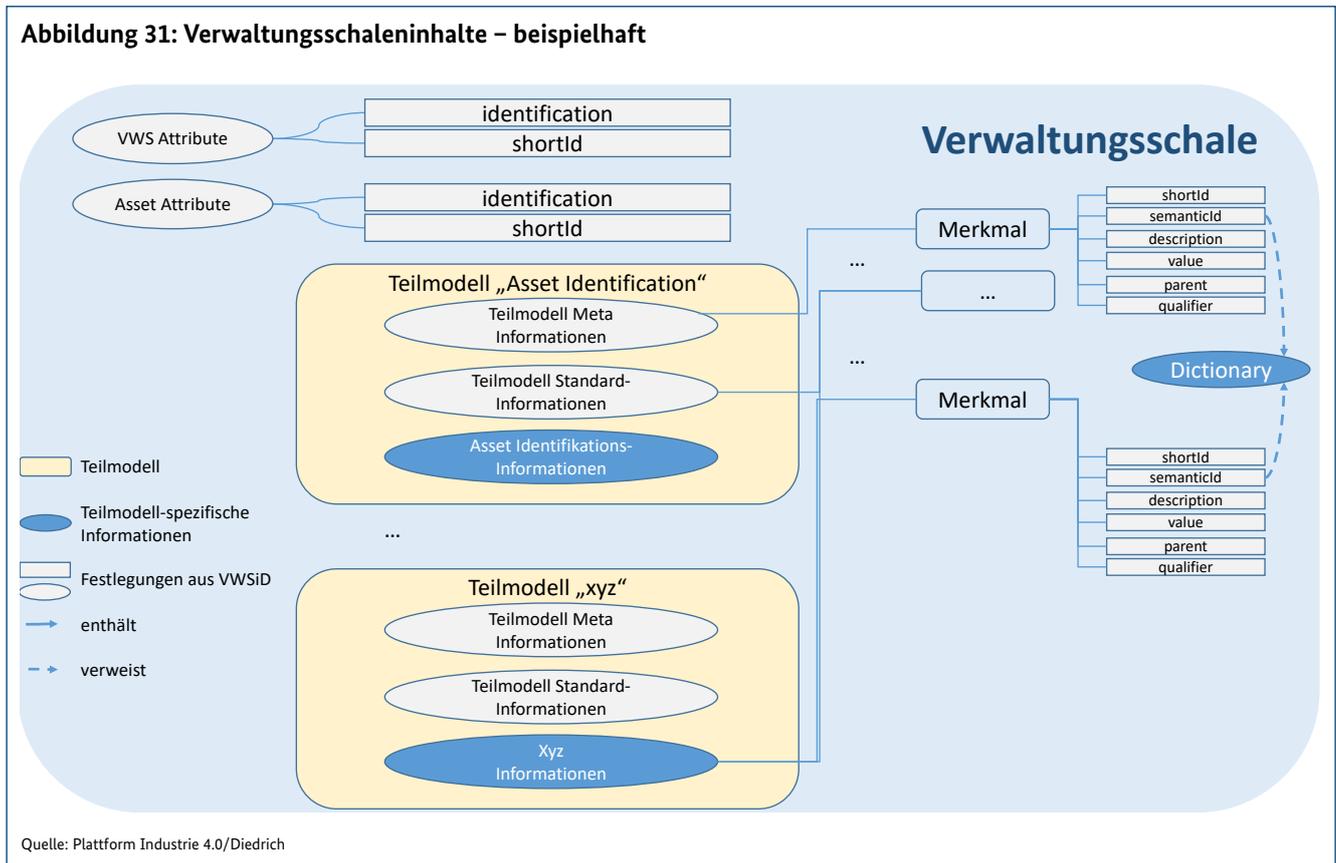
## 4.3.2.3 Merkmale des Teilmodells: Angebotsmanagement

Tabelle 26: Merkmale des Teilmodells Angebotsmanagement

Merkmalsname	parent	semanticId	idShort	description	value	qualifier
Standardmerkmale entsprechend Tabelle 4						
Offene Angebote			openoffers			
Angebotsnummer	openoffers		offerid			
Positionsnummer	offerid	<a href="#">0173-1#02-AAQ837#001</a>	Position_n	Verweis auf eine bestimmte Zeile in einem tabellarisch verfassten Dokument		
Name	Position_n		name			
Nummer	Position_n		id			
Stück	Position_n		piece			
Preis	Position_n	<a href="#">0173-1#02-AAQ214#001</a>	price	Für den Erwerb eines Gegenstands zu zahlender Betrag		
Gesamtpreis	Position_n		totalprice			
Abgelehnte Angebote			rejectedoffers			
Angebotsnummer	rejecteoffers		offerid			
Positionsnummer	offerid	<a href="#">0173-1#02-AAQ837#001</a>	Position_n	Verweis auf eine bestimmte Zeile in einem tabellarisch verfassten Dokument		
Name	Position_n		name			
Nummer	Position_n		id			
Stück	Position_n		piece			
Preis	Position_n	<a href="#">0173-1#02-AAQ214#001</a>	price	Für den Erwerb eines Gegenstands zu zahlender Betrag		
Gesamtpreis	Position_n		totalprice			
Akzeptierte Angebote	Acceptedoffers		offerid			
Positionsnummer	offerid	<a href="#">0173-1#02-AAQ837#001</a>	Position_n	Verweis auf eine bestimmte Zeile in einem tabellarisch verfassten Dokument		
Name	Position_n		name			
Nummer	Position_n		id			
Stück	Position_n		piece			
Preis	Position_n	<a href="#">0173-1#02-AAQ214#001</a>	price	Für den Erwerb eines Gegenstands zu zahlender Betrag		
Gesamtpreis	Position_n		totalprice			

### 4.4 Übersicht über die Verwaltungsschale eines Assets

In Abbildung 31 ist eine Übersicht zusammengestellt, welche Definitionen prinzipiell in einer Verwaltungsschale benötigt werden. Dabei ist die Auswahl der Teilmodelle beispielhaft, sie ist an das jeweilige Asset anzupassen.



# 5. Beispielszenario

Für ein Beispielszenario mit seinen entsprechenden Komponenten werden im Folgenden entsprechende Verwaltungsschalen mit ihren Teilmodellen definiert und in einem Demonstrator umgesetzt (Abbildung 32). Dabei werden die Teilmodelle definiert, die für den Betrieb des Szenarios benötigt werden als auch einige Teilmodelle generischer Natur, die nicht zwingend für das Szenario notwendig sind.

Das Beispielszenario dient als Klammer zwischen den Erläuterungen im oberen Teil des Dokuments und den konkreten Teilmodellen, die im Folgenden entworfen werden. Das Szenario verfolgt die Ziele:

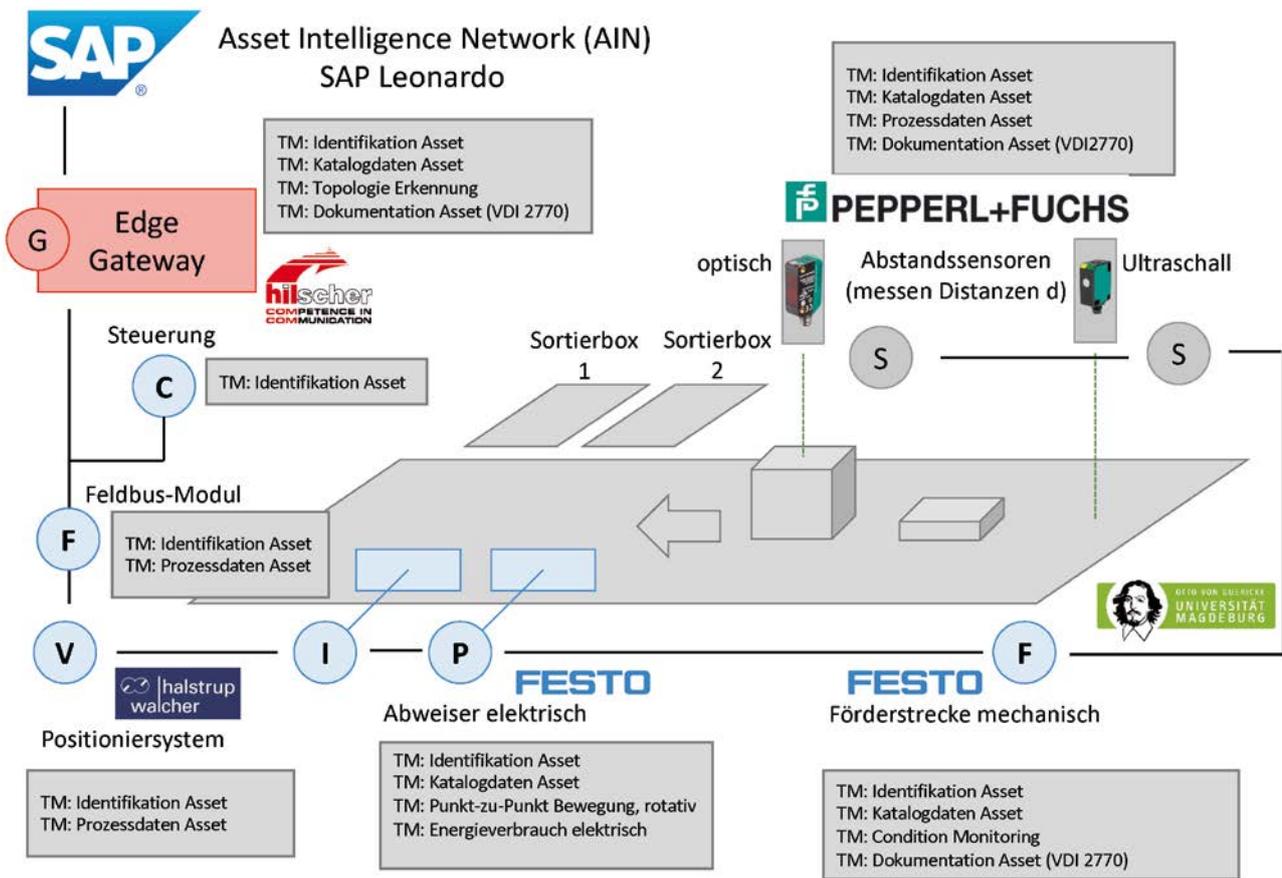
- gemeinsamer Bezugspunkt für alle Teilmodelle und Erklärungen im Dokument,
- Validierung der konkreten Teilmodelle im unteren Teil des Dokuments,
- Möglichkeit, einen Demonstrator zu realisieren und

- eine echte I4.0-Applikation, welche dezentrale Informationen, Funktionen und Modularität/ Wandelbarkeit aufzeigt.

Die gedachte I4.0-Applikation stellt eine Paketsortieranlage dar. Pakete werden (Abbildung 32 von rechts) auf eine Förderstrecke aufgelegt. Ein Abstandssensor detektiert bei konstantem Vorschub die Pakete mittels Erfassung ihres Höhenprofils und ist in der Lage, weitere Kennzahlen (engl. Features) autonom zu bestimmen. Zum richtigen Zeitpunkt befördern aktivierbare Abweiser die Pakete von der Förderstrecke in eine von zwei Sortierboxen. Die Abweiser können durch unterschiedliche Technologien realisiert werden (elektrisch, pneumatisch) weisen aber die gleichen Schnittstellen (Teilmodelle) auf, um austauschbar zu bleiben.

Der Demonstrator wird kontinuierlich weiterentwickelt. Bestandteil dieses Dokuments sind die Ausbauphase 1 und Phase 2. Die erste Ausbaustufe wurde auf der HMI 2018 vorgeführt.

**Abbildung 32: Demoszenario: „Pakete aussortieren“ mit Ventilinsel, Zylinder, elektrische Achsen, Edge Gateway, Distanzsensor, IO-Link**



Quelle: Plattform Industrie 4.0

## 5.1 Implementiertes Szenario für HMI 2018: Condition Monitoring, KPI's für die Förderstrecke und generische Teilmodelle

In der Phase 1 des Demonstrators ist im Wesentlichen die Struktur der Verwaltungsschale mit seinen Teilmodellen und Submodel Elementen umgesetzt. Verwaltungsschalen gibt es für alle Komponenten des Demonstrators. Dabei sind drei generische Teilmodelle ausgeprägt: Identifikation-Asset, Technisches Datenblatt und Dokumentation-Asset.

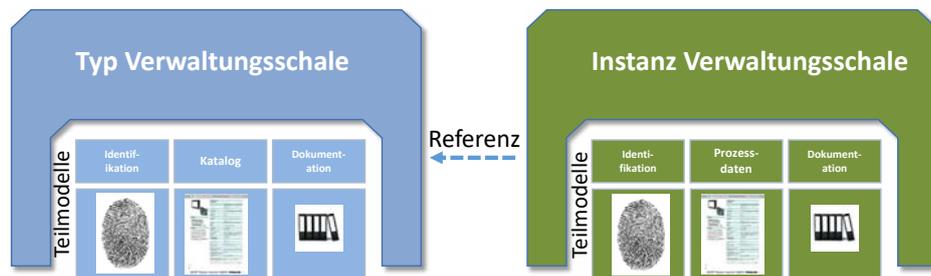
Darüber hinaus ist für ein einfaches Condition Monitoring-Szenario der Förderstrecke im Rahmen der HMI-Demonstration ein freies Teilmodell ausgeprägt. Die Idee des Szenarios ist, dass die Verwaltungsschalen des Sensors und des Positioniersystems (Motor) relevante Prozessdaten visualisieren, aggregieren und KPI's berechnen. Diese werden dann an die Verwaltungsschale der Förderstrecke

übergeben und dort in dem Teilmodell „Condition Monitoring“ genutzt. Dieses Teilmodell beinhaltet die Prozessdaten für die passive Förderstrecke, abgeleitet von Prozessdaten der aktiven Komponenten. Zum Beispiel wurden über einen konstanten Faktor (Übersetzungsverhältnis) das Drehmoment an der Förderstrecke aus dem Drehmomentverlauf des Stellmotors abgeleitet oder die Anzahl der Positionierungen und damit die Anfahrten gezählt. Die rein mechanische Förderstrecke erhält durch seine Verwaltungsschale die Möglichkeit, Prozessdaten zu speichern, darzustellen und zum Beispiel bei Überschreiten eines Schwellwertes eine Wartungsanforderung direkt zu bestellen. Ohne eine Verwaltungsschale wäre dies der Förderstrecke nicht möglich.

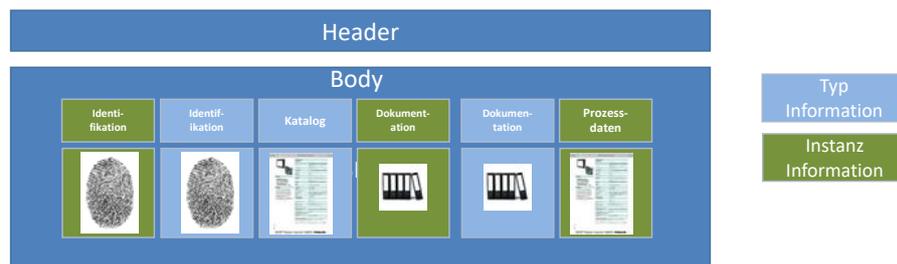
Es sind Verwaltungsschalen für Typ und Instanz als getrennte Objekte mit unterschiedlichen Teilmodellen ausgeprägt, die aber in einer User-Sicht wieder zusammenkommen können (Abbildung 31).

Abbildung 33: Zusammenspiel Typ und Instanz mit seinen Teilmodellen

Zwei getrennte Verwaltungsschalen für eine Instanz eines bestimmten Typs



User Interface Sicht auf eine Instanz VWS in einer IT Infrastruktur bestehend aus Teilmodellen der Instanz und des Typs



Quelle: Plattform Industrie 4.0

Tabelle 27 listet die Kernkomponenten des I4.0-Beispiel-szenarios auf und legt dar, welche Teilmodelle bereitgestellt werden.

**Tabelle 27: Überblick über Komponenten und Teilmodelle des Beispielszenarios**

Komponente	Typ Name	Konkretes Teilmodell	Teilmodell Klasse
Förderstrecke mechanisch (Festo)	Förderstrecke-ME-700-80	TM: Identifikation Asset	Basis Teilmodell Optional
		TM: Technisches Datenblatt	Basis Teilmodell Optional
		TM: Condition Monitoring (Auf Basis von Motordaten und Sensordaten)	Freies Teilmodell
		TM: Dokumentation nach VDI 2770	Basis Teilmodell Optional
Positioniersystem (Halstrup & Walcher)	PSE301-8-IO-0-0-0	TM: Identifikation Asset	Basis Teilmodell Optional
		TM: Prozessdaten	Freies Teilmodell
Abstandssensor Ultra-schall (Pepperl & Fuchs)	UC250-F77-EP-IO-V31	TM: Identifikation Asset	Basis Teilmodell Optional
		TM: Prozessdaten	Freies Teilmodell
		TM: Technisches Datenblatt	Basis Teilmodell Optional
		TM: Dokumentation nach VDI 2770	Basis Teilmodell Optional
Abstandssensor optisch (Pepperl & Fuchs)	OMT200-R100-2EP-IO-V31	TM: Identifikation Asset	Basis Teilmodell Optional
		TM: Prozessdaten	Freies Teilmodell
		TM: Technisches Datenblatt	Basis Teilmodell Optional
		TM: Dokumentation nach VDI 2770	Basis Teilmodell Optional
Abweiser 1 elektrisch (Festo)	CMMO-ST-C5-1-LKP EMMS-ST-57-S-SE-SG2	TM: Identifikation Asset	Basis Teilmodell Optional
		TM: Technisches Datenblatt	Basis Teilmodell Optional
Abweiser 2 elektrisch (Festo)	CMMO-ST-C5-1-LKP EMMS-ST-57-S-SE-SG2	TM: Identifikation Asset	Basis Teilmodell Optional
		TM: Technisches Datenblatt	Basis Teilmodell Optional
Net Iot Edge Gateway (Hilscher)	NIOT-E-TIJCX-GB-RE	TM: Identifikation Asset	Basis Teilmodell Optional
		TM: Technisches Datenblatt	Basis Teilmodell Optional
		TM: Dokumentation nach VDI 2770	Basis Teilmodell Optional

## 5.2 Implementiertes Szenario für HMI 2019: Industrie 4.0-Interaktionsszenario Kommissionierung und Verhandlung mit dem Auftraggeber

### Beschreibung der Phase 2 des Beispielszenarios zur Interaktion von I4.0-Komponenten

#### 5.2.1 Definitionen

Die hier genannten Definitionen dienen lediglich zum Verständnis des Beispielszenarios und haben keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit.

Ein **semantisches Protokoll** beschreibt die Interaktion die notwendig ist, um einen (Geschäfts)Prozess durchzuführen. Es beschreibt die Interaktion zwischen den am Prozess beteiligten Rollen und deren Informationsaustausch

anhand von Nachrichten zwischen Zustandsmaschinen. Nachrichten und das Semantische Protokoll sind Elemente der I4.0-Sprache, die in VDI/VDE2193 definiert sind. Dieser Abschnitt enthält Anregungen zur Weiterentwicklung dieser Richtlinie.

Ein **Skill** ist die Umsetzung einer Fähigkeit, um in der realen Welt einen Effekt erzielen zu können.<sup>8</sup> Dies ist gegeben, wenn alle für die Rolle relevanten Zustandstransformationen und damit zusammenhängende Aktionen durchgeführt werden können. Zum Umsetzen der Aktionen werden Skill Operationen benutzt.

Eine **Operation** ist eine Implementierung, die eine Wirkung hervorruft. Bei einem physischen Asset könnte dies zum Beispiel das Triggern eines Aktors sein. **Nachrichten**-Inhalte sollten aus Auszügen eines Teilmodells bestehen und idealerweise VWSiD JSON-konform sein. Die Nachrichtenelemente sind Teil einer für Basisinteraktionen

<sup>8</sup> Die Definition des Begriffs „Skill“ ist noch nicht abgeschlossen. Die verwendete Beschreibung kann sich noch verändern.

notwendigen Basisontologie und der Domänenontologien, die für die einzelnen Typen von I4.0-Komponenten existieren oder aus den Domänen entstehen. Die Ontologien sind im I4.0-System bekannt und eindeutig. Sie können auf Taxonomien bzw. Merkmalkatalogen wie z. B. eCl@ss basieren oder bei Notwendigkeit weitere technologische Konzepte nutzen.

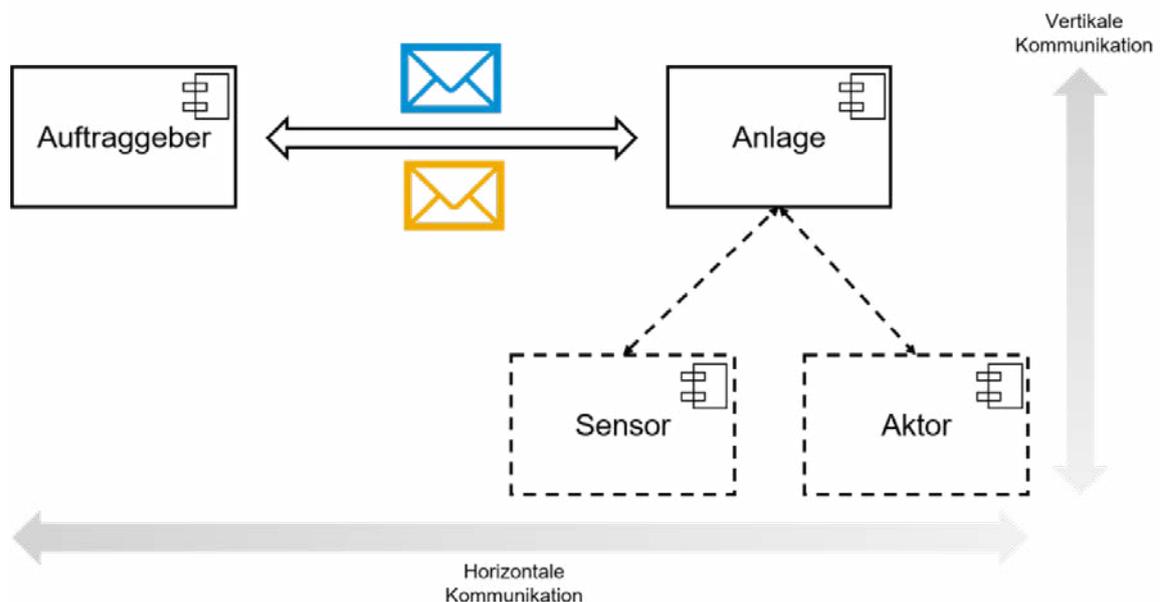
### 5.2.2 Szenario

Der Demonstrator ist eine Verbundkomponente aus einem mechanischen Fließband, Sensoren, Aktoren und lokalen sowie cloudbasierten Steuereinheiten. Er befasst sich mit der Kommissionierung von Aufträgen bestehend aus unterschiedlichen Kisten. Die Kommissionierungsanlage nimmt Aufträge von Auftraggebern entgegen und bearbeitet sie abhängig von einem variablem Inputstream (zu fertigen Assets: Würfel, Kiste, Dose). Ist keiner der vorhandenen Aufträge kosteneffizient zu bearbeiten, kann die Verbundkomponente Angebote an die ihr bekannten Auftraggeber schicken. Das Angebot wird situationsabhängig erstellt und berücksichtigt neben dem aktuellen Inputstream auch die bereits vorhandenen Aufträge. Werden die Angebote nicht angenommen, erzeugt die Verbundkomponente unter Umständen Ausschuss. Ausschuss ist in diesem Szenario eine Kiste, die nicht als Teil eines Auftrags kommissioniert werden konnte und deshalb beispielsweise eingelagert werden muss. Die zugrundeliegende Funktion zur Berechnung von neuen Angeboten muss also abwägen, ob ein Teil günstig angeboten werden soll, oder Ausschuss generiert wird.

Ziel des Szenarios ist es zu beschreiben, wie entscheidungsfähige I4.0-Komponenten miteinander interagieren (Abbildung 34). Die Entscheidung soll dabei nicht von einem allwissenden System delegiert oder diktiert werden, sondern auf Kriterien, welche die Komponente selbst festlegt, beruhen. Solche Kriterien sind beispielsweise physikalische Grenzen, Kosten- und Auslastungsoptimierung. Zur Berechnung der Kriterien werden in der Regel Sensorinformationen vom Asset benötigt. Die Anbindung des Assets an seine Verwaltungsschale wird als vertikale Kommunikation beschrieben. Die Interaktion zwischen Verwaltungsschalen wird horizontale Kommunikation genannt. Die horizontale Interaktion kann bewirken, dass Steuerbefehle für Aktoren der Anlage ausgelöst werden müssen, weshalb die vertikale Interaktion bidirektional möglich sein muss. In diesem Szenario befinden sich die Verwaltungsschalen der Kommissionierungsanlage in der SAP Cloud (Abbildung 34). Die proprietäre Geräteanbindung wird durch das Edge-Gateway realisiert. Das Gateway bildet zusammen mit den übrigen Komponenten das Asset der Kommissionierungsanlage. Der Auftraggeber ist SAP AIN und wird durch eine Verwaltungsschale repräsentiert.

Anforderung: Verwaltungsschalen sind logisch voneinander abgrenzbar und durch standardisierte Schnittstellen ansprechbar. Sie nehmen eine aktive Rolle in der I4.0-Anwendung ein.

Abbildung 34: Vertikale und horizontale Kommunikation



Aktive Verwaltungsschalen könnten zum Beispiel mittels Technologien wie OPC UA oder Protokollen wie MQTT, AMQP oder HTTP Interaktionen initiieren. Die einfachste Form der Interaktion ist der API-Zugriff einer aktiven Verwaltungsschale auf eine passive Verwaltungsschale. Das semantische Protokoll wird hier einheitlich definiert, nämlich die API der passiven Verwaltungsschale. Die passive Verwaltungsschale hat bei dieser Form der Interaktion keinerlei Entscheidungsfreiraum. Die passive Verwaltungsschale wird in einer vertikalen Interaktion angesprochen und reagiert auf die Anfragen. Diese API wird in Teil 2 der VWSiD-Spezifikation festgelegt (siehe auch rechte Erscheinungsform der Verwaltungsschale in Abbildung 5). In diesem Beispielszenario liegt der Fokus auf der horizontalen Interaktion von aktiven Verwaltungsschalen und somit von entscheidungsfähigen Komponenten.

Zur Interaktion ist es notwendig, ein domänenspezifisches semantisches Protokoll zu definieren, welches die Rahmenbedingungen berücksichtigt und Interaktionsregeln festlegt. Der Nachrichtenaustausch findet über eine standardisierte Schnittstelle statt. Wie in Abbildung 35 dargestellt, werden die Nachrichten durch den Interaktionsmanager angenommen und anschließend auf die adressierten Skills verteilt. Ein Skill ist die rollenspezifische Umsetzung des semantischen Protokolls, weshalb diese in der Grafik dieselben Namen haben wie die zugehörigen semantischen Protokolle.

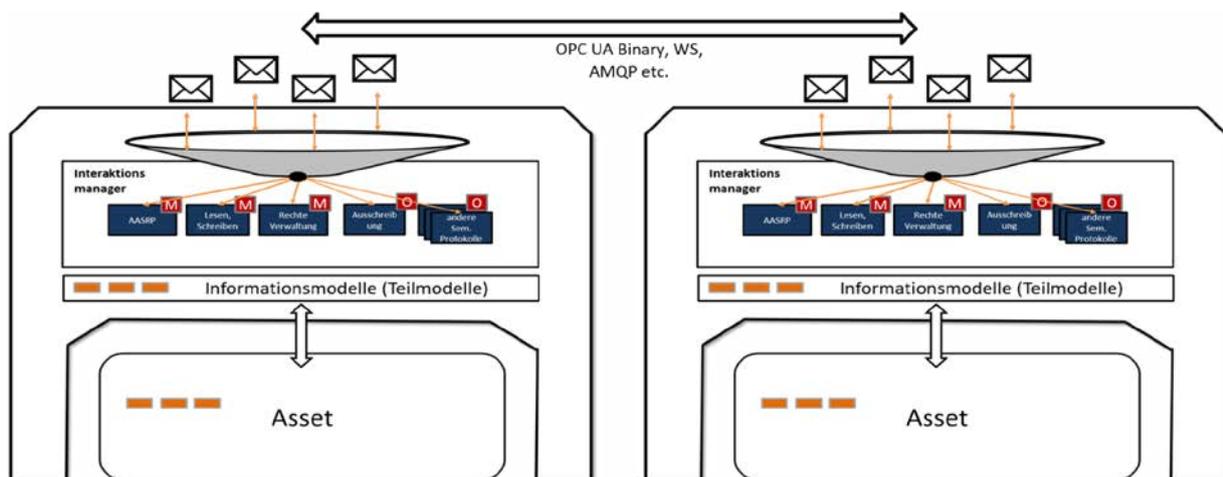
Technisch kann es viele Wege geben, eine Nachricht zu transportieren. Innerhalb einer Verwaltungsschale gibt es jedoch nur eine Komponente, den Interaktionsmanager, der alle Nachrichten verwaltet, egal über welchen Transportmechanismus, d.h. Kommunikationsprotokoll die Nachricht empfangen worden ist. Dem Interaktionsmanager muss die Nachricht in einem bestimmten Format vorgelegt werden, damit der adressierte Skill den Nachrichteninhalt richtig interpretieren kann. Anhand der Zustandsmaschine, die den Skill repräsentiert, wird dann abhängig von seinem inneren Zustand entschieden, welche Operationen durchgeführt werden soll.

### 5.2.3 Nachrichten Aufbau

Zur horizontalen Interaktion bedarf es neben einem semantischen Protokoll auch eines einheitlichen Nachrichtenaufbaus. Eine Nachricht besteht aus Header und Body. Der Header erlaubt es dem Interaktionsmanager die Nachricht zu interpretieren und weiterzuleiten. Der Body der Nachricht besteht aus einer Liste von Teilmodellen, welche zur Zusammenarbeit mit den adressierten Skills verwendet werden.

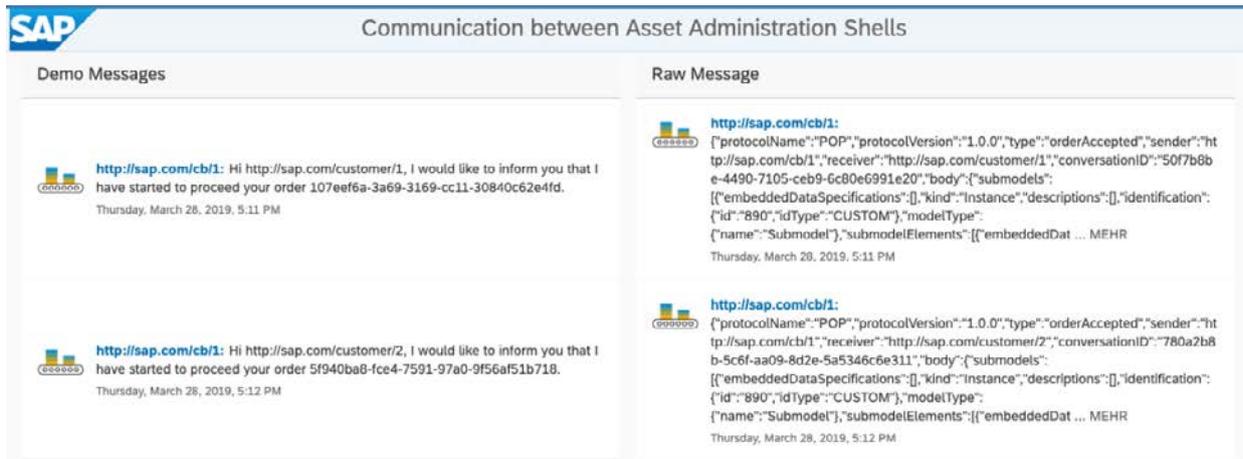
Auf der Abbildung 36 sind die Nachrichten zu sehen, die zwischen Verwaltungsschalen ausgetauscht werden. Auf der linken Seite des Bildschirms ist die Menschen lesbare Nachricht und auf der rechten Seite ist die entsprechende technische Nachricht zu sehen.

Abbildung 35: Austausch von Nachrichten über Interaktionsmanager



Quelle: Plattform Industrie 4.0/Sauer

Abbildung 36: Demo Nachrichten HMI Demonstrator



Quelle: Plattform Industrie 4.0/Sauer

Abbildung 36 zeigt die Nachrichtfelder des Headers und Bodys. Erforderlich für jede Nachricht ist die Benennung des semantischen Protokolls, die Angabe eines Senders sowie eines Nachrichtentyps. Die Nachrichtenstruktur basiert auf der VDI/VDE 2193-1 und wurde für dieses Beispielszenario um die Kennung des semantischen Protokolls erweitert.

Die Felder bestehen aus Elementen des Verwaltungsschalen-Metamodells und können daher sowohl nach JSON als auch XML serialisiert werden. Im Anhang unter 7.2 ist ein nach JSON serialisiertes semantisches Protokoll zu finden.

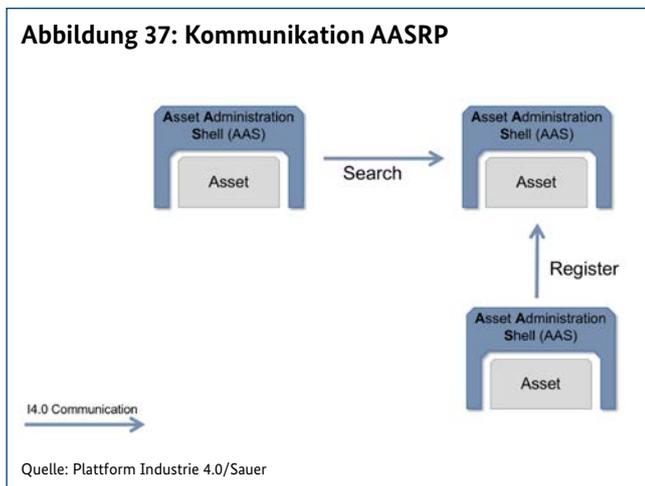
Tabelle 28: Aufbau einer Nachricht

Header			
Feld	Beschreibung	Metamodel Element	Qualifier
semanticProtocol	Dient zur Identifizierung des Semantischen Protokolls und damit des Skills	Referenz	erforderlich
conversationId	Dient zur Identifizierung einer fortlaufenden Sitzung	anySimpleType<String>	optional
messageId	Dient zur Identifizierung einer Nachricht	anySimpleType<String>	optional
sender	Dient zur Identifizierung des Senders und beinhaltet die ID der Sender Verwaltungsschale	Identification	erforderlich
receiver	Dient zur Identifizierung des Empfängers und beinhaltet die ID der Empfänger Verwaltungsschale	Identification	optional
replyBy	Ein Zeitstempel bis wann die Nachricht zu beantworten ist	Date	optional
inReplyTo	Referenziert die Vorgänger Nachricht	anySimpleType<String>	optional
type	Bestimmt den Nachrichten Typ der Nachricht im Bezug zum Semantischen Protokoll	anySimpleType<String>	erforderlich
Body			
Feld	Beschreibung	Metamodel Element	Qualifier
submodels	Ist eine Liste von Teilmodellen	Submodel	optional

### 5.2.4 AAS-Registry-Protocol (AASRP)

AASRP ist ein semantisches Protokoll. Es dient dazu, die Kommunikation zwischen der Verwaltungsschale einer I4.0-Komponente und einer Registry zu beschreiben. AASRP ermöglicht die Registrierung von Verwaltungsschalen in Form eines Adressbuches, welches neben der ID der Verwaltungsschale optional auch deren Skills und Teilmodelle aufnimmt.

Alle Teilnehmer eines Netzwerkes melden sich mittels AASRP bei einer Registry an. Dabei ist im ersten Moment nicht relevant, wo sich die Registry befindet. Jede Verwaltungsschale kann prinzipiell auch eine Registry sein, sofern sie AASRP voll unterstützt. In der Praxis bietet es sich an, die Verwaltungsschalen von zentralen Systemen wie zum Beispiel einem MES-System als Registry für Fertigungsmaschinen zu nutzen.



Neben dem Registrieren von Komponenten kann AASRP auch dazu genutzt werden, Komponenten ausfindig zu machen, die ein bestimmtes semantisches Protokoll implementiert haben. Ebenso lässt sich AASRP verwenden, um Verwaltungsschalen zu finden, die eine Instanz eines Teilmodells besitzen.

Im Vergleich zu anderen semantischen Protokollen ist es ratsam, für AASRP ein oder mehrere technische Protokolle zum Nachrichtentransport zu definieren. Für die meisten semantischen Protokolle existieren domainspezifische Standards oder De-facto-Standards zum Nachrichtenaustausch. AASRP ist domainübergreifend und muss deshalb Protokolle benennen. Für das Beispielszenario wurden Websockets zum Nachrichtenaustausch benutzt. Diese bieten den Vorteil der bidirektionalen Kommunikation und basieren auf dem weitverbreiteten Protokoll HTTP. Außerdem besitzen Websockets sowohl auf der Edge als auch in der Cloud eine große Akzeptanz.

#### Teilnehmer

- Registry Verwaltungsschale
- Zu registrierende Verwaltungsschale

#### Ablauf

Die Verwaltungsschale der Komponente meldet sich mit einer Register-Nachricht bei einer Registry an. Antwortet die Registry mit einem Error ist AASRP beendet und die Komponente nicht registriert. Antwortet die Registry mit *registerAccept* ist das Asset erfolgreich registriert und kann dadurch von anderen Verwaltungsschalen ermittelt werden. Dies geschieht mit einer *SearchReq*-Nachricht an die Registry. Die Registry kann darauf hin mit einer *SearchRes*-Nachricht die angeforderten Informationen übermitteln.

In Abbildung 38 wird eine Interaktion zwischen zwei Verwaltungsschalen exemplarisch demonstriert. AAS Device versendet Registrierungsanfragen mit *register* an die Registry, die daraufhin zwei Antwortmöglichkeiten hat. Sie kann zum einen mit einer *acceptRegister*-Nachricht und zum anderen mit einer Error-Nachricht antworten. Die Error-Nachricht kann zu jedem Zeitpunkt versendet werden. Sollte das Device sich selbstständig abmelden wollen, kann es eine *unregister*-Nachricht übermitteln.

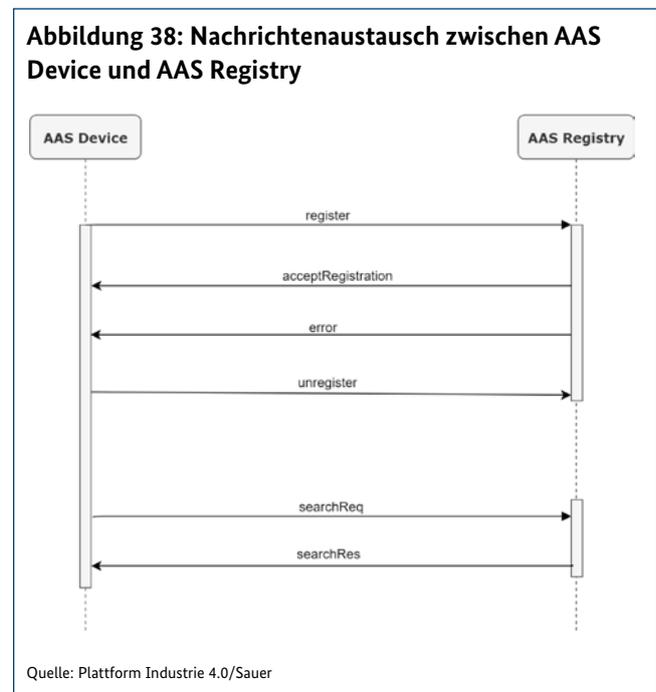


Tabelle 29: Nachrichten von AASRP

Nachricht	Beschreibung
<i>register</i>	Anfragenachricht wird von der Asset Verwaltungsschale an die Registry gesendet.
<i>unregister</i>	Verwaltungsschale meldet sich von Registry ab.
<i>acceptRegistration</i>	Anfrage wurde akzeptiert und Verwaltungsschale ist erfolgreich registriert.
<i>searchReq</i>	Suche nach Verwaltungsschalen auf Basis von IDs, Teilmodellen und Skills.
<i>searchRes</i>	Antwort auf die Suche nach Verwaltungsschalen, Teilmodellen und Skills.
<i>error</i>	Nachricht bei Fehler.

Das eindimensionale Zustandsdiagramm (Tabelle 31) zeigt in jeder Zeile eine Transition zwischen Automaten. Bestandteile der Transitionstabelle ist der Ausgangs- und Zielzustand sowie die Events, die zum Übergang von Ausgangszustand zum Zielzustand führen. Nachrichten, die

nicht zur Transition in einen anderen Zustand führen, werden von AASRP ignoriert. Ausnahme ist die Error-Nachricht, bei der je nach Inhalt der Nachricht die Registrierung oder die Suche abgebrochen werden kann.

Tabelle 30: Zustandsautomaten für AASRP

Ausgangszustand	<i>register</i>	<i>acceptRegistration</i>	<i>error</i>	<i>unregister</i>	<i>searchReq</i>	<i>searchRes</i>	Zielzustand
<i>Nicht-registriert</i>	X						Warten
<i>Warten</i>		X					Registriert
<i>Warten</i>			X				Nicht-registriert
<i>Registriert</i>					X		Suchen
<i>Registriert</i>				X			Nicht-registriert
<i>Suchen</i>			X			X	Registriert

### 5.2.5 Picking-Order-Protocol (POP)

POP dient dazu, die Interaktion zwischen einer Kommissionierungsanlage und Auftraggebern zu definieren und ist ein weiteres semantisches Protokoll. Es soll dazu beitragen, dass die Auftraggeber ihre Kommissionierungsaufträge zu akzeptablen Konditionen erfüllt bekommen und die Anlage eigene Optimierungsverfahren lokal umsetzen kann. Die Anlage kann nach individuellen Anforderungen optimiert werden.

POP ist darauf ausgelegt, die Interaktion zwischen mehreren Auftraggebern und einer Anlage, die nicht zwangsläufig im Besitz der Auftraggeber ist, zu koordinieren. Die Optimierung der Anlage und die Optimierung der Fertigung der Auftraggeber können also unter Umständen im Zielkonflikt stehen.

#### Teilnehmer

- Auftraggeber
- Kommissionierungsanlage

#### Ablauf

Als Grundlage für POP muss der Auftraggeber den Kommunikationsendpunkt der Anlage erfahren, um sich mit dieser in Verbindung zu setzen. Dieser vorgestellte Prozess entspricht dem Aufnehmen eines neuen Zulieferers bzw. Kunden in aktuell laufende Prozesse. Das semantische Protokoll beruht auf der Definition von VDI/VDE2193 Teil 2. Im vorliegenden Szenario kann dies mit AASRP umgesetzt werden.

Beide Parteien, Auftraggeber und Auftragnehmer, können nach erfolgreicher Bekanntmachung Aufträge beziehungsweise Angebote senden, die von der jeweils anderen Seite angenommen oder abgelehnt werden können.

Der Start für POP ist der Eingang eines Auftrags (order) vom Auftraggeber. Eingegangene Aufträge werden in einer Auftragswarteschlange der Anlage gesammelt und können dieser anschließend entnommen werden. Im Auftragsmanagement befindet sich die Entscheidungslogik welcher Auftrag als nächstes abgearbeitet wird. Lässt sich keine kosteneffiziente Kommissionierung aus dem aktuellen Input und der Auftragslage feststellen, kann die Anlage dem Auftraggeber ein

Angebot mit günstigeren Konditionen vorlegen. Wird das Angebot vom Auftraggeber akzeptiert, erstellt die Anlage einen neuen Auftrag zu den verhandelten Konditionen. Dadurch produziert die Anlage effizient und es werden die zuvor entstandenen Fehlerkosten eingespart. Nachdem die Anlage den Auftrag abgearbeitet hat, wird der Auftraggeber über die Fertigstellung des Auftrags informiert und der Prozess beginnt von vorne. POP wird beendet, sobald sich keine Aufträge mehr im Auftrags-Repository befinden.

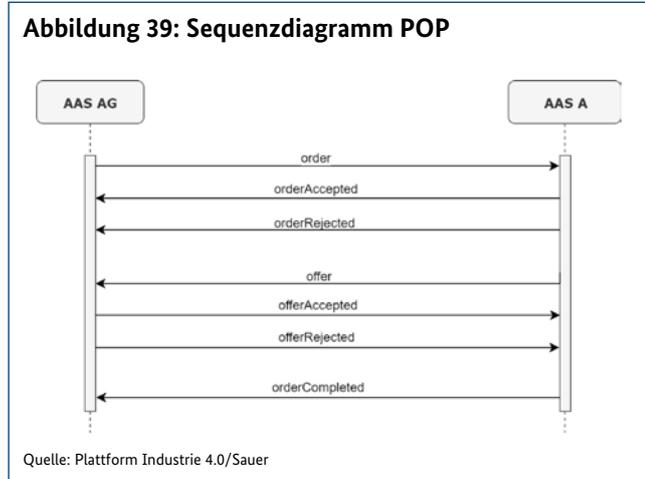
## Nachrichten

In untenstehender Tabelle können die zum Austausch notwendigen Nachrichten mit ihren Bedeutungen eingesehen werden. In Abbildung 39 kann man die Nachrichtenflüsse dem Sequenzdiagramm entnehmen. Ein Beispiel für eine JSON Serialisierung ist in Abschnitt 0 zu sehen.

**Tabelle 31: Nachrichten des Pick-Order-Protocol**

Nachricht	Beschreibung
<i>order</i>	Eine Nachricht mit dem Auftrag des Auftraggebers, zu produzierenden Teilen und dem Preis der einzelnen Auftragspositionen.
<i>orderAccepted</i>	Damit wird der Auftrag vom AG (Auftraggeber) akzeptiert und A wird diesen zu den zuvor definierten Konditionen ausführen.
<i>orderRejected</i>	Mit dieser Nachricht ist es der Anlage möglich, Aufträge abzulehnen. Beispielsweise, falls die Anlage die gewünschten Teile nicht kennt.
<i>offer</i>	Eine Offer Nachricht wird gesendet, sobald die Anlage nicht ohne Ausschuss produzieren kann und durch ein Gegenangebot die Fehlerkosten schmälern kann.
<i>offerAccepted</i>	Durch diese Nachricht wird die vorgestellte offer Nachricht vom Auftraggeber akzeptiert.
<i>offerRejected</i>	Durch diese Nachricht wird die vorgestellte offer Nachricht vom Auftraggeber abgelehnt.
<i>orderCompleted</i>	Mit dieser Nachricht wird dem AG die Auftragsfertigstellung mitgeteilt.

**Abbildung 39: Sequenzdiagramm POP**



## Ablauf

Da die Verwaltungsschale der Förderstrecke in der Cloud realisiert ist, muss die Interaktion zwischen der Cloud-Komponente und der Edge-Komponente definiert werden. Im VWS-Kontext entspricht dies der proprietären Geräteanbindung. Während geschäftsprozessrelevante Themen in der Cloud abgehandelt werden, müssen steuerungsrelevante Prozesse auf der Edge umgesetzt werden. Wenn auf Cloud-Seite entschieden wurde, dass ein Auftrag angenommen wird, sendet die Cloud-Komponente dem Gateway einen Auftrag, welcher von dem Gateway, bzw. den angeschlossenen Komponenten um die Förderstrecke, umgesetzt werden muss. Das Gateway sendet außerdem permanent Statusinformationen an die Cloud-Komponente. Auf Basis dieser Informationen interagiert die Cloud-Komponente mit anderen Verwaltungsschalen.

### 5.2.6 Cloud Gateway Interaktion (CGI) – proprietär

Die Cloud Gateway Interaktion ist kein semantisches Protokoll. Es entspricht der proprietären Geräteanbindung eines Assets an seine Verwaltungsschale. Im Beispielszenario ist das Asset die Kommissionierungsanlage inklusive Steuerungseinheiten und Gateway.

#### Teilnehmer

- Gateway (Zugang zu den Assets der Anlage)
- SAP Cloud (Verwaltungsschale der Anlage)

#### Nachrichten Transport

Die Edge-Komponente versucht permanent, eine Websocket-Verbindung zur Cloud-Komponente aufzubauen. Die Edge-Komponente kennt ihre Cloud-Komponente. Die Cloud-Komponente kann nur mit dieser bestimmten Instanz der Edge-Komponente arbeiten.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Dieses White Paper „Verwaltungsschale in der Praxis“ enthält allgemeine Erläuterungen zu den Basiselementen einer Verwaltungsschale sowie zu wichtigen Konzepten, wie z. B. die Erscheinungsformen der Verwaltungsschale und die Identifikations- und Adressierungsmöglichkeiten. Es sollen Hilfestellungen zur Umsetzungsplanung gegeben werden. Teilmodelle sind wesentliche Bausteine der Verwaltungsschale, weshalb deren Elemente und der Aufbau beschrieben wird. Beispieltteilmodelle wie „Asset-Identifikation“, „NAMUR NE131“, „PNO PROFIBUS PA Funktionsbaustein“ und eine Teilmodellstrukturierung von aggregierten Verwaltungsschalen zeigen an, wie sich existierenden Spezifikationen in eine Verwaltungsschale integrieren lassen.

Die Beschreibungen basieren auf den Erfahrungen bei der Umsetzung eines Demonstrators der nun schon mehrere Male auf Messen gezeigt werden konnte. Neu ist, dass die Verwaltungsschalen miteinander interagieren und dabei die I4.0-Sprache nach VDI/VDE 2193 anwenden. Die zurzeit als passiv spezifizierten Verwaltungsschalen werden aktive Partner in I4.0-Anwendungen. Dazu gehören auch einige semantische Protokolle, die in dem White Paper vorgeschlagen werden.

Das White Paper basiert auf den Festlegungen des Meta-Modells der Verwaltungsschale im Detail, setzt diese um und macht zusätzliche Vorschläge für die Weiterarbeit.

Das White Paper ist ein Ausgangspunkt, um die Möglichkeiten der Verwaltungsschale aufzuzeigen und mit den interessierten Kreisen in die Diskussion zu treten. Im Diskurs sollen Erfahrungen gesammelt und das Dokument so weiterentwickelt werden, dass eine größere Vielfalt an Teilmodellen und Anwendungsbeispielen entsteht. Außerdem werden die als Anforderung gekennzeichneten Teile in die dafür zuständigen Arbeitskreise getragen.

# 7. Anhang

### 7.1 Merkmale eines Teilmodells ausgeprägt mit seinen umfassenden Attributen

Im Fließtext dieses Dokuments wird eine vereinfachte Tabelle genutzt, um die Merkmale (properties) eines Teilmodells mit seinen Attributen zu beschreiben. Diese vereinfachte oder verkürzte Tabelle wird deswegen im Text verwendet, um die Lesbarkeit der Tabellen zu erhöhen. Jedes Merkmal eines Teilmodells muss also noch mehr Attribute erhalten, als die angegebenen. Als Beispiel sei hier die Mengeneinheit

genannt. Indirekt ist diese Mengeneinheit durch die semantische Referenz (semanticId) natürlich definiert, aber nicht Bestandteil der verwendeten und verkürzten Tabelle.

Die Attribute eines Merkmals leiten sich im Wesentlichen aus den Metadaten aus VWSiD, dem DataSpecification-Template und den Attributen aus VWSk ab. Hier in VWSk wird mit der IEC 61360 als Template gearbeitet.

**Tabelle 32: Komplette Liste der Attribute zu einem Merkmal aus VWSiD und IEC 61360x**

VWSiD											IEC61360																
Name	uShort	category	description	parent	semanticId	kind	qualifier	value	valueId	valueType	hasDataSpecification	dataSpecificationComment	Name	uShort	category	description	parent	semanticId	kind	qualifier	value	valueId	valueType	hasDataSpecification	dataSpecificationComment		
Data Type	string		langString	URI	Reference	Kind	Constraint				<a href="http://www.admin-shell.io/DataSpecificationTemplate/1.0/DataSpecificationIEC61360">http://www.admin-shell.io/DataSpecificationTemplate/1.0/DataSpecificationIEC61360</a>																
Qualifier	Referable 0..1	Referable 0..1	Referable 0..1	Referable 0..1	hasSemantics 0..1	hasKind 0..1	Instance	Qualifiable 0..*																			
Definition			The category is a value that gives further meta information w.r.t. to the class of the element. It affects the expected residence of attributes and element in its name space.	Description or the applicability comments on the element.	Reference to the parent element of the element.	Identifier of the semantic definition of the element. Its value either type or instance. Default Value = Instance	Kind of the element.	Additional qualification of a-qualifiable element. Qualifiers have a Type, Value and ValueId.	The value of the property instance	Reference to the global unique id of a coded value.	Reference to the data specification template used by the element.																
			zur Vorschreibung des Arbeitens bestimmte Zeitstempel ab		<a href="http://www.admin-shell.io/DataSpecificationTemplate/1.0/DataSpecificationIEC61360">http://www.admin-shell.io/DataSpecificationTemplate/1.0/DataSpecificationIEC61360</a>																						
Temperatur	Temperatur				0171-3402-AAR7214002	Instance	BASIC	27			<a href="http://www.admin-shell.io/DataSpecificationTemplate/1.0/DataSpecificationIEC61360">http://www.admin-shell.io/DataSpecificationTemplate/1.0/DataSpecificationIEC61360</a>		Temperatur														
VWSk																											

Quelle: Plattform Industrie 4.0

### 7.2 Serialisiertes Semantisches Protokoll nach JSON

Abbildung 40 zeigt das Schema der JSON-Nachricht, wie es im Demonstrator verwendet wird. Es ist bei der Überarbeitung der VDI/VDE 2193-1 mit dieser abzugleichen.

**Abbildung 40: Schema der JSON-Nachricht**

```

{
  "header": {
    "semanticProtocol": {
      "keys": {
        "type": "GlobalReference",
        "local": false,
        "index": 0,
        "value": "<URI/IRDI/ID des semanticProtocol>",
        "idType": "URI/IRDI/CUSTOM"
      }
    },
    "type": "<Nachrichtentyp>",
    "conversationId": "<String>",
    "messageId": "<String>",
    "sender": {
      "identification": {
        "id": "<ID der Sender-AAS>",
        "idType": "URI/IRDI/CUSTOM"
      }
    },
    "receiver": {
      "identification": {
        "id": "<ID der Empfänger-AAS>",
        "idType": "URI"
      }
    },
    "replyBy": "<Unix Timestamp>",
    "inReplyTo": "<String>"
  },
  "body": {
    "submodels": []
  }
}
    
```

Quelle: Plattform Industrie 4.0/Diedrich

### 7.3 Relevante Quellen und Dokumente

Die folgenden Dokumente stehen im Zusammenhang mit diesem Diskussionspapier:

- [1] Verwaltungsschale im Detail V1.0. Ergebnispapier Plattform I4.0 November 2018.
- [2] [www.eCl@ss.eu](http://www.eCl@ss.eu)
- [3] VDI Richtlinie: VDI 2770 Blatt 1: Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen – Mindestanforderungen an digitale Herstellerinformationen für die Prozessindustrie. Grundlagen Gründruck 2018
- [4] Structure of the Administration Shell. Ergebnispapier Plattform I4.0 April 2018.
- [5] Security der Verwaltungsschale. Diskussionspapier Plattform I4.0 April 2017.
- [6] I4.0 Sprache. Diskussionspapier Plattform I4.0. April 2018.
- [7] VDI/VDE2193 Blatt 1: Sprache für I4.0 Kommunikation – Struktur von Nachrichten
- [8] [www.tekom.de](http://www.tekom.de) Gesellschaft für Technische Kommunikation – tekom Deutschland e.V.
- [9] DIN 77005-1:2018-09: Lebenslaufakte für technische Anlagen – Teil 1: Strukturelle und inhaltliche Festlegungen. Beuth Verlag 09/2018.

## **AUTOREN**

Dr. Heinz Bedenbender, VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) | Dr. Jürgen Bock, KUKA Deutschland GmbH | Dr. Birgit Boss, Robert Bosch GmbH | Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich, ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V. | Kai Garrels, ABB STOTZ-KONTAKT GmbH | Dr. Andreas Graf Gatterburg, Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH | Konrad Heidrich, Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH | Oliver Hillermeier, SAP SE | Benedikt Rauscher, Pepperl & Fuchs GmbH | Manuel Sauer, SAP SE | Jan Schmidt, SAP SE | Thomas Werner, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg IFAT – Institut für Automatisierungstechnik | Patrick Zimmermann, Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

