

White Paper

Informationsmodelle

PI-Strategie für Industrie 4.0

Version 1.0 – *Datum Januar 2022*

Order No.: 4.411

File name: Whitepaper-Informationsmodelle_4411_V10_Jan22**This document is published for discussion and review only.**

Comments to be submitted to www.profibus-project.com A3/WG1 "PI Information Models"
Username: information.models / Password: comments

Prepared by PI Strategy Team for Information Models

The attention of adopters is directed to the possibility that compliance with or adoption of PI (PROFIBUS&PROFINET International) specifications may require use of an invention covered by patent rights. PI shall not be responsible for identifying patents for which a license may be required by any PI specification, or for conducting legal inquiries into the legal validity or scope of those patents that are brought to its attention. PI specifications are prospective and advisory only. Prospective users are responsible for protecting themselves against liability for infringement of patents.

NOTICE:

The information contained in this document is subject to change without notice. The material in this document details a PI specification in accordance with the license and notices set forth on this page. This document does not represent a commitment to implement any portion of this specification in any company's products.

WHILE THE INFORMATION IN THIS PUBLICATION IS BELIEVED TO BE ACCURATE, PI MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO ANY WARRANTY OF TITLE OR OWNERSHIP, IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR WARRANTY OF FITNESS FOR PARTICULAR PURPOSE OR USE.

In no event shall PI be liable for errors contained herein or for indirect, incidental, special, consequential, reliance or cover damages, including loss of profits, revenue, data or use, incurred by any user or any third party. Compliance with this specification does not absolve manufacturers of PROFIBUS or PROFINET equipment, from the requirements of safety and regulatory agencies (TÜV, BIA, UL, CSA, etc.).

PROFIBUS® and PROFINET® logos are registered trade marks. The use is restricted for members of PROFIBUS&PROFINET International. More detailed terms for the use can be found on the web page www.profibus.com/Downloads. Please select button "Presentations & logos".

In this specification the following key words (in **bold** text) will be used:

may: indicates flexibility of choice with no implied preference.
should: indicates flexibility of choice with a strongly preferred implementation.
shall: indicates a mandatory requirement. Designers **shall** implement such mandatory requirements to ensure interoperability and to claim conformance with this specification.

Publisher:
PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
Haid-und-Neu-Str. 7
76131 Karlsruhe
Germany
Phone : +49 721 / 986 197 0
Fax: +49 721 / 986 197 11
E-mail: info@profibus.com
Web site: www.profibus.com

© No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation.....	6
2	Vision	7
3	Zielgruppen	7
4	Stand der Technik	8
4.1	Informationsmodelle für Automatisierungsgeräte	8
4.2	OPC UA-Nutzung für die Informationsmodellierung	11
4.3	OPC UA Companion Specification	13
4.4	Nutzung von Data-Dictionaries (Vokabulare) in den PI-Informationsmodellen	14
5	Vertikale Kommunikation	17
5.1	Vertikale Kommunikation vom Automatisierungsgerät zur Anwendung.....	17
5.2	Anwendungsfälle	21
5.3	Prinzipien und Anforderungen	23
5.4	Positionierung der Informationsmodelle im PI-Technologiekanon	24
6	Das PI-Informationsmodelle.....	24
6.1	Das Facettenmodell – Konzept und Nutzen	24
6.2	Asset-Facette	27
6.3	Kommunikationsfacette	29
6.3.1	PROFINET-Facette.....	29
6.3.2	Netzwerk-Facette	31
6.4	Funktionale Facette.....	32
6.4.1	Verfahrenstechnische Feldgeräte – PA-Profile.....	32
6.4.2	Antriebe – PROFIdrive.....	35
6.4.3	Positions- und Drehzahlgeber – ENCODER.....	36
6.4.4	Energiemanagement – PROFInergy.....	37
6.4.5	Einfache Smart Sensors – IO-Link-Sensoren	39
6.4.6	Remote IO - IO for PA und IO for FA	40
7	Nutzung der Facetten in der Systemsicht.....	42
8	Nächste Schritte	44
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	45
10	Abkürzungen und Glossar	46
10.1	Abkürzungen	46
10.2	Glossar	47
11	Literaturverzeichnis	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	PI-Strategie zur vertikalen Kommunikation	6
Abbildung 2:	Klassische Vorgehensweise zur Erstellung von Steuerungsprogrammen	9
Abbildung 3:	Profilbasierte Vorgehensweise zur Erstellung von Steuerungsprogrammen	10
Abbildung 4:	Nutzung eines Dictionaries zur Identifikation von Feldgeräteparametern	11
Abbildung 5:	OPC UA-Schichtenmodell und Transport-Profile [Quelle: OPC Foundation]	12
Abbildung 6:	Wesentliche Elemente des OPC UA-Informationsmodells	12
Abbildung 7:	OPC UA-Informationsmodell-Notation [Quelle: OPC Foundation]	13
Abbildung 8:	Informationsmodell Architektur [Quelle: basierend auf OPC Foundation]	13

Abbildung 9: OPC Foundation Companion Specification entstehen in Zusammenarbeit mit den Domän-Partnern [Quelle: basierend auf OPC Foundation].....	14
Abbildung 10: Semantische Interoperabilität mittels Konverter	14
Abbildung 11: Semiotisches Dreieck angewendet auf PI-Applikationsprofile.....	15
Abbildung 12: Ergänzung der Parameter und Variablen um eine ID für PI-Profile.....	15
Abbildung 13: ECLASS-Katalogansicht	16
Abbildung 14: Abbildungsmodell zwischen PI-Profilen und ID-basierten Merkmaldefinitionen.....	17
Abbildung 15: „Y“ – orientierte vertikale Kommunikation im Automatisierungssystem	18
Abbildung 16: Kommunikationsprinzipien in der vertikalen Kommunikation	19
Abbildung 17: Datenpunktadressierung und Diagnose entlang des Datenpfades vom Feldgerät, Drive, Remote IO, Roboter zur Anwendung	20
Abbildung 18: Informationsflüsse in einer beispielhaften Topologiestruktur	21
Abbildung 19: Unterschiedliche Datenquellen, die mit unterschiedlichen Technologien angebunden sind, werden von OPC UA bereitgestellt	22
Abbildung 20: Informationsmodelle bieten den Zusammenhalt zwischen den verschiedenen PI-Technologien	24
Abbildung 21: Sichten, aus denen Informationsmodelle zusammengesetzt werden	25
Abbildung 22: Facetten beschreiben gemeinschaftlich die Automatisierungsgeräte und bilden die Sichten	26
Abbildung 23: Übersicht Facetten der PI-Informationsmodelle	27
Abbildung 24: Information in den Asset-Facetten	28
Abbildung 25: Physikalische Netzwerktopologie eines PROFINET-Netzwerkes [PN1158-5]... 30	
Abbildung 26: Diagnose-Basis-Modell in PROFINET [PN1158-5].....	30
Abbildung 27: Topologie eines PROFINET-Netzwerkes	31
Abbildung 28: Übersicht über das OPC UA-Netzwerkmodell (Entwurf OPC UA 10000-22).....	32
Abbildung 29: Typische Integrationsvarianten von verfahrenstechnischen Geräten (PA- Geräte) in das Kommunikationsnetzwerk	33
Abbildung 30: Parameter mit ihren Attributen eines PA-Profiles des Analogen Input Funktionsbausteins	33
Abbildung 31: Auszug aus PA-DIM-Informationsmodell – analoge und diskrete Werte	34
Abbildung 32: Auszug aus PA-DIM-Informationsmodell – Referenzen zum IEC CDD.....	35
Abbildung 33: Typische Integrationsvarianten von PROFIdrive-Geräten.....	35
Abbildung 34: Parameterübersicht für PROFIdrive und deren Zugriffspfade	36
Abbildung 35: Parameterübersicht für Encoder und deren Zugriffspfade	37
Abbildung 36: Typische Integrationsvarianten von PROFIenergy in das Kommunikationsnetzwerk	38
Abbildung 37: Basisstruktur des Profils und dessen Abbildung in der OPC UA Companion Specification	38
Abbildung 38: Typische Integrationsvarianten für IO-Link Smart Sensor	39
Abbildung 39: Basisstruktur des IO-Link Common Profiles und dessen Abbildung in der OPC UA Companion Specification	40
Abbildung 40: Einordnung der Remote IO for FA und PA	41
Abbildung 41: RIO for PA Analoger Eingangskanal	41
Abbildung 42: RIO for FA Analoger Eingangskanal	42
Abbildung 43: Use cases der Anwendungen verwenden die Daten der Facetten und der Systembeschreibungen.....	42

Abbildung 44: Zusammenhänge von Elementen der Informationsmodelle	43
Abbildung 45: Merkmalintegration mit IRDI im PA-DIM-Informationsmodell	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wichtige Merkmale des I&M-Profiles	28
Tabelle 2: Beschreibung des Merkmals "Order_ID"	28

1 Motivation

Die industrielle Entwicklung hin zu Smart Factories benötigt die Daten der Automatisierungstechnik, damit die Vision von Industrie 4.0 umgesetzt werden kann. Im operativen Bereich sind dies vor allem die Informationen von Sensoren, Aktuatoren und von Steuerungen, die Quelle und Senke dieser Daten sind. Ein gewisser Anteil dieser Daten werden bereits in den Funktionen der klassischen Automatisierungspyramide verarbeitet. IT-Anwendungen erweitern diese Nutzung durch Datenverarbeitung z.B. für „Data Analytics“ und „Advance Asset Management“. Zusätzlich zu den hierarchischen Strukturen der Automatisierungspyramide kommen neue Informationskanäle hinzu. Diese Kanäle transportieren die Daten unabhängig von den heutigen Kommunikationskanälen zwischen den Automatisierungsgeräten und den IT-Anwendungen. Dies ist die Aufgabe der vertikalen Kommunikation. Diese schafft jedoch nicht nur die Verbindung zwischen den operativen Automatisierungsstrukturen und den IT-Anwendungen, sondern benötigt auch Informationsmodelle, die die Daten der Geräte, Maschinen und Anlagen für die IT-Anwendungen verständlich machen. Verständlich machen heißt, dass die Daten in den IT-Anwendungen interpretiert werden können. Dazu werden die Daten durch Beschreibungen ergänzt, die die Eigenschaften und die Beziehungen zwischen diesen Daten enthalten. Diese beschreibenden Eigenschaften und deren Beziehungen strukturieren und bereichern die Daten mit semantischen Inhalten an, aus den Daten werden Informationen, die dadurch maschinell interpretiert werden können. Es entstehen sich selbst beschreibende Informationsmodelle. Diese Informationsmodelle vereinfachen die Ankopplung der IT-Anwendungen an die Anlagen beträchtlich.

Die industrielle Kommunikation, allen voran die PROFIBUS&PROFINET International (PI)-Technologien PROFINET und IO-Link sind das Rückgrat der Automatisierungssysteme und bieten alle Voraussetzungen für die vertikale Kommunikation. Deshalb liegt es nahe, die notwendige Integration der Informationsmodelle in den Kanon der PI-Technologien so vorzunehmen, dass eine lückenlose Weiterentwicklung der existierenden Gerätetechnik ermöglicht wird.

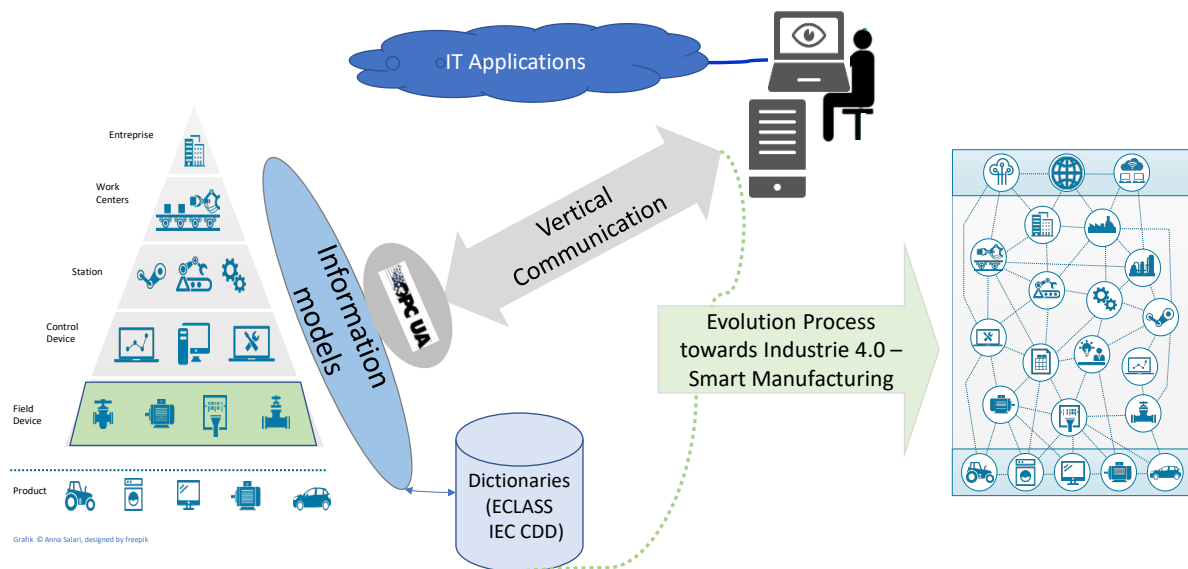


Abbildung 1: PI-Strategie zur vertikalen Kommunikation

Die Sensor-to-Cloud-Connectivity ist ein wesentlicher Baustein von Industrie 4.0, in dem OPC UA einen festen Platz in der Automatisierungstechnik bekommen hat. OPC UA übernimmt die Rolle einer Schnittstellentechnologie mit integriertem Informationsmodell. Die industriellen Kommunikationssysteme treten für diese Anwendungen in den Hintergrund, so dass sich die IT-Anwendung auf die Verarbeitung der Informationen fokussieren kann. Deshalb wurden für PROFINET und IO-Link Abbildungen auf OPC UA-basierte Informationsmodelle entwickelt, die Geräte- und Diagnosedaten ohne großen Aufwand den IT-Anwendungen bereitstellen. Dies ist ein Beispiel für die

vertikale Kommunikation. So lassen sich z.B. Data Analytics und Predictive Maintenance-Szenarien oder Assetmanagement in der Anlage umsetzen.

Die Informationsmodelle werden aus den bereits seit langem eingesetzten Feldbusprofilen abgeleitet. Die unterschiedlichen Entstehungszeiträume und Anwendungsgebiete der Profile haben teilweise zu unterschiedlichen Definitionen von eigentlich gleichen Variablen, Parametern und auch Funktionen geführt. Dies ist für das Engineering der IT-Anwendungen ungünstig. In den Informationsmodellen kann dies im Rahmen von PI ausgeglichen werden, indem einerseits Korrekturen direkt in dem OPC UA-Informationsmodell vorgenommen werden und andererseits Bezug zu einem neutralen technologie-unabhängigen Wörterbuch (diese werden im Folgenden immer als Dictionaries benannt) genommen wird. Die Verweise auf Dictionaries sind, unabhängig von der jeweiligen Umsetzung in Profilen, in eine gemeinschaftlich nutzbare Definition im Informationsmodell zu hinterlegen. Variable, Parameter und Funktionen können zwar bei PROFINET und IO-Link unterschiedlich benannt sein, werden aber auf eine gemeinschaftliche Definition zurückgeführt, wenn diese für alle zutrifft. Beispiele für solche Dictionaries sind ECLASS [ECLASS] und IEC CDD [IECCDD].

Diese standardisierten Informationsmodelle bilden heute einen wesentlichen Schwerpunkt der Arbeit von PI.

2 Vision

Maschineninterpretierbare semantische Beschreibungen können für alle Daten erzeugt werden, die von Geräten und Komponenten mittels PI-Technologien bereitgestellt werden. Für diese Daten und ihre semantischen Beschreibungen sind standardisierte, offene Informationsmodelle verfügbar. Die Informationsmodelle sind untereinander eng vernetzt, so dass IT-Anwendungen sie zu jeder Zeit so auswerten können, dass die Bedeutung der Daten interpretiert und die dahinterstehenden Informationen verarbeitet werden können. Dadurch sind die richtigen Anwendungsaktionen oder -funktionen ableitbar. Die Informationsmodelle sind selbstbeschreibend und dadurch maschineninterpretierbar. Die vertikale Kommunikation beeinflusst die Steuerungsaufgaben nicht und sie ist mit den erforderlichen IT-Sicherheitsmaßnahmen ausgerüstet. Dies ist ein wesentlicher Beitrag zur digitalen Transformation und zur Umsetzung von Smart Manufacturing. PI hat sich diese Vision zu Eigen gemacht und hat zur Realisierung des Ziels in den Arbeitskreisen Aktivitäten gestartet und Kooperationen mit relevanten Organisationen initiiert, um ihre Technologien Industrie 4.0 gerecht fortzuentwickeln.

Zur Umsetzung der Vision werden OPC UA und ECLASS als Informationsmodellierungstechnologien eingesetzt. OPC UA hat sich als Schnittstellentechnologie mit Informationsmodell am Markt etabliert und ECLASS ist als Standard für die Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Daten in der Plattform 4.0 gesetzt. Bei PROFIBUS und PROFINET und IO-Link sind die Kommunikations- und die Profilspezifikationen der Ausgangspunkt.

Als ein Beispiel kann z.B. PROFIenergy betrachtet werden. Bereits heute bietet das Profil Mittel, um Energiemesswerte in Anlagen herstellerübergreifend zu erfassen und somit ohne großen Aufwand anderen Anwendungen, wie z.B. einer Energiemanagement-App zur Verfügung zu stellen. Dafür steht es auch als eine sogenannte OPC UA Companion Specification bereit. Solch ein Profil ließe sich auch in eine Verwaltungsschale überführen. Dazu sind zusätzliche Informationen einzubringen, wie beispielsweise Handbücher, Katalogdaten, Zertifikate und andere mit der Komponente verbundenen Informationen. So wäre es für Gerätehersteller einfach möglich, diese Energiemesswerte für die Verwaltungsschale mit ihren PROFIenergy-fähigen Geräten bereitzustellen.

3 Zielgruppen

Innovationen und technologischer Fortschritt ist dann erfolgreich, wenn die Adressaten und deren Nutzen klar erkennbar sind. Der Wert von Informationsmodellen im Zusammenhang mit der industriellen Kommunikation tritt erst durch die vertikale Kommunikation für die IT-Anwendungen so richtig in den Fokus. Die Anlagenbetreiber, die Gerätehersteller und die Systemintegratoren sowie die PI-Arbeitsgruppen sind alle bei der erfolgreichen Umsetzung beteiligt.

- Anlagenbetreiber

- Der Produktionsprozess unterliegt einer ständigen Beobachtung und wird auch fortlaufend verbessert. Dazu sind detaillierte Kenntnisse der Prozessabläufe und deren Wechselwirkungen erforderlich. Data Analytics-Anwendungen sind dabei eine Ergänzung der klassischen KPI-Kenngrößen, die durch zusätzliche Daten gefüttert werden müssen. Die vertikale Kommunikation und die Informationsmodelle sind für deren Einsatz eine notwendige Voraussetzung. Die Veränderungen der Anlagen spiegeln sich nicht nur in den dynamischen Prozessgrößen wider. Auch die strukturellen Änderungen (Veränderung der Gerätekonfiguration, der Gerätetausch) sind für die Betreiber wichtige Informationen. Fortschreitende automatische Dokumentation oder auch die Lebenslaufakte für die Geräte und Komponenten sind wichtige Informationsquellen für den effizienten Betrieb der Anlagen.
- Gerätehersteller
 - Auch die automatisierungstechnischen Geräte erfahren eine fortlaufende Weiterentwicklung. Daten aus deren operativen Einsatz, wie z.B. über Einsatzbedingungen oder über Zusammenhänge zwischen Beanspruchungen und Lebensdauer bieten dafür wertvolle Eingangsinformationen, die jedoch nur aus dem operativen Betrieb gewonnen werden können. Deshalb sind auch Gerätehersteller an dem Thema der vertikalen Kommunikation und den Informationsmodellen interessiert.
- Systemintegratoren
 - Die Erstinbetriebnahme aber auch die fortlaufenden Veränderungen müssen planerisch und praktisch umgesetzt werden. Die Konfiguration der vertikalen Kommunikation und die informationstechnische Integration in die IT-Anwendungen sind dabei ein wesentlicher Bestandteil. Klare Strukturen und eindeutige, Herstellerübergreifende Standards vor allem auch für die Informationsmodelle sind dabei eine wesentliche Unterstützung. Sinkt der Aufwand, so können verstärkt mehrwertbringende Projekte umgesetzt werden.
- PI-Arbeitsgruppen
 - Die PI-Arbeitsgruppen werden von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Gerätehersteller und Integratoren geprägt. Hier liegt das Knowhow der Inhalte der Informationsmodelle und der technologischen und praktischen Umsetzbarkeit der vertikalen Kommunikation. In diesen Arbeitskreisen wird das Fundament für den erfolgreichen Einsatz der neuen IT-Anwendungen gelegt.

Dieses Dokument beschreibt die Entstehung und die Rolle von Informationsmodellen aus unterschiedlicher Sicht. Dafür ist das Dokument wie folgt aufgebaut. Im Kapitel 4 werden die wesentlichen Technologien vorgestellt, die im Zusammenhang mit der Informationsmodellierung verwendet werden. Dies betrifft eine Problemdarstellung, woraus die Informationsmodelle abgeleitet werden, einige Grundlagen zu OPC UA und die Nutzung von Dictionaries, die in den Informationsmodellen die Bedeutungszuordnung zu den Parametern wesentlich unterstützen. Kapitel 5 ordnet die vertikale Kommunikation in die PROFINET-Kommunikationsarchitektur ein und zeigt auf, wie die Informationsmodell-relevanten Daten transportiert und in die OPC UA-Server integriert werden. Kapitel 6 ist der Kern des White Papers und der Beschreibung des PI-Facettenmodells gewidmet. Facetten sind Informationsmodelle, die Aspekte der Geräte oder der Kommunikationsarchitektur beschreiben. Sie werden detaillierter vorgestellt. Der Diagnoseaspekt ist prinzipiell in allen Facetten enthalten. Deshalb wird der Text farblich umrahmt. Kapitel 7 zeigt, wie die PI-Facetten durch Zusammenwirken mit system-orientierten Informationsmodellen den jeweiligen Kontext, in denen sich ein Gerät befindet, erkennen können. In den darauffolgenden Kapiteln werden die nächsten Schritte erläutert und eine Zusammenfassung und der Ausblick gegeben. Das Dokument wird durch das Literaturverzeichnis und einem Glossar abgerundet.

4 Stand der Technik

4.1 Informationsmodelle für Automatisierungsgeräte

Daten werden zu Informationen, wenn Sie beim Empfänger interpretiert werden können. Beim Menschen kann gesagt werden, er oder sie versteht das Gesagte oder einen anderen Reiz, z.B.

Erkennen eines Bildes oder Lesen einer Nachricht. Menschen können dies, wenn sie das Empfangene wiedererkennen und in ihre Kenntniswelt einordnen können.

In der technischen Welt ist der Ablauf prinzipiell gleich, nur dass die Geräte erst einmal keine allgemeine Kenntnis über die Welt und auch kein Verständnis von ihr haben. Ein klassisches Beispiel ist das Steuerungsprogramm, das Sensor- und Aktuatordaten verarbeitet. Es wird von einem Ingenieur oder einer Ingenieurin entwickelt, die sich über die Gerätebeschreibungen (meist als PDF vorhanden) informiert, wie Steuerungsprogramme mit dem Sensor oder Aktuator interagieren, was die Daten bedeuten und wie sie auf sie zugreifen können. Diese Beschreibungen werden von dem Hersteller der Geräte bereitgestellt, die die Software in den Geräten entsprechend einbringen. Das Verständnis bei der Steuerungsprogrammentwicklung über die Daten ist also bei den beiden Interaktionspartnern (Sender: Sensor und Empfänger: Steuerung) gleich. Die Menschen (Geräte- und Steuerungsprogramm-Entwickler) hatten beide die gleichen Informationen. Beim operativen Betrieb werden dann nur noch die Daten, z.B. ein Messwert mit Datentyp Floating-Point gesendet. Im Steuerungsprogramm wird dieses Datum an der richtigen Stelle verwendet. Die Übertragung von Daten ohne deren Beschreibung ist für zeitkritische Anwendungen sehr effizient.

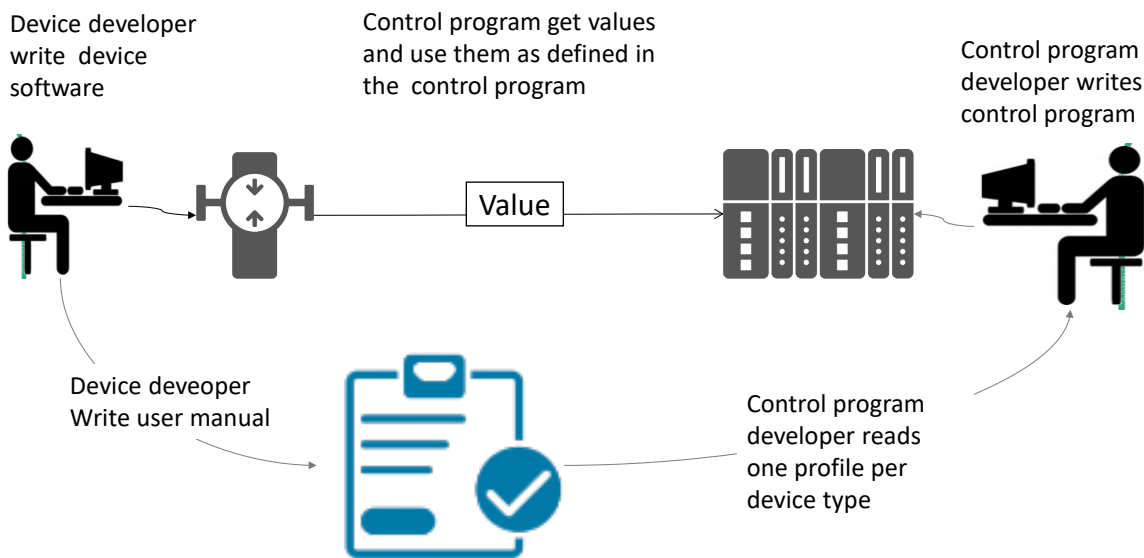


Abbildung 2: Klassische Vorgehensweise zur Erstellung von Steuerungsprogrammen

Nun ist es aber so, dass es in industriellen Anlagen sehr viele verschiedene Geräte von verschiedenen Herstellern gibt. Für die Steuerungsentwicklung müssen also alle Beschreibungen genau gelesen, verstanden und entsprechend im Programm umgesetzt werden. Das erzeugt einen großen Aufwand. Deshalb gibt es seit vielen Jahren sogenannte Profile, die für gleiche Gerätetypen Vereinheitlichungen definieren, welche Daten mit welcher Bedeutung zum Austausch bereitgestellt werden, wie auf die Daten zugegriffen werden kann und welche Eigenschaften diese Daten haben (Abbildung 3). Diese Vereinbarungen beschreiben die auszutauschenden Daten, d.h. die für die Programmentwicklung benötigten Informationen. Profile sind Vereinbarungen zwischen Geräteherstellern, wie sich die Daten für die Kommunikation vor allem mit der Steuerung darzustellen haben. Dabei gehören auch Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Daten dazu, z.B. die Zuordnung einer Maßeinheit zu einem Messwert, von Alarm- und Warngrenzen oder die Dämpfung. Das hilft sehr, weil für die Programmentwicklung nun nur noch wenige Beschreibungen gelesen werden müssen. Profile sind Vereinbarungen zwischen Geräteherstellern. Die Beschreibungen waren aber nur für den Menschen gedacht und konnten nicht direkt für die Programmentwicklung verwendet werden. Der Mensch musste diese verstehen und dann manuell die Informationen in den Programmquellcode einbeziehen.

Es gibt jedoch auch Geräteklassen, die keine Profile haben oder die aus verschiedenen Gründen sich nicht daranhalten. Hier beginnt es von vorn, die Handbücher der Geräte müssen alle gelesen und verstanden werden, um dann in den Steuerungsprogrammen entsprechend verwendet werden zu können. Das wird besonders akut, wenn neue Anwendungen außerhalb der Steuerungen entwickelt werden sollen, wie es für Data Analytics-Aufgaben und moderne Asset Management-, Condition Monitoring- und Optimierungsanwendungen der Fall ist. Edge Computing ist hier das

Stichwort. Diese zusätzlichen Anwendungen greifen auf die Geräte parallel zur Steuerung zu und holen sich die für die spezifische Anwendung benötigten Daten heraus. Das manuelle Vorgehen hat sich dabei als ausgesprochen hinderlich herausgestellt, da der Aufwand für die Entwicklung des Zugriffs auf die Daten einen beträchtlichen Teil des Gesamtaufwands ausmacht und den Mehrwert der Anwendung zum Teil erheblich verkleinert. Die manuelle Arbeit muss durch maschinenunterstützte Methoden abgelöst werden.

Eine wesentliche Voraussetzung ist vorhanden. In den Profilen werden die benötigten Informationen bereits beschrieben. Sie müssen maschineninterpretierbar werden. Die Beschreibung der Daten folgt eigentlich immer ähnlichen Regeln. Diese Regeln können in einem Modell zusammengefasst und dann mit einer Sprache beschrieben werden, die mit der vorhandenen Software interpretiert werden kann. Das ist der Startpunkt der Informationsmodelle.

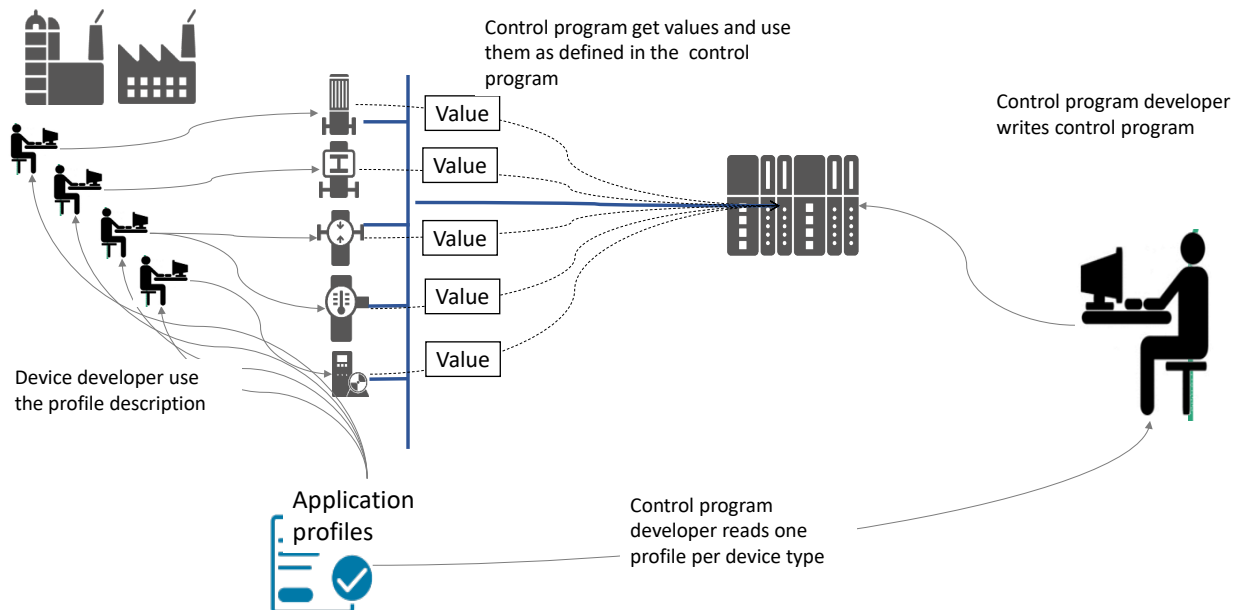


Abbildung 3: Profilbasierte Vorgehensweise zur Erstellung von Steuerungsprogrammen

So wie es bei PROFIBUS und PROFINET standardisierte Schnittstellen gibt, die ergänzt mit Profilen den Datenzugriff vereinfachen, wird ein standardisiertes Interface auch für die Übergabe der Informationen der vertikalen Kommunikation benötigt. Dabei hat sich OPC UA als besonders geeignet herausgestellt (4.2 und 4.3). OPC UA bietet wie bei PROFIBUS und PROFINET Dienste für den Datenzugriff an und ergänzt die Datenidentifikation durch die Möglichkeit, jedes Datum sowie deren Beziehungen untereinander zu beschreiben. Diese Beschreibung wird in XML notiert und dient als Konfiguration für den OPC UA-Server. Die Anwendung kann auf die Daten und auf deren Beschreibung zugreifen. Mit OPC UA können damit die Informationsmodelle in maschineninterpretierbarem Format entwickelt und implementiert werden.

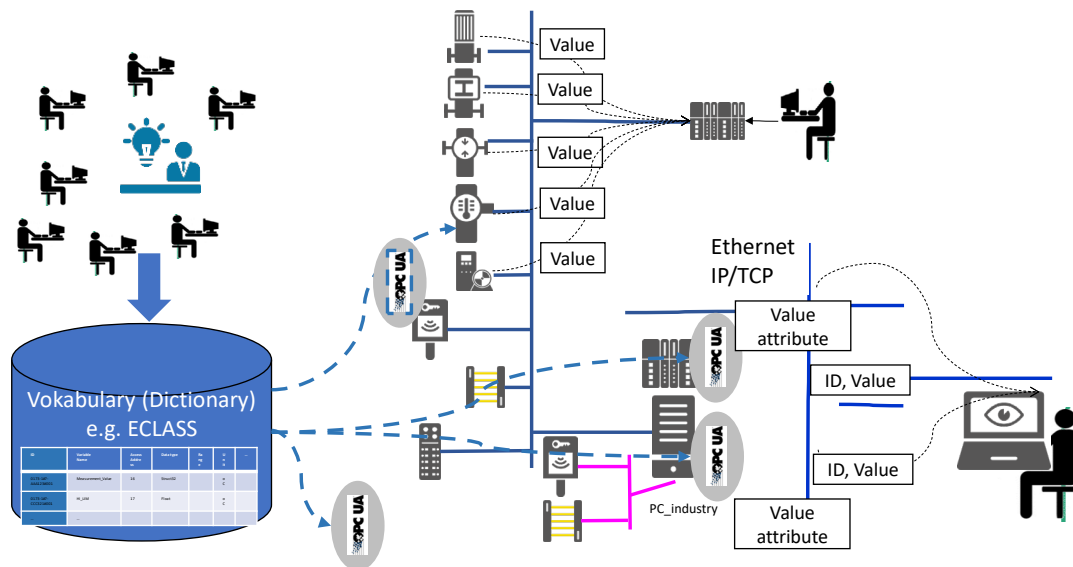


Abbildung 4: Nutzung eines Dictionaries zur Identifikation von Feldgeräteparametern

Werden Profile mit den Möglichkeiten von OPC UA beschrieben, kann die Anwendung sowohl auf die Werte selbst als auch auf deren Beschreibungen zugreifen, die die semantischen Informationen enthalten. Der Aufwand im Engineering sinkt wesentlich, da die für die Verarbeitung benötigten Beschreibungsinformationen auch maschinenlesbar an der Stelle stehen, an der sich auch die Werte befinden. Sie müssen nicht mehr händisch vom Menschen eingetragen werden. Zusätzlich zu dieser Zeitersparnis steigt auch die Qualität der Informationen, da Fehler beim Editieren nicht mehr auftreten. Außerdem können so viel größere Mengengerüste in vertretbarer Zeit an die Anwendungen angebunden werden.

Es gilt, ein weiteres Problem zu lösen. Die Geräte und auch die Profile bei PROFIBUS, PROFINET und IO-Link entstehen in unterschiedlichen Gruppen mit unterschiedlichem Sprachgebrauch und dadurch kommt es vor, dass gleiche Daten, z.B. Messwerte und Maßeinheiten nicht gleich beschrieben werden. Aus Anwendungssicht, die z.B. eine Temperatur verarbeiten muss, erscheinen diese im OPC UA-Informationsmodell mit einer unterschiedlichen Beschreibung. Das ist ungünstig, da hier wieder ein manueller Aufwand entsteht. Hier helfen allgemeingültige Vokabulare, die auch als Dictionaries bezeichnet werden. Sie werden schon seit längerer Zeit für Ausschreibungen und zu Angebotsvergleichen verwendet. Vertreter für so ein Vokabular sind IEC CDD und ECLASS (4.4). Es wird nur eine kleine Ergänzung im Informationsmodell benötigt. Die Beschreibung jedes Datums wird um einen eindeutigen Identifier erweitert. Dieser Identifier ist ein alpha-numerischer Wert, der entsprechend von Standards vergeben wird. Dadurch kann er nur einmal auftreten. Im Informationsmodell können nun unterschiedliche Benennungen für ein bestimmtes Datum, z.B. Temperaturmesswert, PV oder Out verwendet werden. Alle bekommen den gleichen Identifier, der im Informationsmodell von OPC UA hinterlegt wird. Die Anwendung kann so eine eindeutige Zuordnung der Daten zu deren Bedeutung vornehmen.

Die mit dem Informationsmodell ausgestatteten OPC UA-Server bieten so einen maschinen-interpretierbaren und eindeutigen Zugriff sowohl auf die Daten als auch auf die semantischen Beschreibungen der Feldgeräte. Sie sind eine technologische Weiterentwicklung der Profile. OPC UA-Server können zusätzlich zu den Edge-Komponenten auch in Steuerungen oder direkt in den Geräten eingesetzt werden. Die IT-Anwendung findet damit eine harmonisierte Landschaft vor, mit der sie auch auf die semantischen Aspekte zugreifen kann.

4.2 OPC UA-Nutzung für die Informationsmodellierung

OPC UA, spezifiziert im offenen Standard IEC 62541, definiert sowohl ein einheitliches Schnittstellenprotokoll als auch ein Informations-Modellierungsverfahren, das sich als Standard bei Industrie 4.0 etabliert hat. Dabei werden ein verbindungsorientiertes Client/Server-Modell sowie ein Publisher/Subscriber-Modell unterschieden. Die Kommunikation basiert auf Standard Internet-Technologien, wie TCP/IP, HTTP und Websockets. Diese ist fehlertolerant. Berücksichtigt sind ebenso Security-Mechanismen wie Authentifizierung, Signierung und Verschlüsselung. Die Architektur wird in Abbildung 5 verdeutlicht.

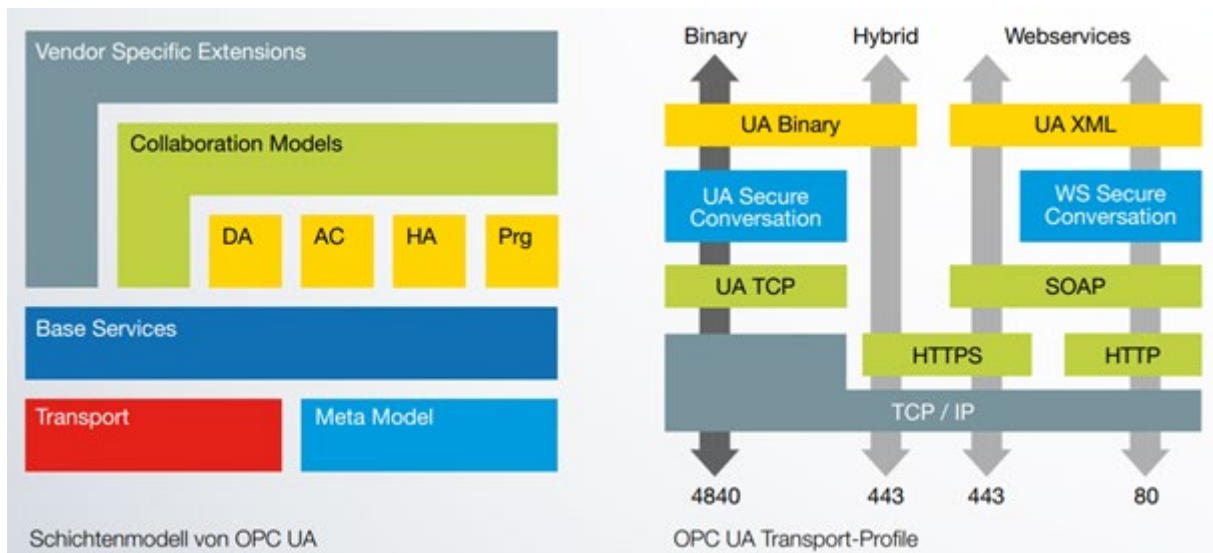


Abbildung 5: OPC UA-Schichtenmodell und Transport-Profile [Quelle: OPC Foundation]

Das von OPC UA zur Verfügung gestellte Basic Information Model Framework (Base Services, Transport und Meta Model) erlaubt das einfache Erstellen komplexer Informationen als Objekte in einem Adressraum, auf den mit Standarddiensten zugegriffen werden kann. Objekte wiederum bestehen aus Knoten verbunden durch Referenzen. Es stehen verschiedene Klassen von Knoten (Nodes) zur Auswahl (Abbildung 6). Die Variable Node repräsentiert dabei einen Wert mit einem bestimmten Datentyp und kann gelesen oder geschrieben werden. Die Methode Node repräsentiert eine Funktion, die aufgerufen werden kann. Jeder Knoten hat Attribute, wie z.B. einen eindeutigen Identifier NodeId¹ und einen BrowseName. Es wird immer ein TypeDefinition-Knoten referenziert, welcher die Semantik und die Struktur beschreibt. Mit diesem Meta-Modell können jedwede Geräte-, Funktions- oder Systeminformationen beschrieben werden.

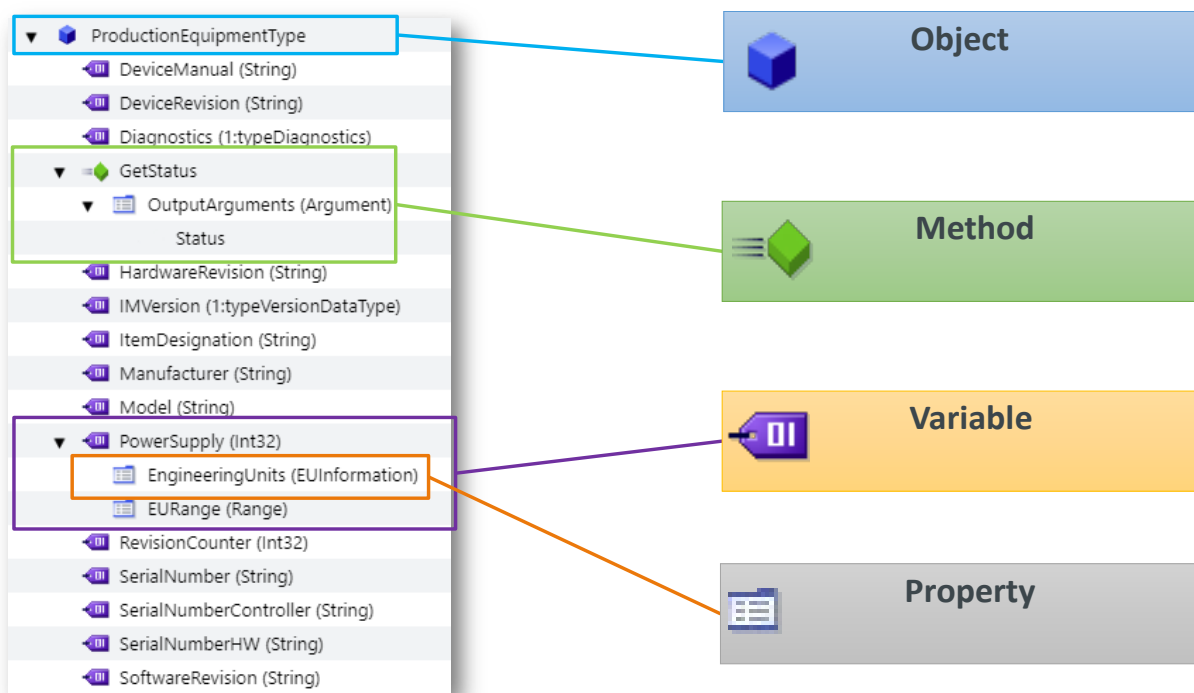


Abbildung 6: Wesentliche Elemente des OPC UA-Informationsmodells

Nachfolgende Abbildung beschreibt die spezielle Notation, die zur Modellierung herangezogen wird.

¹ Node Identifier

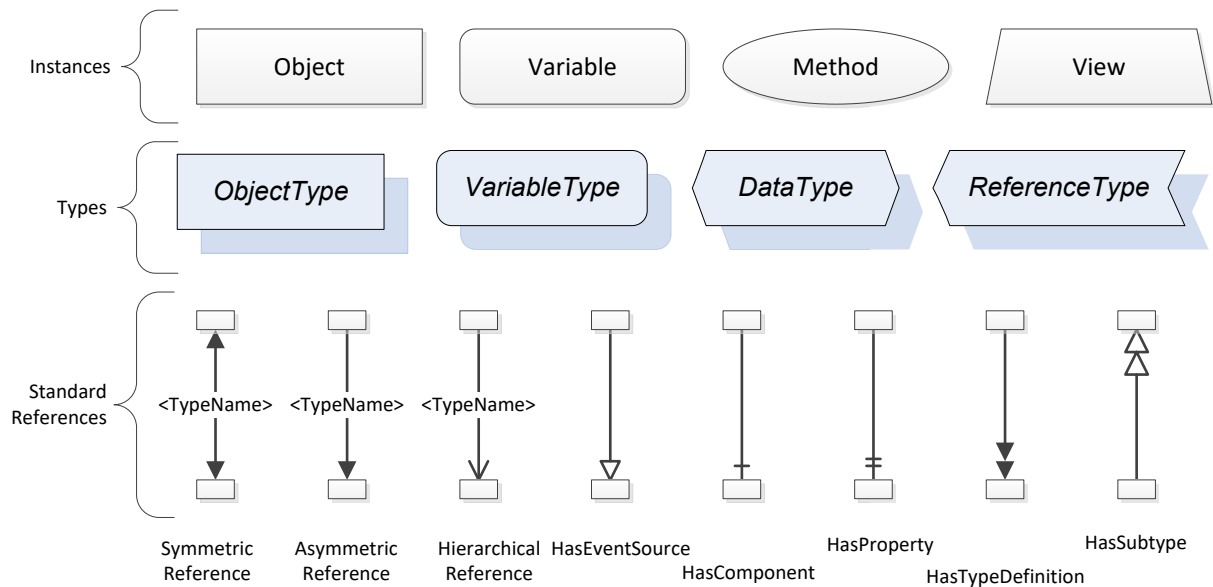


Abbildung 7: OPC UA-Informationsmodell-Notation [Quelle: OPC Foundation]

4.3 OPC UA Companion Specification

Spezielle Informationsmodelle, die von Industrie-Gruppen auf Basis des OPC UA-Standard-Modells erstellt werden, werden Companion Specification (CS) genannt. Für branchenspezifische Anwendungen und Objekte werden dabei passende Datenpunktstrukturen definiert (Abbildung 6). Beispiele für Companion Specifications sind Euromap77 (Spritzgussmaschinen), umati (Werkzeugmaschinen/CNC), PackML/ISA95, PA-DIM und von PI PROFIenergy, PROFINET, IO-Link und weitere. Somit wird nicht nur die Kommunikation standardisiert, sondern auch die hinterlegten Datenmodelle.

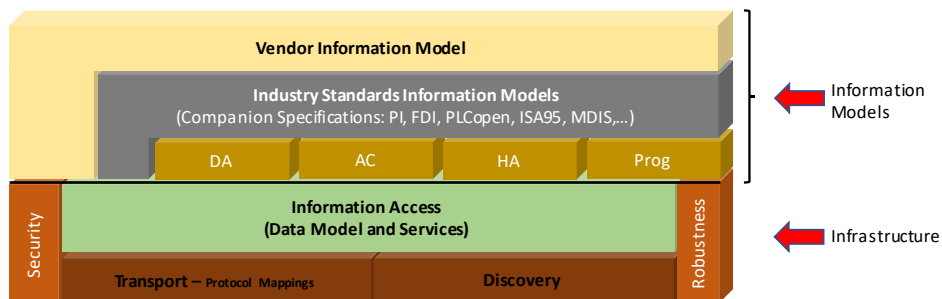


Abbildung 8: Informationsmodell Architektur [Quelle: basierend auf OPC Foundation]

Companion Specifications bieten eine standardisierte Applikationssicht. Eine umfassende Funktionalität wird somit auf Informations- und Kommunikationsebene verfügbar. Es ist eine flexible Kopplung an unterschiedliche Protokolle möglich. Abbildung 8 zeigt die logischen Ebenen der OPC UA-Spezifikation auf.

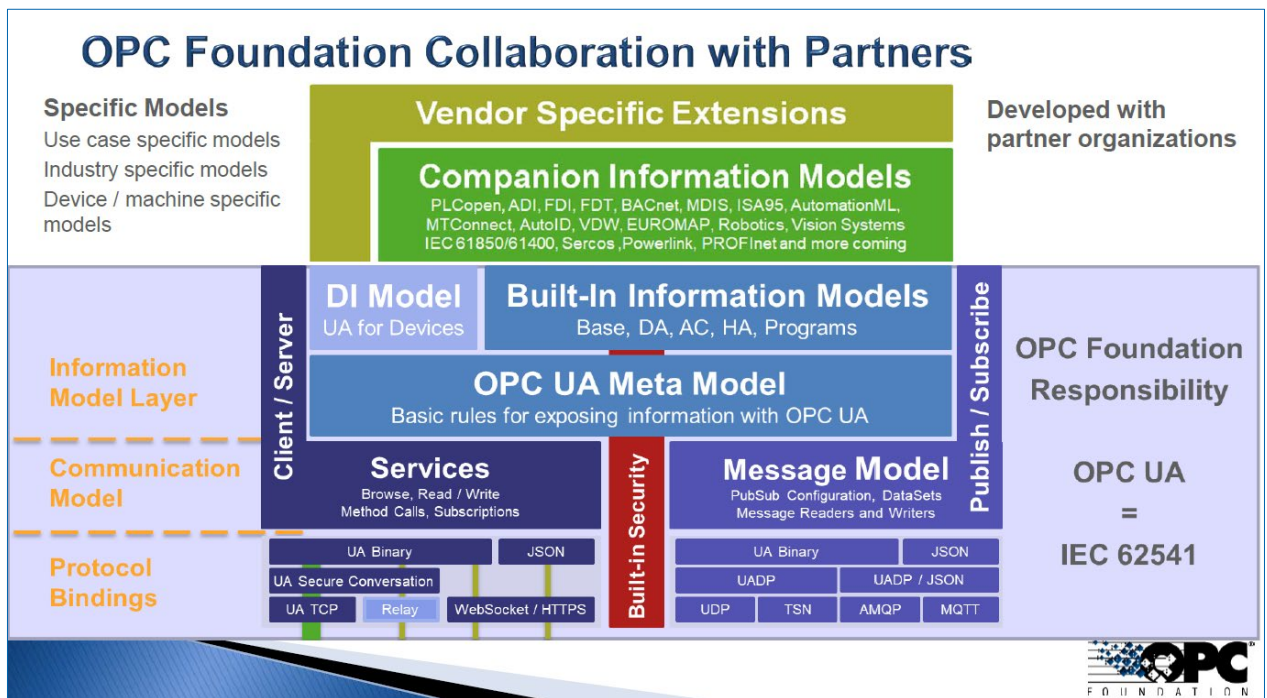


Abbildung 9: OPC Foundation Companion Specification entstehen in Zusammenarbeit mit den Domän-Partnern [Quelle: basierend auf OPC Foundation]

4.4 Nutzung von Data-Dictionaries (Vokabulare) in den PI-Informationsmodellen

Die Erweiterung der Kommunikation um den vertikalen Zugriff von IT-Anwendungen, die außerhalb der klassischen Automatisierungspyramide sind (siehe auch Kapitel 5.1), erfordert es, ergänzende Maßnahmen für die Interoperabilität einzuführen. Die IT-Anwendungen sind meist nicht im Engineeringprozess der automatisierungstechnischen Anlage eingebunden und müssen trotzdem für die Konfiguration und Parametrierung der Kommunikationspfade die notwendigen Informationen erhalten. Vor allem werden Parameter und Variablen von unterschiedlichen Gerätetypen, Profilen und Anwendungsgebieten verwendet. Es bedarf einer Vereinheitlichung der Parameter- und Variablendefinitionen, damit die Anwendungen diese semantisch richtig interpretieren kann. Für die Interpretation muss in den IT-Anwendungen das richtige Verständnis, basierend auf diesen Definitionen, vorhanden sein. Deshalb wird für die Übertragung der Parameter- und Variablen ein Bezug zu diesen Definitionen hergestellt. Der Begriff Semantik steht für die Zuordnung von Bedeutung, die in den Definitionen enthalten sind, zu Namen oder Symbolen. Abbildung 10 ist das Ziel, das dadurch unterstützt werden soll.

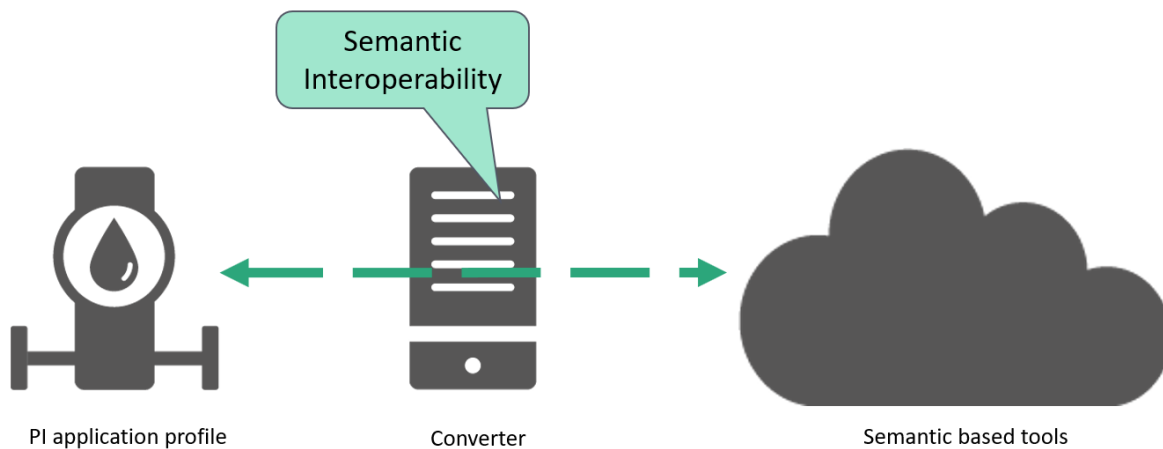


Abbildung 10: Semantische Interoperabilität mittels Konverter

Bisher ist die Bedeutung eines Symbols (Wertes) in Profilen (oder den Handbüchern der Geräte) für den Menschen lesbar beschrieben und wurde entsprechend in der Software auscodiert. In Abbildung 11 ist dargestellt, dass auf beiden Seiten bei der Implementierung der Feldgeräte und der

Steuerungsprogramme für den Datentransport jeweils dieselben Beschreibungen zu verwenden sind. Im operativen Betrieb werden dann nur noch die Werte selbst übertragen, die Bedeutungen sind bei der Programmierung implizit berücksichtigt worden.

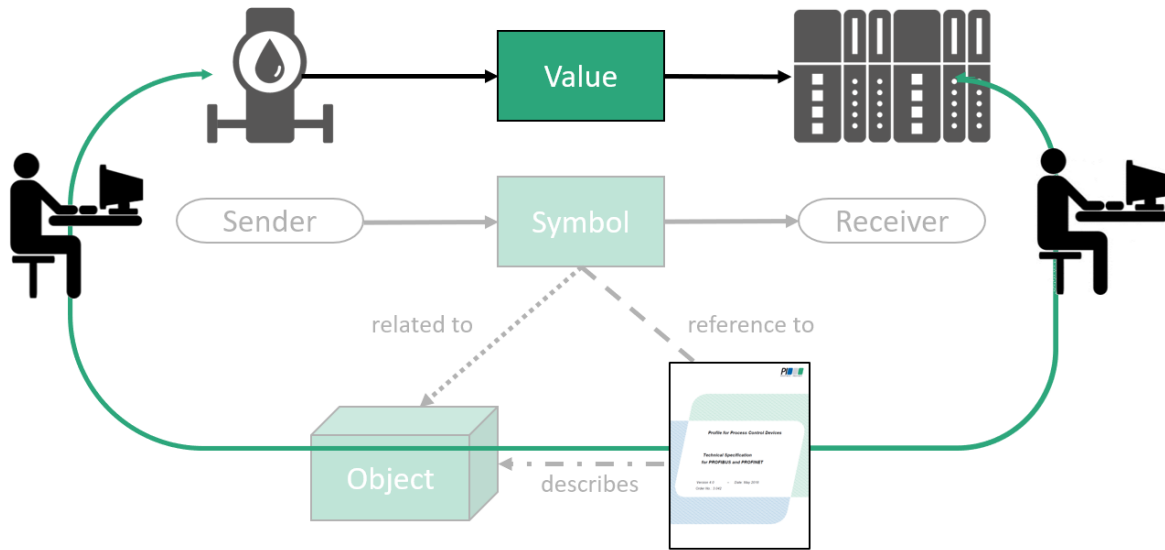


Abbildung 11: Semiotisches Dreieck angewendet auf PI-Anwendungsprofile

Der zukünftige Ansatz sieht eine zusätzliche Identifikation (ID) vor, welche eine maschineninterpretierbare Beschreibung referenziert (Abbildung 12). Dieses Vorgehen folgt dem sogenannten Semiotischen Dreieck. Es beschreibt, dass zwischen einem Sender und einem Empfänger zwar nur ein Symbol (das steht z.B. für ein Wort, eine Zahl oder eine bildliche Darstellung) ausgetauscht wird, dieses aber einerseits auf das zu bezeichnende Objekt verweist und andererseits auch auf eine Beschreibung referenziert, die beiden, dem Sender und dem Empfänger bekannt sein müssen. Nur dann können beide sich verstehen.

Solche Beschreibungen sind beispielweise in den Profilen der PI vorhanden, aber zunächst nur für die Menschen verwertbar. Für die Maschineninterpretation müssen diese Symbole eindeutige Identifier (ID) sein. Deshalb werden dafür spezielle alpha-numerische, standardisierte Zeichenketten verwendet, die zusätzlich der Anwendung zur Verfügung stehen (Abbildung 12). Diese Identifier sind Referenzen auf eine maschinenlesbare Beschreibung, in der wichtige Attribute, wie der Datentyp, Defaultwerte, Maßeinheiten sowie die eindeutige Definition hinterlegt sind.

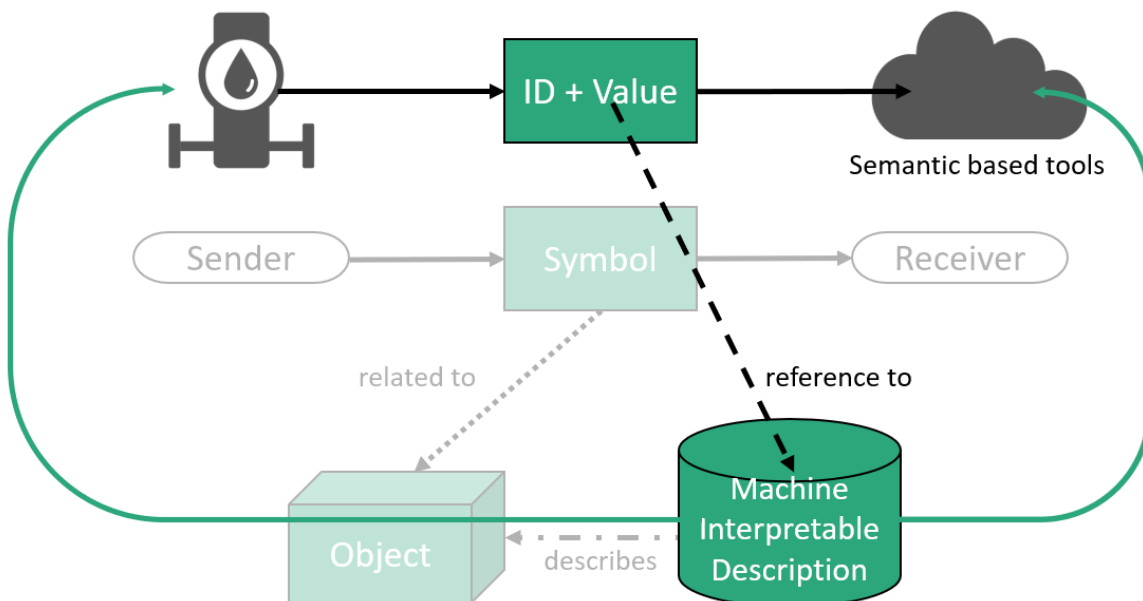


Abbildung 12: Ergänzung der Parameter und Variablen um eine ID für PI-Profil

Für diese maschinenlesbaren Beschreibungen gibt es mehrere Standards. Zum jetzigen Zeitpunkt sind vor allem ECLASS und die IEC CDD für die PROFIBUS- und PROFINET-Technologien von Bedeutung.

ECLASS ist wie auch die IEC CDD ein branchenübergreifender Stammdaten-Standard für die Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen auf digitalem Wege. Dies ist ein ISO/IEC-normkonformer internationaler Industriestandard (Abbildung 13).

The screenshot shows the ECLASS web application interface. At the top, there is a search bar with the text "Do you have questions?". Below the search bar, the version is set to "11.1 (BASIC)" and the search criteria are "Classification". The main content area is divided into two parts: a left sidebar showing a hierarchical tree of classification categories, and a right pane showing the details for a selected classification.

ECLASS Version 11.1 (en)

- 27-23 Process control system (PCS)
- 27-24 Control, Process Control System (PCS)
 - 27-24-06 PC-based controls
 - 27-24-16 Hard-wired control unit (VPS)
 - 27-24-20 Motion control (programmable motion control)
 - 27-24-21 NC (numerical control)
 - 27-24-22 Programmable logic control (SPS)
 - 27-24-23 Operate and Observe (HMI)
 - 27-24-25 Control software
 - 27-24-26 Field bus, decentralized peripheral
 - 27-24-26-01 Field bus, decentralized peripheral - analogue I/O module**
 - 27-24-26-02 Field bus, decentralized peripheral - analogue/digital I/O module
 - 27-24-26-03 Field bus, decentralized peripheral - module carrier
 - 27-24-26-04 Field bus, decentralized peripheral - digital I/O module
 - 27-24-26-05 Field bus, decentralized peripheral - function-/technology module
 - 27-24-26-07 Field bus, decentralized peripheral - basic device
 - 27-24-26-08 Field bus, decentralized peripheral - communications module
 - 27-24-26-09 Field bus, decentralized peripheral - power module, motor switch
 - 27-24-26-10 Field bus, decentralized peripheral - feed and segment module
 - 27-24-26-11 Field bus, decentralized peripheral - power supply module
 - 27-24-26-13 Field bus, decentralized peripheral - pneumatics module
 - 27-24-26-16 Interface (PCS)
 - 27-24-26-17 Output coupling link
 - 27-24-26-90 Field bus, decentralized peripheral (unspecified)
 - 27-24-26-91 Field bus, decentralized peripheral (parts)
 - 27-24-26-92 Field bus, decentralized peripheral (accessories)
 - 27-24-31 Control component
 - 27-24-40 Control for specific applications
 - 27-24-90 Control (other)
- 27-26 Component (electronic)
- 27-27 Binary sensor technology, safety-related sensor technology
- 27-28 Identification

Abbildung 13: ECLASS-Katalogansicht

Im White Paper „Semantics for PI Application Profiles - Cooperation PI and ECLASS“ wird deshalb eine Abbildung zwischen den nicht maschinen-interpretierbar beschriebenen Profilparametern und den bei ECLASS definierten, d.h. mit ID gekennzeichneten und mit maschinen-interpretierbaren Beschreibungen versehenen Merkmalen vorgenommen (Abbildung 14). Diese ECLASS-ID sind im OPC UA-Informationsmodell enthalten und die IT-Anwendung kann dadurch auf die standardisierten ECLASS-Beschreibungen zurückgreifen. Prinzipiell ist dieses Vorgehen auch mit anderen Standards, wie z.B. IEC CDD möglich.

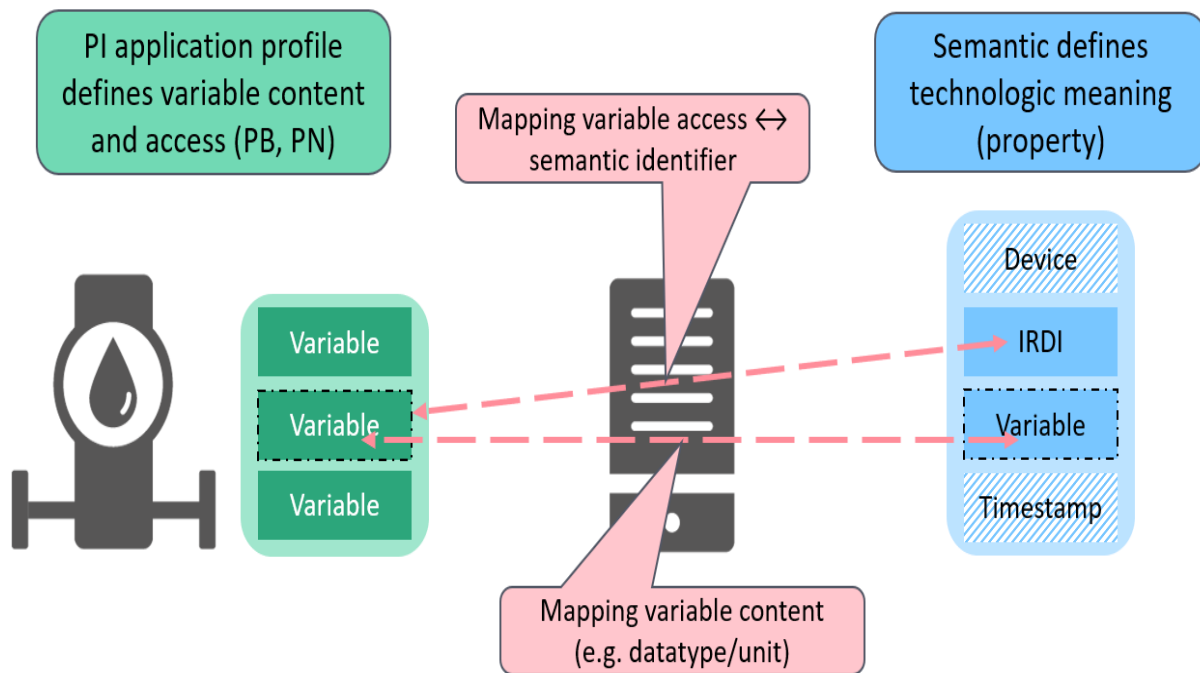


Abbildung 14: Abbildungsmodell zwischen PI-Profilen und ID-basierten Merkmaldefinitionen

Bei der Zusammenarbeit zwischen PI und ECLASS werden Parameter und Variablen von existierenden PI-Spezifikationen auf die Merkmale von ECLASS abgebildet und damit um einen semantischen Identifier erweitert. Dabei wurde zu Beginn das PA-Profil ausgewählt. Dabei werden Beziehungen zwischen den PA-Profil-Parametern und -Variablen und den ECLASS-Merkmalen über die Zuordnung von IRDIs hergestellt. Die Beziehungen werden in XML-Spezifikationen hinterlegt. Diese können dann von den IT-Anwendungen verwendet werden, indem in beide Richtungen die Zuordnungen hergestellt werden können. In einer der kommenden Versionen wird dies in die Profilspezifikation eingearbeitet. Dies verhilft den PI-Applikationsprofilen zu semantischer Interoperabilität und erleichtert die Einbindung in dafür vorgesehene Tools. Das Profil muss dabei nicht verändert werden.

5 Vertikale Kommunikation

5.1 Vertikale Kommunikation vom Automatisierungsgerät zur Anwendung

Bevor die Informationsmodelle betrachtet werden, soll noch der Datenfluss, entlang dessen die Informationen fließen, erläutert werden. Abbildung 15 zeigt auf der linken Seite die an der klassischen Automatisierungspyramide orientierte Gerätearchitektur. Die Feldgeräte sind direkt oder mittels Remote IO oder IO-Link-Master an die Steuerungen (SPS) über PROFINET angeschlossen. Zusätzlich zu den Feldgeräten können auch komplexere Komponenten, wie z.B. Antriebe oder Roboter angeschlossen sein. Alle Automatisierungsgeräte werden hier kurz als „Geräte“ bezeichnet. Die Steuerung interagiert typischerweise zyklisch mit den Geräten und den anderen Komponenten. Diese Kommunikation kann auch um PROFI-safe für Anlagenteile mit funktionaler Sicherheit ergänzt werden. Die Leitsysteme ihrerseits interagieren im hierarchischen Sinne mit den Steuerungen. Die Anwendungen, wie in Abbildung 23 gezeigt, greifen auf verschiedenen Feld- und Steuerungsebenen auf die Geräte zu, zusätzlich zum Datenfluss mit dem Leitsystem. Die im Leitsystem bereits vorhandene vertikale Kommunikation wird hier durch einen zusätzlichen Pfad ergänzt. Beide Pfade können als „Y“ veranschaulicht werden, die Geräte sind dieselben (untere mittlere Linie), aber die Pfade zu den unterschiedlichen Anwendungen teilen sich.

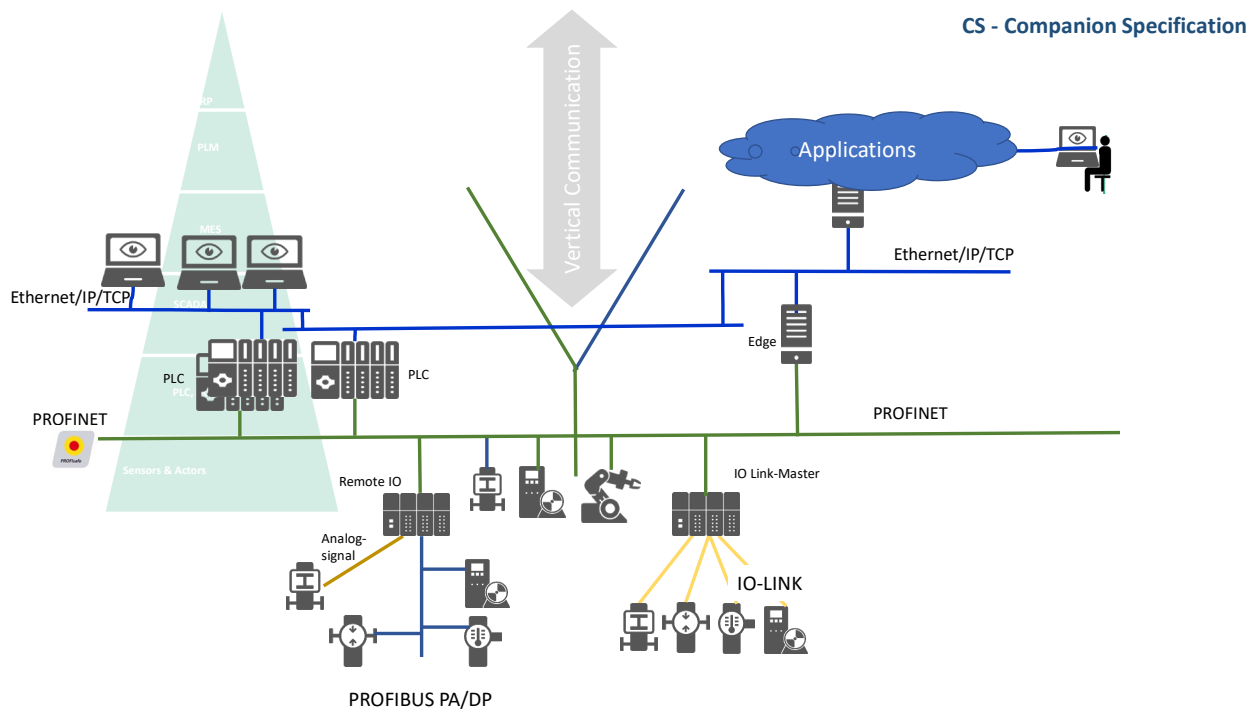


Abbildung 15: „Y“ – orientierte vertikale Kommunikation im Automatisierungssystem

Abbildung 16 zeigt die Verbindungen, die über alle Ebenen der Automatisierungspyramide hinweg möglich sind. Auf der linken Seite oben sind die Feldgeräte und die anderen Komponenten beispielhaft aufgeführt. Entlang der gestrichelten vertikalen Linie verläuft die fortschreitende Zeit. Ein Edge Device und eine Anwendung sind rechts ebenfalls mit gestrichelten vertikalen Linien abgebildet. Die bräunlichen Pfeile sind auf Parameter zugreifende, azyklische PROFINET-(oder PROFIBUS-)Dienste, die blauen die von OPC UA. Jeweils angegeben sind die Adressierungsparameter, bei PB/PN Slot, Subslot und Index und bei OPC UA BrowseName oder NodeId. Die grüne Pfeilschar symbolisierte die zyklische Kommunikation zwischen der Steuerung und den Automatisierungsgeräten. Diese wird periodisch wiederholt. In den Zeiten, in denen keine zyklische Kommunikation läuft, können zusätzlich azyklische PB/PN-Dienste abgewickelt werden. Dies kann z.B. durch Edge Devices geschehen. Prinzipiell kann aber jedes Gerät auch mit einem OPC UA-Server ausgerüstet werden. Dieser wird über den TCP/IP-Zugang vom OPC UA-Client angesprochen. Auch dazu werden die zeitlichen Lücken der zyklischen Kommunikation verwendet. Besitzt die Steuerung einen OPC UA-Server, so kann auch der abgefragt werden. Die Abbildung 16 versucht nur das Prinzip zu verdeutlichen, es betrachtet die Kommunikation nur grob. Die tatsächlichen

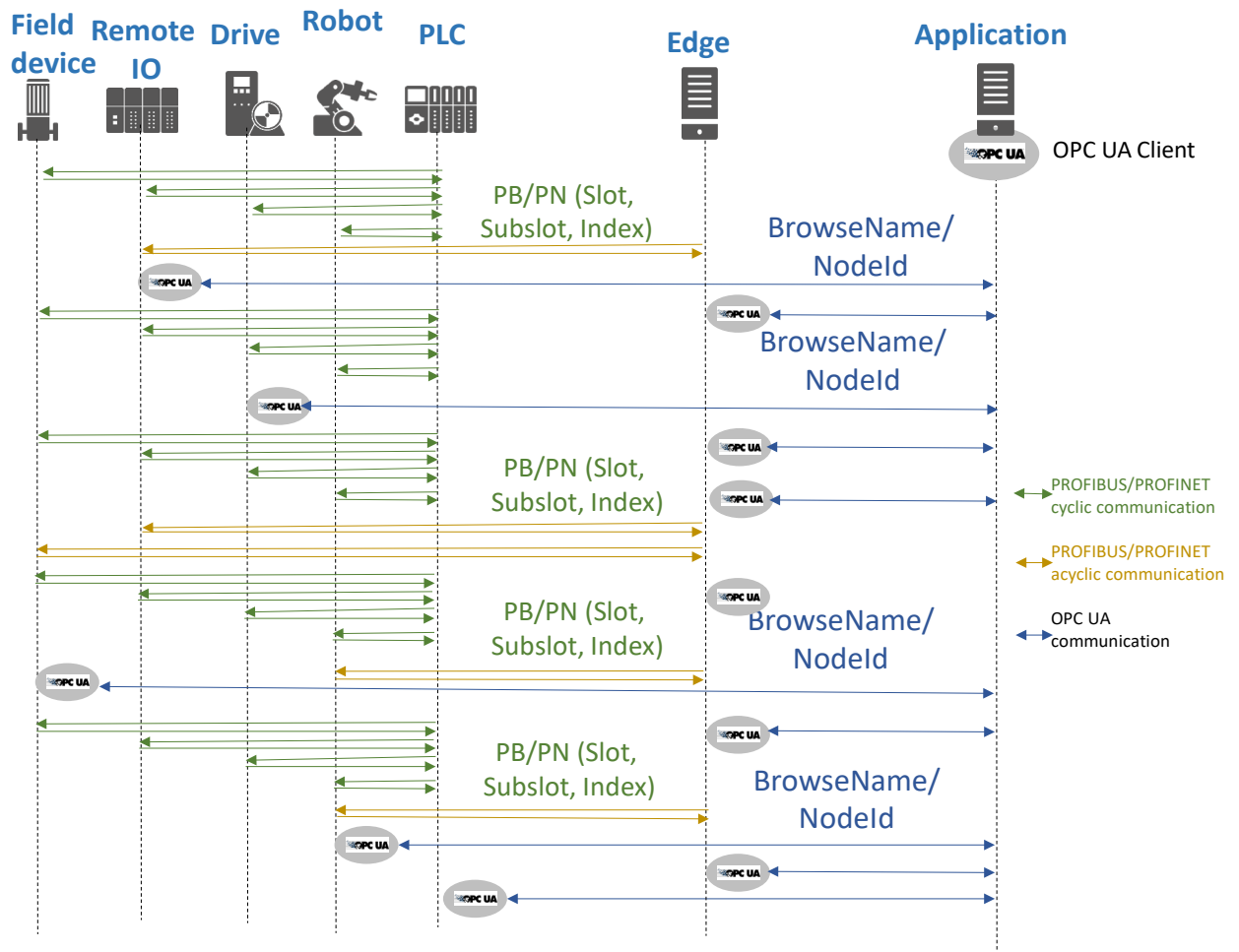


Abbildung 16: Kommunikationsprinzipien in der vertikalen Kommunikation

Abbildung 17 zeigt noch mal ein Detail des Kommunikationspfades. Die Daten sind intern in den Geräten abgelegt (Abbildung 17 – (1)). Durch die Abbildungsvorschrift aus den entsprechenden Profilen werden diese an bestimmten Slot/Index (bei PROFIBUS) und Slot/Subslot/Index (bei PROFINET) für die Kommunikationsdienste (hier typischerweise Read) angeboten (Abbildung 17 – (2)). Der Master Klasse 2 (bei PROFIBUS) oder der Supervisor (bei PROFINET) lösen diese Dienste aus (Abbildung 17 – (3)). Haben diese Geräte einen OPC UA-Server, so müssen sie die Inhalte der durch die Dienste kommunizierten Daten in die richtige Node (z.B. Variable) im OPC UA-Server ablegen (Abbildung 17 – (4)). Dazu müssen sie ein Mapping ausführen. Dann kann der OPC UA-Client durch die in den Companion Specification definierten BrowseNames oder die daraus ableitbaren NodeIDs zugreifen (Abbildung 17 – (5)). Zum besseren Verständnis für die Menschen, die die Konfiguration der OPC UA-Server vornehmen oder die Anwendung (Abbildung 17 – (6)) schreiben, werden die BrowseNames an die Profilenames angelehnt. Hat ein PROFINET-Gerät selbst einen OPC UA-Server, so entfallen die Transportschritte von PROFIBUS und PROFINET und das Gerät kann das Mapping zwischen den internen Daten und der Ablage im OPC UA-Server im Gerät vornehmen (Abbildung 17 – (1) – (4)).

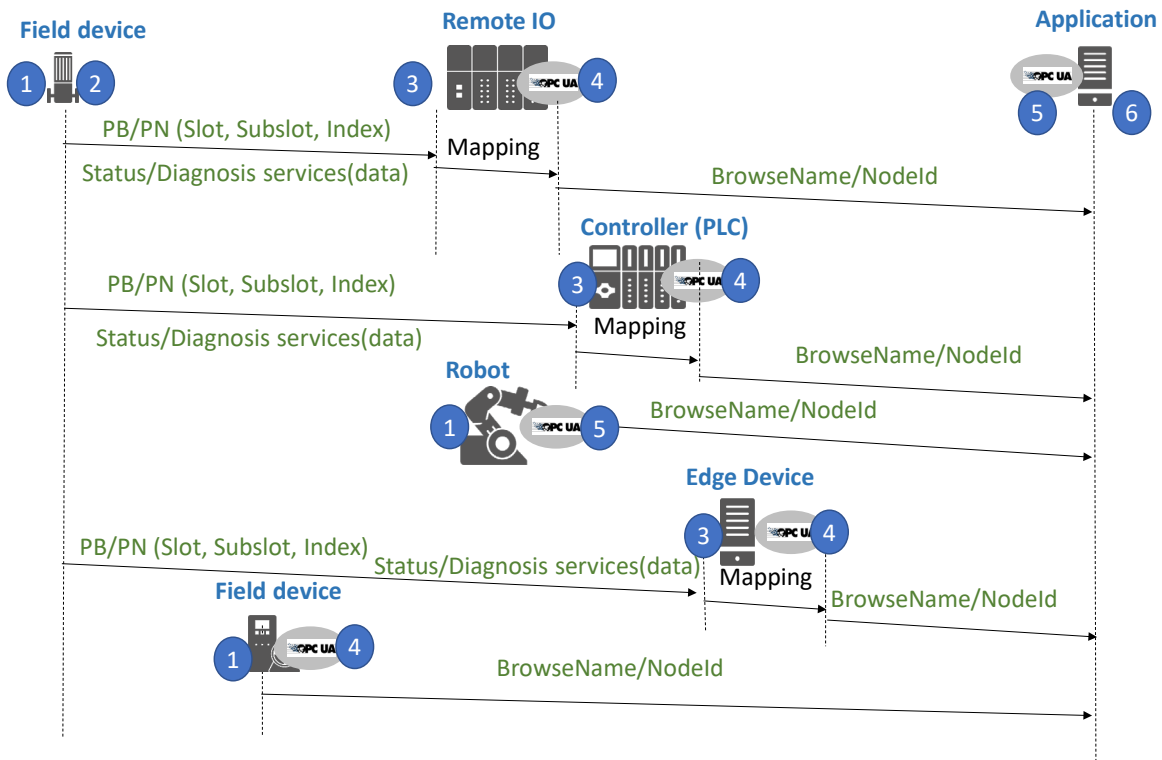


Abbildung 17: Datenpunktadressierung und Diagnose entlang des Datenpfades vom Feldgerät, Drive, Remote IO, Roboter zur Anwendung

Zusätzlich zur zyklischen und azyklischen Kommunikation können die Feldgeräte auch Status- und Diagnosemeldungen an die Steuerung absetzen, die auch von der Anwendung der vertikalen Kommunikation abrufbar sind. Status und Diagnosemeldungen werden von allen Gerätetypen bereitgestellt. Auch die Status- und Diagnoseinformationen der Geräte werden durch OPC UA zur Verfügung gestellt. Status und Diagnoseinformationen können sich auf die Anlage beziehen, in denen die Feldgeräte eingesetzt sind, auf die Geräte selbst und auch auf das Kommunikationssystem. Deshalb ist Diagnose eine Querschnittsaufgabe und in den jeweiligen Informationsmodellen integriert.

Abbildung 18 legt den Fokus auf die unterschiedlichen Typen der Informationsquellen und deren Umsetzung in OPC UA-Informationsmodellen. PROFINET bildet das Rückgrat des Systems (Abbildung 18 – (1)), das mit und ohne PROFI-safe betrieben werden kann. Es enthält die Topologieinformationen. An PROFINET sind die Geräte direkt angeschlossen oder mittels Remote IO (Abbildung 18 – (2)) und (Abbildung 18 – (3)) oder IO-Link-Master (Abbildung 18 – (4)). Diese Geräte enthalten z.B. die Asset-Informationen, wie z.B. das Typenschild.

Die Informationen werden jeweils in OPC UA-Server eingebracht. Dafür gibt es je nach Gerätedomäne eine Companion Specification.

- Die Topologieinformationen werden in der OPC UA Companion Specification „OPC UA for PROFINET“ (OPC 30140) definiert. Sie können in den Steuerungen oder in Edge Devices enthalten sein (Abbildung 18 – (7)).
- Für die verfahrenstechnischen Feldgeräte definiert PA-DIM die Typenschildinformation und weitere Use Case-bezogene Objekte (OPC 30081 [OPC2018] (Abbildung 18 – (8)).
- IO-Link hat ebenfalls ein Informationsmodell, das OPC UA for IO-Link ([OPC2019] (Abbildung 18 – (6)), das beispielsweise die Typenschildinformationen aus dem „IOLinkDevice-Type“ des Basisprofils als OPC UA-Objekt enthält.
- Für alle PROFIBUS- und PROFINET-Geräte sind die Typenschildinformationen einheitlich in der OPC UA for PROFINET Companion Specification im Objekt mit dem BrowseName „IM“ definiert (Abbildung 18 – (4)).

- Prinzipiell könnten auch OPC UA-Server enthalten sein, die noch keiner Companion Specification entsprechen. Dies ist in (Abbildung 18 – (5)) symbolisiert.

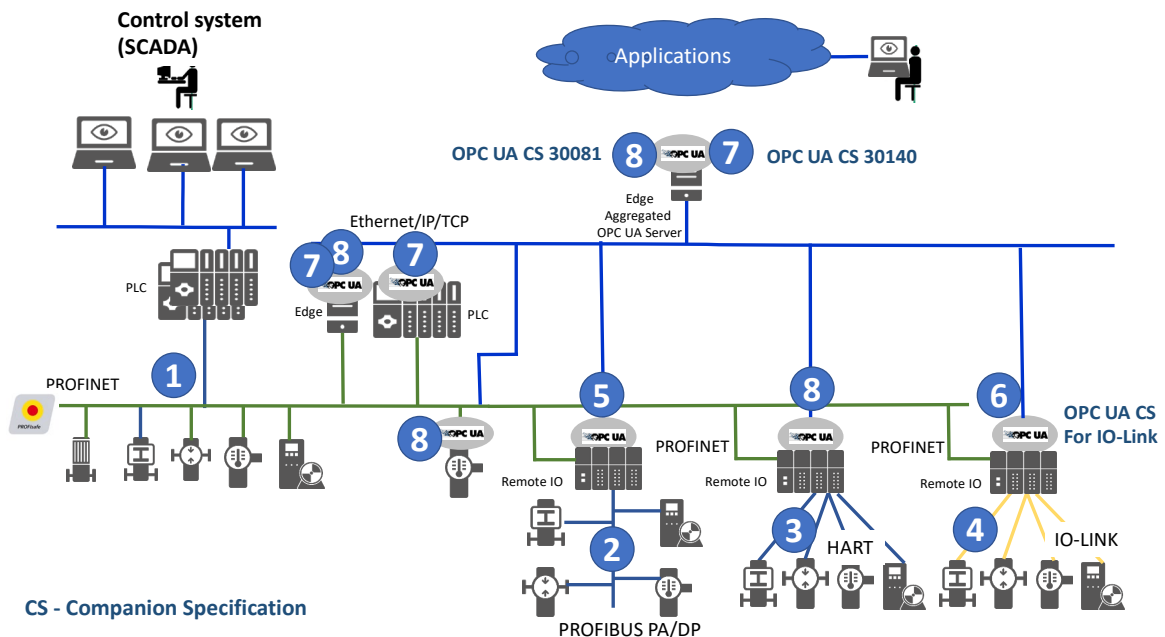


Abbildung 18: Informationsflüsse in einer beispielhaften Topologiestruktur

Die Darstellung in Abbildung 18 ist beispielhaft und zeigt nur eine kleine Zahl von Möglichkeiten. In der Praxis wird es eine hohe Varianz an Topologiestrukturen und in ihnen eingelagerte OPC UA-Server geben.

5.2 Anwendungsfälle

Anwender einer Produktionsanlage wechseln bezogen auf den Zustand der Anlage und der Lebenszyklusphase, in der sich die Komponenten der Anlage befinden, ihre Sicht auf die Daten. Unterschiedliche Gewerke (z.B. Mechanik, Elektrik, Kommunikation, Security, Safety, Regelungstechnik, Messtechnik, Stelltechnik und Software) mit unterschiedlichen Aufgabenstellungen, wie z.B. Planung, Inbetriebnahme, Betreuung des operativen Betriebes, Instandhaltung, Optimierung und Asset Management verwenden einen unterschiedlichen Ausschnitt der verfügbaren Daten. Sie haben eine unterschiedliche Sicht auf die Produktionsanlage und damit auch auf die bereitgestellten Daten, weil sie jeweils auf ihren Anwendungsfall zentriert sind.

Als eine weitere Dimension kommt die Zuordnung der Daten zu den Komponenten hinzu, über die sie Auskunft geben. Ein Messgerät z.B. hat zunächst Daten über die Prozessgröße, die es messen soll, d.h. über die Komponente, an der es montiert ist bzw. das Produkt mit dem es Kontakt hat. Es hat aber auch Daten über den eigenen Zustand und bietet Diagnoseinformationen. Zusätzlich trägt es Informationen, die zur Identifikation des Gerätes dienen (z.B. Hersteller, Modelltyp, Seriennummer) und über die Einordnung in dem PROFINET-Netzwerk verbunden mit den entsprechenden Konfigurationsparametern. Diese sind zusätzliche Daten, die nicht für die Basisautomatisierung (Steuerung, Regelung Zustandsüberwachung in den SPS) eingesetzt werden. Es entsteht zusätzlich zur Feldgeräte-Steuerungs-Kommunikation eine Kommunikation, die einen eigenen Pfad zu weiteren Anwendungen bildet. Dieser wird hier als vertikale Kommunikation bezeichnet. Use cases müssen also selektiv mit den für sie benötigten Daten versehen werden. Eine horizontale Kommunikation zwischen den Feldgeräten ist zurzeit nicht vorgesehen. Horizontale Kommunikation zwischen den Steuerungen (auch als Controller-2-Controller-Communication bezeichnet) ist vielfach eingesetzt. Diese wird hier aus Informationsmodellierungssicht nicht betrachtet, da die gegenseitige Variablenzuordnung durch die Programmierer manuell durchgeführt wird.

Der Ruf nach Informationsmodellen entsteht überall dort, wo zusätzlich zur Basisautomation (Regelung, Steuerung, Zustandsüberwachung) IT-Anwendungen eingesetzt werden sollen, die die Flexibilität und die Performance oder den Wert der Anlagen, Maschinen, Komponenten und Geräte verbessern. Endanwender wollen aus den Prozess- und Komponentendaten z.B. mittels Data

Analytics genauere Kenntnis über die Anlagenperformance und -zustand oder auch vorhersagende Informationen für den Verlauf der weiteren Produktion. Die Informationsmodelle helfen, die in den Anlagen verbauten unterschiedlichen Kommunikationstechnologien zu verdecken und ein konsistentes Bild der Anlage zu bekommen. Wird etwas genauer auf diese Anwendungen geschaut, so verbergen sich dahinter immer Datenverarbeitungsfunktionen, die aus Daten der Geräte andere Daten berechnen, die für die Flexibilisierung und der Wert- oder Performance-Optimierung von Bedeutung sind. Für die korrekte Arbeit dieser Anwendungsalgorithmen ist die Zuordnung der Daten aus dem Feld zu den Eingangs- bzw. Ausgangsvariablen der Anwendungsalgorithmen essentiell. Daraus lässt sich die Anforderung ableiten, dass der Anwendungsingenieur die Daten aus dem Feld eindeutig identifizieren muss und auch einen Kommunikationspfad zur Verfügung gestellt bekommt. Dazu möchte er keinen großen Aufwand betreiben, da der Mehrwert mit den Algorithmen erzielt wird, nicht mit dem Datentransport. Also müssen der Datenzugriff und die Konfiguration des Zugriffspfades so einfach wie möglich gestaltet werden. Das ist bei der Vielfalt und der Menge an Geräten nicht einfach. Das klassische Mittel, mit großen Mengen fertig zu werden ist es, diese zu strukturieren. Genau das machen Informationsmodelle.

Wird ein vertikaler Kommunikationspfad etwas genauer angeschaut, so entsteht ein Datum (z.B. Diagnosewert) in einem Gerät. Dann wird es über ein Kommunikationssystem übertragen, um in einem anderen Gerät gespeichert oder verarbeitet zu werden (Abbildung 19). Die Übertragung muss aktiviert werden, d.h. ein Gerät stößt die Übertragung an. Die Daten in den Geräten haben einen Datentyp, einen erlaubten Wertebereich, eventuell eine Maßeinheit. Die Geräte sind in dem Kommunikationssystem eingebunden und haben in diesem beispielweise eine Kommunikationsadresse. Für eine Anwendung können die Daten aus Geräten kommen, die an unterschiedliche Kommunikationssysteme angebunden sind. Auch das Datum muss für die Kommunikation angesprochen werden und besitzt deshalb auch eine Adresse, unter der es erreichbar ist. Wird ein Datum in einem Edge-Gerät gespeichert, so hat auch dieses Gerät eine Einordnung in die Kommunikationstopologie mit Geräteadresse. Die Art der Adressierung der Daten ist kommunikationssystemabhängig, also hat ein Edge-Gerät je nach verwendetem Kommunikationssystem auch für das gleiche Datum eine andere Adresse. Diese wenigen Beispiele zeigen, dass eine Vielzahl von Informationen notwendig sind, um ein Datum korrekt zur Anwendungsschnittstelle zu transportieren und es für die Anwendung eindeutig zu identifizieren und zu beschreiben.

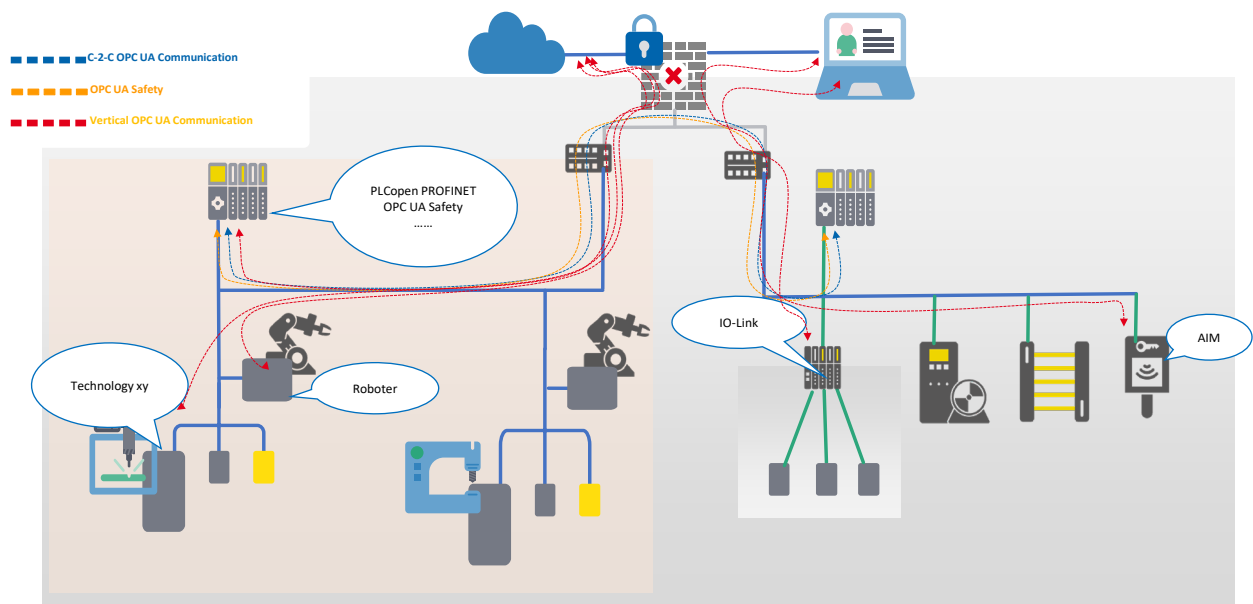


Abbildung 19: Unterschiedliche Datenquellen, die mit unterschiedlichen Technologien angebunden sind, werden von OPC UA bereitgestellt

Es ist kaum möglich, hier die Vielzahl der Use Cases zusammenzutragen. Deshalb sollen exemplarisch einige wesentliche Use Cases benannt werden, die aktuell die Informationsmodelle nutzen:

- Eindeutige Identifikation aller Geräte und Komponenten in den Anlagen

- Vergleich zwischen den Planungsunterlagen und der tatsächlich aufgebauten Anlage
- Gerätezustandsüberwachung, Asset Diagnose
- Kommunikationssystemüberwachung und -diagnose
- Anlagenzustandsüberwachung (Condition Monitoring)
- Data Analytics für Geräte und Maschinen und Anlagen
- Lebenszyklusverfolgung der Geräte (Lebenslaufakte)
- Digitales Schichtbuch
- Analyse der richtigen Dimensionierung der eingebauten Geräte und Komponenten
- Vergleich einer geplanten und tatsächlichen Konfiguration eines Gerätes
- Workflow Unterstützung bei der Kalibrierung (Auftragseingang beim Techniker, Durchführung, Ablegen der Protokolle etc.)

5.3 Prinzipien und Anforderungen

Die Automatisierungsgeräte liefern einen großen Teil der Daten, die in der Anwendung verarbeitet werden. Die Geräte sind entsprechend ihrer Lage oder Anbindung an die Maschinen oder Anlagenkomponenten den Kommunikationsstrukturen zugeordnet. Prinzipiell können Anforderungen an die Zugriffspfade, über die die Daten fließen, wie folgt beschrieben werden (Abbildung 19):

- Datenzugriff über die SPS
 - Die Anwendung hat Abhängigkeiten zum SPS-Steuerungsprogramm
 - Nutzung der symbolischen Benennung und der Semantik der Daten aus dem Steuerungsprogramm
 - Es werden vorbereitete Daten benötigt
 - Nutzung des Vorteils, dass die SPS die E/A-Ebene hinsichtlich der Adressierung als Subnetz verwaltet
 - Die von der Anwendung benötigte Datenmenge sollte keinen oder einen vertretbar störenden Einfluss auf die SPS-Leistung haben
- Datenzugriff über Edge-Geräte
 - Es werden vorverarbeitete Daten benötigt
 - es können auch „Brownfield“-Geräte eingebunden werden, die sich unterhalb der Edge befinden
 - Es werden Daten aus vielen Geräten in „Greenfield“-Anlagen gelesen
 - Es wird ein zentraler Ort für Daten, Netzwerkgeräte und Sicherheitskonfigurationen benötigt
 - Die Geräte sind mit verschiedenen und auch proprietären Kommunikationsprotokollen angeschlossen
- Direkter Datenzugriff im PROFINET-Gerät
 - das Gerät muss mit OPC UA oder anderen Protokollen in „Greenfield“-Umgebungen verfügbar sein
 - Geräte bieten gerätespezifische Diagnosedaten
 - Die SPS oder Edge sollen nicht mit zusätzlicher Kommunikation beansprucht werden
- Security
 - Der Schutz des Zugriffs und der Daten sind durch die Security-Mechanismen von OPC UA- oder PROFINET-Security zu übernehmen. Details finden sich in den entsprechenden PI-Security-Dokumenten.

5.4 Positionierung der Informationsmodelle im PI-Technologiekanon

Wie in Kapitel 5.2 beschrieben, entsteht der Mehrwert der Daten, die in der vertikalen Kommunikation gewonnen werden in den Anwendungsfunktionen. In dem Anwendungsalgorithmus ist die Herkunft und der Transportweg der Daten nicht mehr entscheidend. Die Informationsmodelle helfen, die Daten der Geräte einschließlich ihrer semantischen Beschreibung sowie die zur Beschreibung der Kommunikationspfade für die Ankopplung der Anwendungsalgorithmen bereit zu stellen. An der Schnittstelle zur Anwendung stehen damit alle benötigten, semantisch beschriebenen Informationen zur Verfügung, die mittels OPC UA Companion Specification (CS) bereitgestellt werden (Abbildung 20). So bildet das Informationsmodell den Zusammenhalt zwischen den verschiedenen PI-Technologien (PI-Technologiekanon), indem alle Informationen eindeutig einander zuordenbar und damit die Zugriffspfade für den Anwender transparent sind.

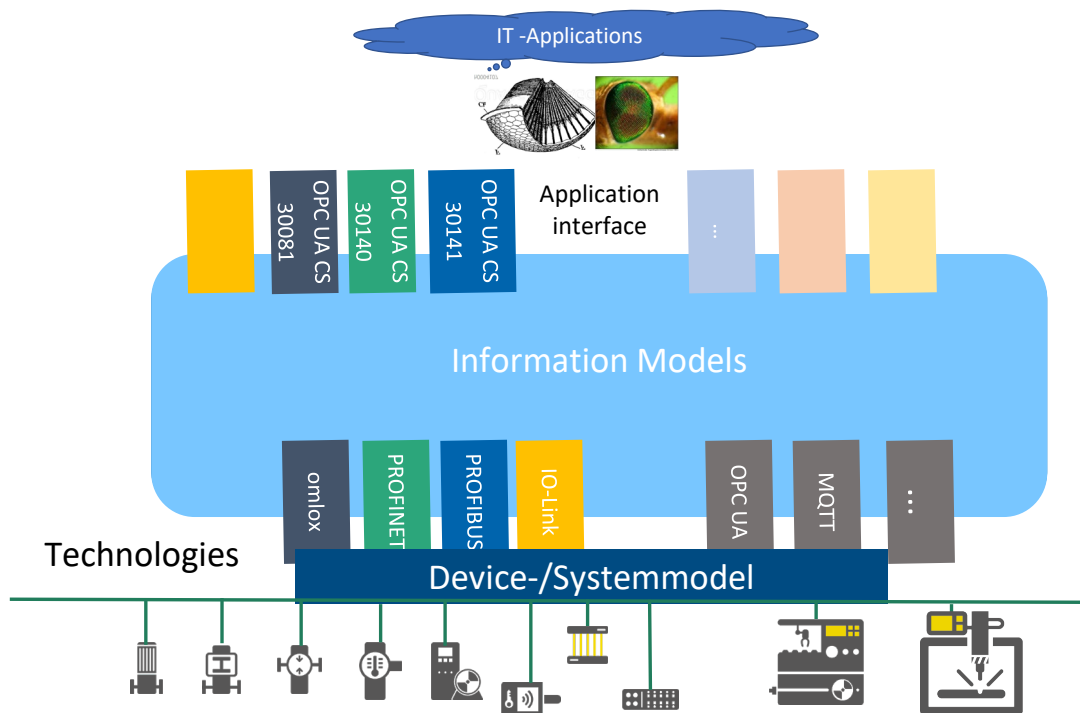


Abbildung 20: Informationsmodelle bieten den Zusammenhalt zwischen den verschiedenen PI-Technologien

6 Das PI-Informationsmodelle

6.1 Das Facettenmodell – Konzept und Nutzen

Es gibt eine große Vielfalt von automatisierungstechnischen Geräten, die mit den PI-Technologien umgesetzt werden können und in unterschiedlichen Use Cases im Lebenszyklus der Anlagen eingesetzt werden. Die Use Cases können unterschiedliche Information aus den Geräten benötigen, es wird von unterschiedlichen Sichten auf die Geräte gesprochen, beispielsweise geräteidentifizierende Informationen, deren Einordnung in die Kommunikationsarchitektur oder deren Funktionen und Parameter. Trotz der Gerätevielfalt gibt es Merkmale und Funktionen in den Geräten, die quer durch Geräteklassen und Technologien von Bedeutung sind. Das begründet sich daran, dass einerseits die anlagenbezogenen physikalischen Größen unabhängig von der Art der Behandlung in den Geräten sind (ein Messwert oder Stellwert ist prinzipiell universell) und andererseits sind technisch organisatorische Merkmale wie z.B. identifizierende Merkmale (Herstellernamen, Seriennummern) auch universell. Für die unterschiedlichen Sichten werden die Merkmale und Funktionen in dafür zugeschnittene Informationsmodelle zusammengestellt. Je nach Use Case kann dann eines oder eine Kombination von Informationsmodellen verwendet werden. Deshalb wird das PI-Informationsmodell modular gestaltet. Die modulare Struktur der Informationsmodelle bildet die abgrenzbaren Aspekte der Geräte und deren Systemintegration ab.

Die einzelnen Informationsmodelle beschreiben

- die Geräte selbst – die physische Sicht,

- die Funktionen und deren Parameter der Geräte – die funktionale Sicht und
- die Kommunikationssicht - PROFINET Sicht.

In jeder Sicht ist die Diagnose enthalten, die die spezifischen Gegebenheiten der Komponenten abbildet. Beispielhaft sind diese Sichten für eine Druckluftherzeugungsanlage in Abbildung 21 beschrieben.

Example:

Compressor station
with pressure control

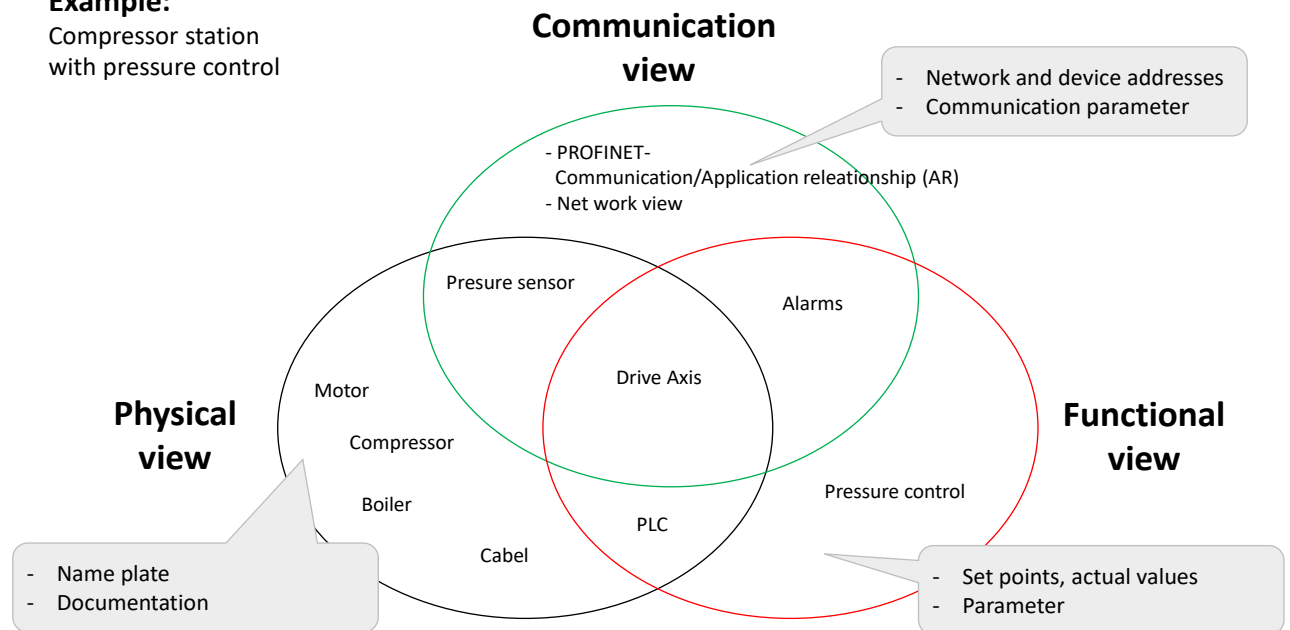


Abbildung 21: Sichten, aus denen Informationsmodelle zusammengesetzt werden

Werden die groben Sichten weiter zerlegt und verfeinert, entsteht eine modulare Struktur, die je nach Anwendungsanforderung und Use Case die Module miteinander kombinierbar macht. Dabei werden beispielsweise die unterschiedliche Gerätetypen, unterschiedliche Funktionsgruppen und das Kommunikationssystem voneinander getrennt. Die Elemente dieser Untergliederung werden als Facetten² bezeichnet. So entstehen einzelne Teilinformationsmodelle, die im hier vorgestellten PI-Konzept als Kommunikations-, Asset- und Funktionale Facetten zusammengefasst werden und gemeinschaftlich ein Automatisierungsgerät (Automation Entity) beschreiben (Abbildung 22). Ähnlich dem Facettenauge mancher Insekten entsteht so aus Teilen ein Ganzes.

² Die Facetten beziehen sich auf die verschiedenen Aspekte von Geräten und Kommunikationssystemen und sind nicht mit dem Begriff „Facet“ von OPC UA zu verwechseln

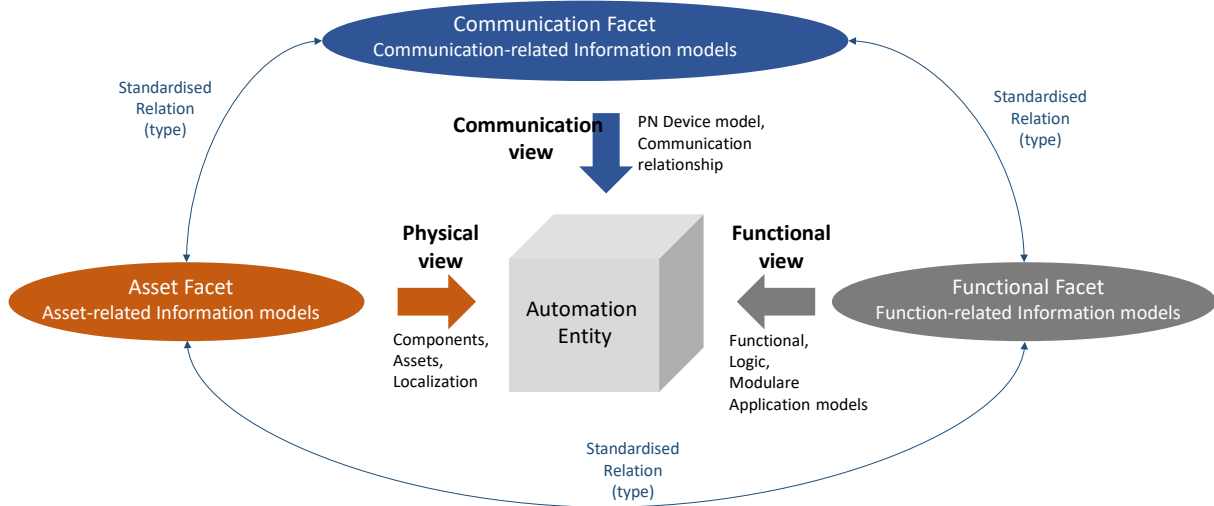


Abbildung 22: Facetten beschreiben gemeinschaftlich die Automatisierungsgeräte und bilden die Sichten

Die **Kommunikationsfacette** umfasst den Anschluss der Geräte und Komponenten an die Kommunikationsmedien und deren Topologie, d.h. an das Netzwerk und wird mit **Netzwerkfacette** bezeichnet (aus OSI-Referenzmodell-sicht die Schichten 1-3, vor allem Adressen und netzwerkbezogene Parameter, wie z.B. Baudraten, Netztopologie). Die kommunikationsbezogenen Gerätenamen und die Adressierung der Anwendungen, die sich aus dem PROFNET-Gerätmodell (Slot, Index) ergibt, werden als **PROFINET-Facette** bezeichnet.

Physische Aspekte der Geräte und Komponenten, wie das Typenschild, aber auch die Katalogdaten oder Zertifikatsdokumente werden in der **Physischen oder Asset-Facette** zusammengefasst (siehe Kapitel 6.2).

Die **Funktionalen Facetten** bilden einen weiteren sehr wichtigen Teil der Informationsmodelle, in denen technologieunabhängig die funktionsbezogenen Daten aus Sicht der Anwendung beschrieben werden. Die Daten sind nach einzelnen Funktionen (z.B. Temperaturmesswert) oder Funktionsgruppen (z.B. Energiemanagement) strukturiert. Diese funktionalen Facetten bilden den Bausteinkasten, aus dem dann die technologiespezifischen Informationsmodelle zusammengesetzt werden (siehe Kapitel 6.4).

Jede Facette beinhaltet die für diese Komponente spezifischen Zustands- und Diagnoseinformationen. Diese Informationen werden in den jeweiligen Kapiteln 6.2 bis 6.4 benannt (jeweils am Ende in einem farblich gekennzeichneten Kasten). Die Facetten können anwendungsspezifisch zusammengesetzt werden. Dazu werden Referenzen zwischen den Elementen der Informationsmodelle der Facetten definiert (siehe Kapitel 7). Die **Use Cases** können dann auf strukturierte Information auch facettenübergreifend zugreifen.

Abbildung 23 zeigt die Verfeinerung des PI-Informationsmodells. Die Facetten decken aus Anwendersicht jeweils unterschiedliche Informationsbedürfnisse ab. So kann die Identifikation im Mittelpunkt stehen (Asset) oder die Integration der Geräte ins Kommunikationsnetzwerk (Topology). Diese Informationen sind unabhängig von den Funktionalitäten, die von einem Gerät angeboten werden. Deshalb werden sie auch separat in Abbildung 23 dargestellt. Die Funktionalitäten sind zunächst unabhängig von speziellen Technologien. Sie werden mit ihren Informationsmodellen getrennt nach Funktionstyp beschrieben. Alle Facetten des PI-Informationsmodells werden auf das Informationsmodell von OPC UA abgebildet, einzeln oder in bestimmten Zusammensetzungen (Composition). Bei OPC UA heißen diese geräte- oder maschinentypspezifischen Modelle „Companion Specification“. Diese sind dann die unterschiedlichen Facetten. Die Use Cases greifen jeweils auf die Teile zu, die sie benötigen. Ein Beispiel soll dies kurz verdeutlichen. Ein Antrieb ist in einem PROFINET-Netzwerk eingebunden und treibt eine Pumpe an. Der Antrieb ist drehzahlveränderlich und kann Drehzahltrajektorien verfahren oder eine Drehmomentreglung verwenden. Dies sind funktionale Facetten. Tritt nun eine Diagnosemeldung auf, so muss die Anwendung diese dem Motor zuordnen. Dazu muss einerseits die Lokalisierung im Kommunikationsnetzwerk bekannt sein, da die Diagnosemeldung an die Kommunikationsadresse gebunden ist. Dazu ist der PROFINET Companion Specification vorgesehen. Andererseits muss die Diagnose der

Funktionalität des Motors zugeordnet werden. Dazu ist dann das PROFIdrive-Profil und potentiell eine entsprechende OPC UA Companion Specification erforderlich.

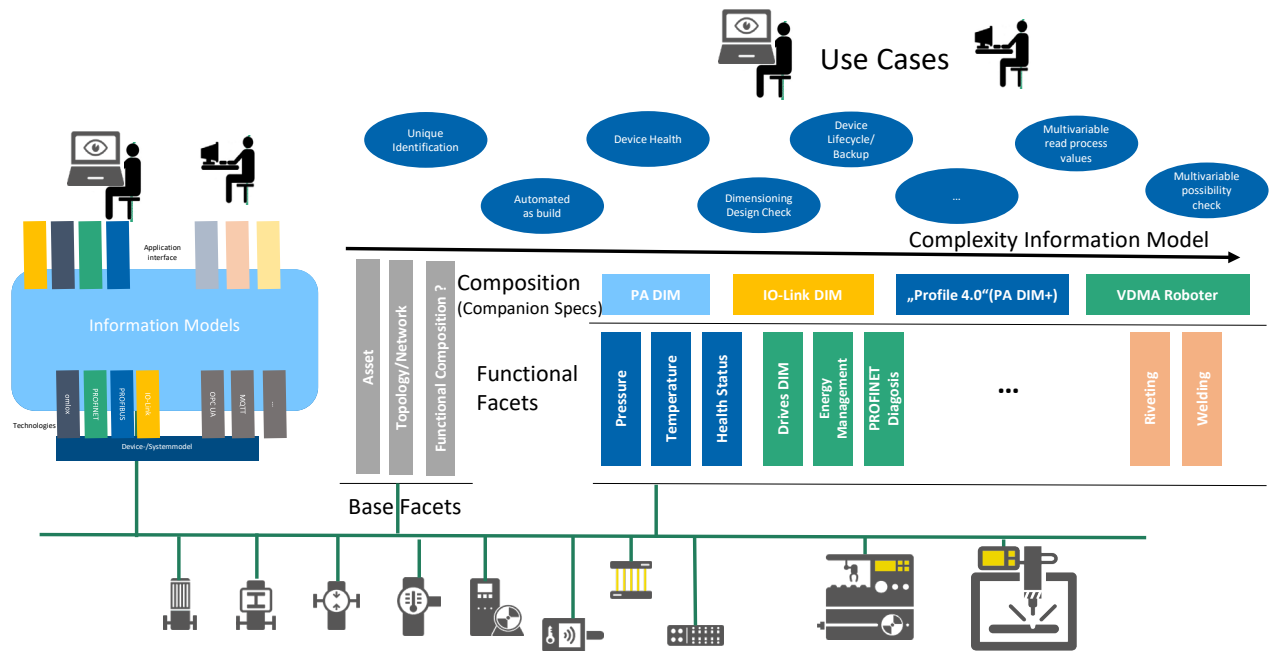


Abbildung 23: Übersicht Facetten der PI-Informationsmodelle

Im Folgenden werden Details der einzelnen Facetten beschrieben.

6.2 Asset-Facette

Im Sinne dieses White Papers sind die Assets PROFIBUS-, PROFINET- und IO-Link-Geräte. Alle diese Geräte müssen eindeutig identifizierbar sein. Die identifizierenden Informationen entstammen dem Typenschild der Geräte (Abbildung 24 – (1)). Das Typenschild befindet sich auf dem Gerät und in den beim Kauf mitgelieferten Dokumentationen.

Typische **Use Cases** sind:

- Dokumentation der Anlage, wie sie tatsächlich installiert ist
- Identifikation von Geräten, für die ein Service-Fall vorliegt, z.B. Firmwareaktualisierungen

Diese Informationen sollen auch aus den Geräten ausgelesen werden. Deshalb ist für PROFIBUS und PROFINET festgelegt, dass alle Geräte sogenannte „I&M-Merkmale“ (Identification & Maintenance – PI Profile Order No: 3.502) auslesbar zur Verfügung stellen müssen (Abbildung 24 – (2)). Wichtige Merkmale sind in Tabelle 1 benannt. Auch für IO-Link-Geräte werden die Typenschildinformationen auslesbar bereitgestellt. Die Details sind in IO-Link Common Profile (Order No: 10.072) im Objekt „DeviceIdentification“ hinterlegt (Abbildung 24 – (4)). Diese Merkmale leitet der Gerätehersteller aus den Typenschildinformationen ab. Diese Parameter sind mit Hilfe der entsprechenden Lese-Kommunikationsdienste vom IO Link Master zugreifbar.

Die „I&M-Merkmale“ und die „DeviceIdentification“ werden jeweils in OPC UA Companion Specification umgesetzt (Abbildung 24 – (6), (7) und (8)).

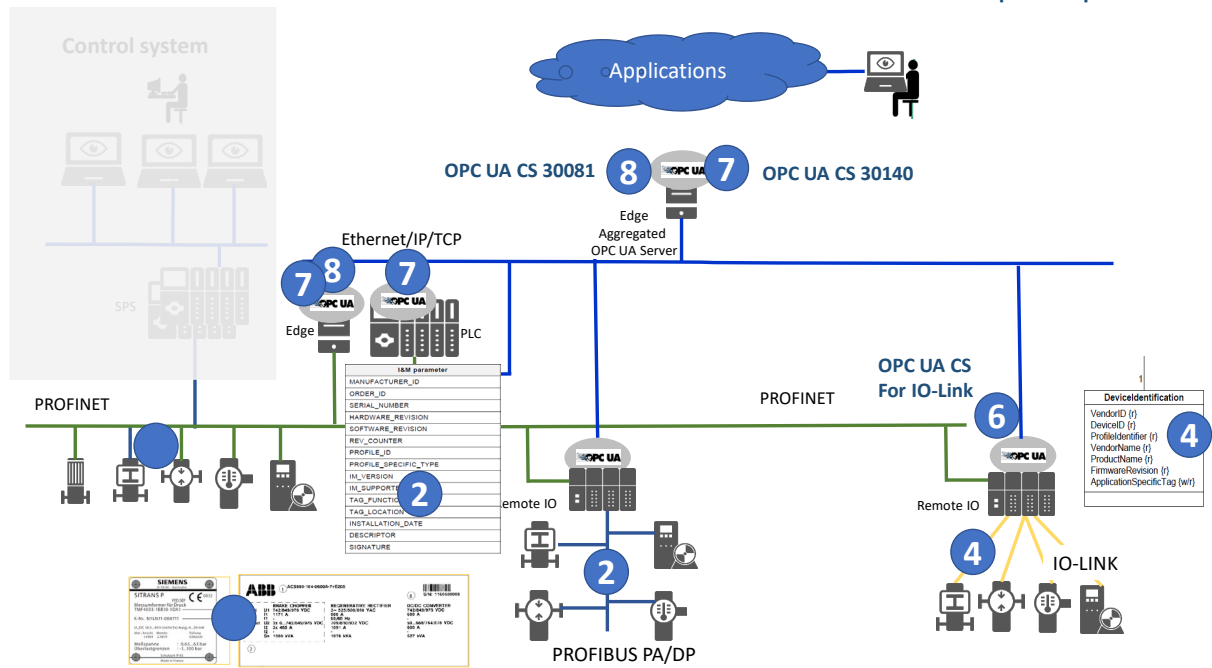


Abbildung 24: Information in den Asset-Facetten

Jedes dieser Merkmale hat in den Profilen eine definierte Beschreibung, die Basis des Informationsmodells ist. Ein Beispiel ist in Tabelle 2 sichtbar. Es wird der Name, die Anzahl der Octets (Size), der Datentyp definiert und ein Beispiel angegeben. Die Werte können vom Hersteller in der Firmware während des operativen Betriebs oder vom Anwender (User) vergeben werden. Zusammengefasst beschreiben die I&M-Funktionen das Informationsmodell der Facette Asset.

Der Transport der Daten entspricht den in Abbildung 17 gezeigten Varianten, in Abhängigkeit der Einordnung der Geräte in die Topologie.

Tabelle 1: Wichtige Merkmale des I&M-Profiles

I&M parameter
MANUFACTURER_ID
ORDER_ID
SERIAL_NUMBER
HARDWARE_REVISION
SOFTWARE_REVISION
REV_COUNTER
PROFILE_ID
PROFILE_SPECIFIC_TYPE
IM_VERSION
IM_SUPPORTED
TAG_FUNCTION
TAG_LOCATION
INSTALLATION_DATE
DESCRIPTOR
SIGNATURE

Tabelle 2: Beschreibung des Merkmals "Order_ID"

Name	Size	Data Type	Initiator	Action
ORDER_ID	20 Octets	Visible String	Firmware	-
			User	-
			Production	e.g. „3xy-0AE00-0AB0“

Für die Geräte, d.h. die Assets gibt es hinsichtlich der Typenschildinformationen keine Status- oder Diagnosedaten. Bei der Selbstüberwachung der Geräte entsteht die folgende Information:

- Revision Counter
 - Dieser Parameter wird jeweils um 1 (eins) inkrementiert, wenn ein Parameter im Gerät verändert wird. Dadurch kann erkannt werden, ob die Parametrierung und Konfiguration des Geräts im operativen Betrieb verändert worden ist.

6.3 Kommunikationsfacette

6.3.1 PROFINET-Facette

PROFINET ist der Kommunikationsstandard für die Automatisierung von PI. Es ist die Netzwerklösung für Produktion und Prozessautomation, mit Applikationen wie Functional Safety, Antriebe und isochrones Motion Control. Applikationsprofile erlauben die Nutzung in weiten Bereichen.

Der Datenaustausch basiert auf dem Provider/Consumer-Modell, wobei Controller und Device unabhängig Daten senden. PROFINET definiert die Geräteklassen IO Controller, IO Device und IO Supervisor. Ein IO Controller ist typischerweise eine SPS mit dem Automatisierungsprogramm. Das IO Device sitzt im Feld und ist einem oder mehreren IO Controller(n) zugeordnet. Der IO Supervisor kann ein Programmiergerät, HMI oder PC sein und kann bei der Inbetriebnahme und für Diagnosezwecke eingesetzt werden und ist meist temporär im Netzwerk.

Das Informationsmodell beschreibt die Strukturierung der Geräte (sowohl IO Controller als auch IO Device) aus Sicht des PROFINET-Netzwerks und bildet deren Interfaces ab. Dabei werden, wie in Abbildung 25 dargestellt, die Ethernetports der geschichteten Vollduplexleitung mit der modularen Struktur der Anwendung (RealSubmodule) zusammengebracht. Im Informationsmodell stehen vor allem die Zuordnung der Adressen zu den jeweiligen Elementen der Geräte.

Typische **Use Cases** sind:

- PN Controller – Device: Konfiguration, Prozessdaten, Alarme
- PN Supervisor – Device: Diagnose, Status/Control, Parametrisierung

Abbildung 25 veranschaulicht die Beziehungen zwischen Netzwerkobjekten eines Single-Port-PROFINET-Devices und eines Ethernet-Switches mit vier Ports. Alle Elemente ergeben Objekte im Adressraum. CommLinkTo-Referenzen zeigen die Beziehungen. Somit ist der OPC UA-Server in der Lage, die physikalische Netzwerktopologie des PROFINET-Netzwerkes abzubilden.

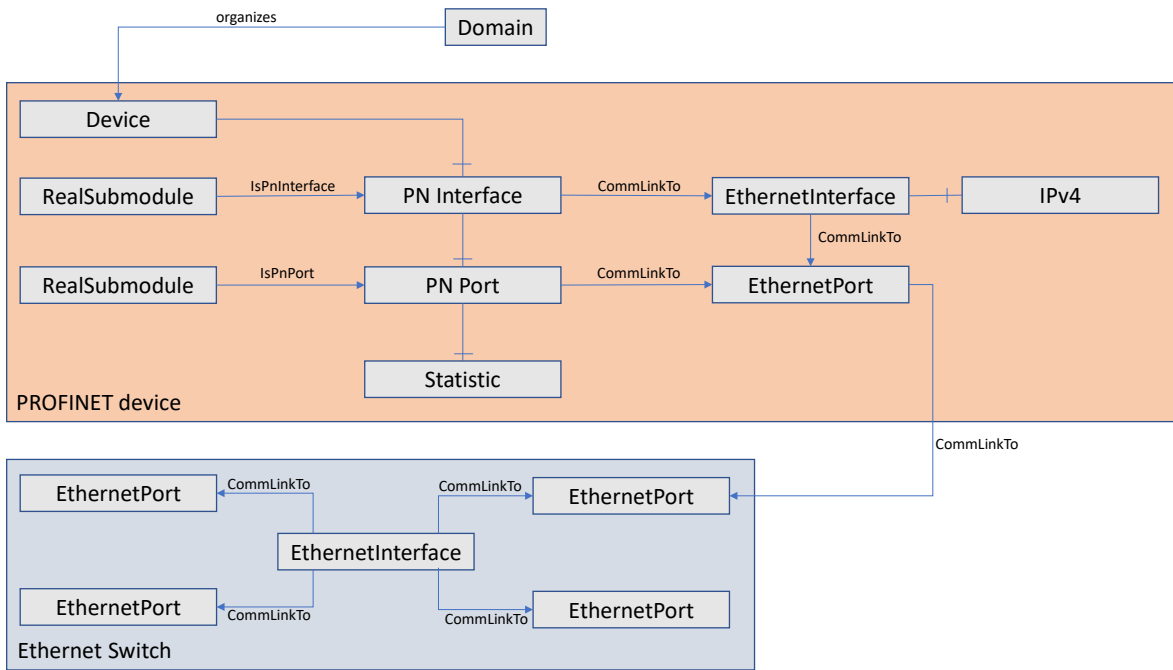


Abbildung 25: Physikalische Netzwerktopologie eines PROFINET-Netzwerkes [PN1158-5]

Das Modell für Diagnose in PROFINET ist in Abbildung 26 gezeigt. Die Geräteapplikation löscht oder fügt Diagnoseinformationen entsprechend dem Status der realen Peripherie hinzu. Die Diagnosequelle ist dabei API, Slot, Subslot, Channel und Richtung. Die Diagnose ASE – die Datenbasis – speichert die aktuelle Diagnoseinformation für jedes Submodul. Diese kann auch durch externe Applikationen abgefragt werden (Diagnosis Query), wobei Filtermöglichkeiten angeboten werden. Um den IO-Controller über Diagnoseänderungen zu informieren, wird die AR: Alarm-Klasse verwendet.

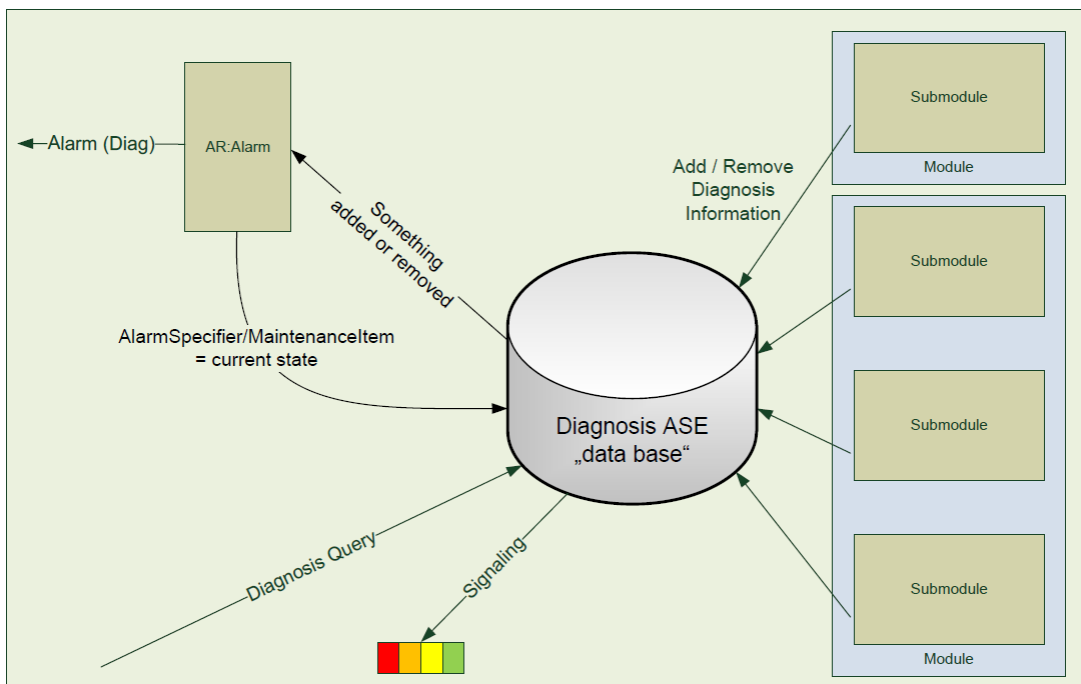


Abbildung 26: Diagnosis-Basis-Modell in PROFINET [PN1158-5]

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht eine typische Netzwerktopologie bei PROFINET. PROFINET ist kompatibel zu Ethernet und erlaubt und nutzt das breite Spektrum an IT-Protokollen. Zentrales

Element sind die IO-Controller meist in Form einer SPS (Abbildung 27 – (2)). Diese können die zugeordneten Devices in das OPC UA-Informationsmodell mappen. Controller transportieren Konfigurations-, Prozessdaten und Alarmer. Die Kommunikation zwischen Controllern, auch C2C genannt, basiert auf OPC UA und dem PubSub-Modell oder Client/Server-Modell. Mit dem zumeist temporär im Netz verfügbaren Supervisor (Abbildung 27 – (3)) können Diagnosis-Informationen abgeholt, Status/Control beeinflusst und Parametrisierung durchgeführt werden. Devices finden sich im Netzwerk in verschiedenen Ausprägungen (Abbildung 27 – (4-7)). Der einfachste Fall ist, wenn Devices allein vom Controller abgebildet werden (Abbildung 27 – (5)). Einzelne Devices können aber auch einen eigenen integrierten OPC UA-Server umfassen (Abbildung 27 – (4)) und somit sich selbst repräsentieren. Unterlagerte Remote-IOs sind in gleicher Weise abbildbar (Abbildung 27 – (6)). Es gibt aber auch die Möglichkeit, dass ein einzelner OPC UA-Server eine Gruppe von Devices zusammenfasst (Abbildung 27 – (7)). Edge-Geräte können das Netzwerk durchsuchen und mit PROFINET-Diensten Devices finden (Abbildung 27 – (1, 8)).

CS - Companion Specification

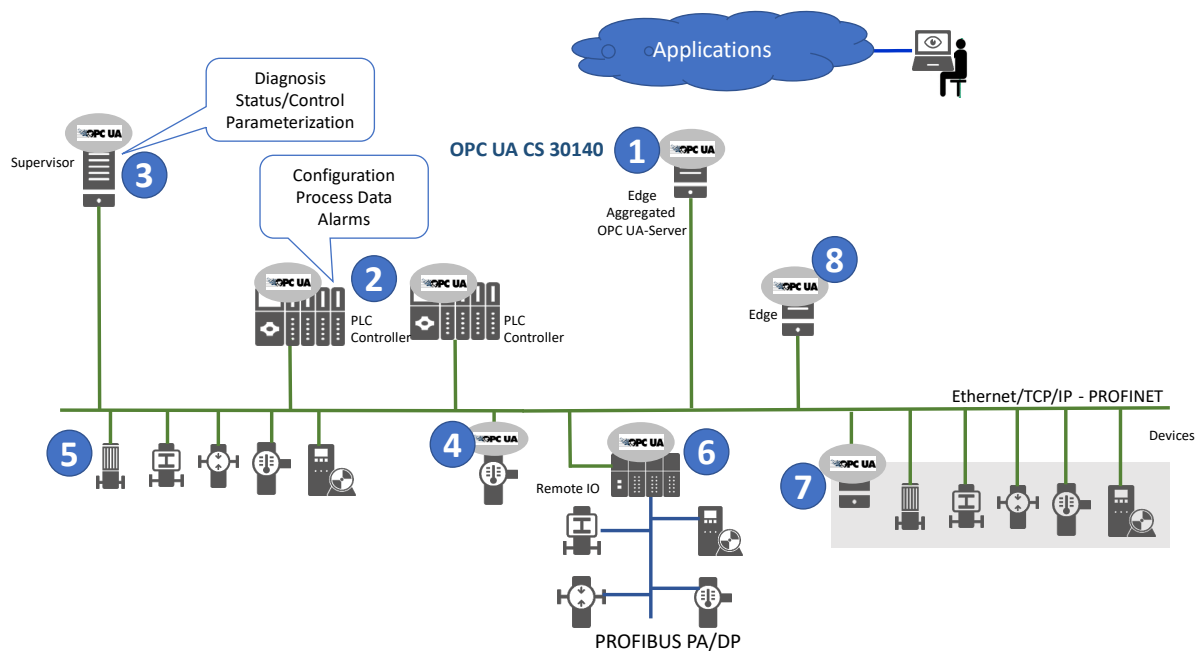


Abbildung 27: Topologie eines PROFINET-Netzwerkes

Das Asset Management erfolgt während der Laufzeit einer Anlage. Dabei werden vielfältige Informationen verwendet, die mit Engineeringinformationen verglichen werden wie zum Beispiel Geräteinformationen (VendorID, DeviceID, DCP type identification, DNS Name of Station, IP Address), Angaben zur physikalischen Topologie (Nachbarschaftsinformationen per LLDP) und die reale Geräte-Konfiguration (gesteckte Module). Weiterhin werden I&M-Informationen (Identification and maintenance) transportiert.

6.3.2 Netzwerk-Facette

Die Netzwerkfacette beruht auf dem Netzwerkmodell von OPC UA. Dieses befindet sich zurzeit noch in Bearbeitung. In Abbildung 28 ist ein Überblick dargestellt. Das Modell bildet die Interfaces der am OPC UA angeschlossenen Netzwerke mit seinen Eigenschaften ab. Außerdem werden die Kommunikationskanäle (engl. Streams) von TSN (Time Sensitive Networks) in das Modell aufgenommen. Daraus entsteht eine Netzwerkbeschreibung, die mit der Asset- und Kommunikationsfacette und letztlich mit der den funktionalen Facetten der Geräte verbunden werden kann (siehe Kapitel 7).

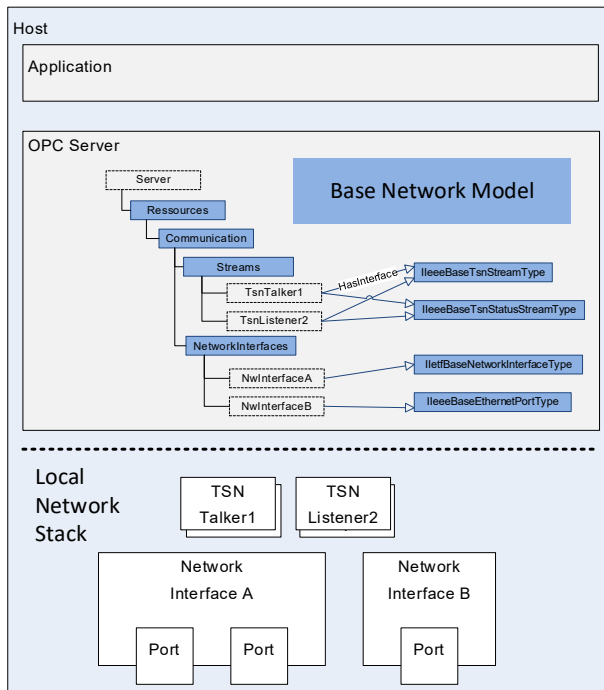


Abbildung 28: Übersicht über das OPC UA-Netzwerkmodell (Entwurf OPC UA 10000-22)

6.4 Funktionale Facette

6.4.1 Verfahrenstechnische Feldgeräte – PA-Profil

Verfahrenstechnische Feldgeräte werden auch als PA-Geräte (Process Automation) bezeichnet. Für die PA-Geräte gibt es für PROFIBUS und auch für PROFINET ein Profil, in dem die wesentlichen identifizierenden und funktionalen Parameter definiert sind. Beispiele sind analoge und diskrete Ein- und Ausgänge. Darunter sind die Messgrößen Temperatur, Druck, Füllstand, Durchfluss, pH, Leitfähigkeit und auch Stellgrößen für geregelte oder schaltende Antriebe. Die Profilinhalte sind in den entsprechenden PA-Geräten implementiert und stehen jeweils an der PROFIBUS- oder PROFINET-Schnittstelle zur Verfügung (Abbildung 29 – (2)). Mit dem Advanced Physical Layer (APL) gibt es eine Übertragungstechnik, die auch eigensichere Zweidrahtgeräte direkt an Ethernet anschließen lässt. Dadurch können auch TCP/IP-Dienste direkt in diesen Geräten bereitgestellt werden.

Typische **Use Cases** sind in der NAMUR-Empfehlung NE 176 zusammengestellt. Diese sind z.B.:

- Anwendungsfall „Automatisiert as built“
- Anwendungsfall „Eindeutige Identifikation“
- Anwendungsfall „Prüfung der Geräteauslegung“
- Anwendungsfall „Prüfung auf multivariable Geräte“
- Anwendungsfall „Auslesen multivariabler Prozesswerte“
- Anwendungsfall „Lebenszyklus-Backup für Geräte“
- Anwendungsfall „Health Monitoring für Geräte nach NE 107“

Die NAMUR hat dafür in der NE 176 eine Auswahl der Profilparameter für diese Use Cases ausgewählt. Auf der Basis dieser Anforderungen ist eine OPC UA Companion Specification entstanden (OPC 30081), durch die ein standardisierter Zugriff auf diese Parameter im OPC UA-Server möglich ist. Diese OPC UA Companion Specification wird als PA-DIM (Process Automation – Device Information Model) bezeichnet. Die OPC UA-Server können flexibel in Remote IO, Edge Devices oder auch in den Feldgeräten selbst implementiert sein, wenn diese PA-Geräte über einen PROFINET-Anschluss verfügen (Abbildung 29 – (8)).

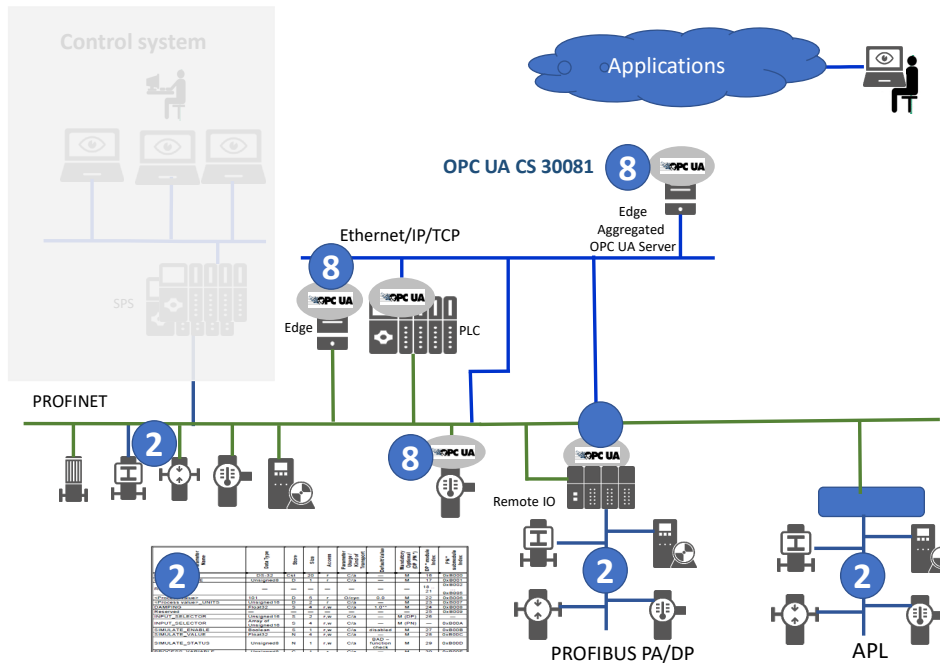


Abbildung 29: Typische Integrationsvarianten von verfahrenstechnischen Geräten (PA-Geräte) in das Kommunikationsnetzwerk

Ein beispielhafter Auszug aus dem PA-Profil zeigt Abbildung 30. Die Parameter sind mit ihren Attributen zu erkennen. Durch die Mappingfestlegungen in dem Profil auf PROFIBUS und PROFINET ist der entsprechende Zugriff auf die Parameter mit den Kommunikationsdiensten definiert. Der OPC UA-Server nimmt dann entsprechend der Festlegungen in PA-DIM Companion Specification die Abbildung auf das OPC UA-Informationsmodell vor.

Parameter Name	Data Type	Store	Size	Access	Parameter Usage / Kind of Transport	Default Value	Mandatory Optional (DP, PN *)	DP * module Index	PN * submodule Index
BLOCK_OBJECT	DS-32	Cst	20	r	C/a	—	M	16	0xB000
CURRENT_MODE	Unsigned8	D	1	r	C/a	—	M	17	0xB001
Reserved	—	—	—	—	—	—	—	18 .. 21	0xB002 .. 0xB005
<Process value>	101	D	5	r	O/cyc	0.0	M	22	0xB006
<Process value>_UNITS	Unsigned16	D	2	r	C/a	—	M	23	0xB007
DAMPING	Float32	S	4	r,w	C/a	1.0**	M	24	0xB008
Reserved	—	—	—	—	—	—	—	25	0xB009
INPUT_SELECTOR	Unsigned16	S	2	r,w	C/a	—	M (DP)	26	—
INPUT_SELECTOR	Array of Unsigned16	S	4	r,w	C/a	—	M (PN)	—	0xB00A
SIMULATE_ENABLE	Boolean	S	1	r,w	C/a	disabled	M	27	0xB00B
SIMULATE_VALUE	Float32	N	4	r,w	C/a	—	M	28	0xB00C
SIMULATE_STATUS	Unsigned8	N	1	r,w	C/a	BAD - function check	M	29	0xB00D
PROCESS_VARIABLE	Unsigned8	C	1	r	C/a	—	M	30	0xB00E

Abbildung 30: Parameter mit ihren Attributen eines PA-Profiles des Analogen Input Funktionsbausteins

Abbildung 31 zeigt die Einordnung der analogen und diskreten Werte in das OPC UA-Informationsmodell. Diese bilden dann die Vorschrift, wie die PA-Geräteparameter im OPC UA-Server angeboten sind.

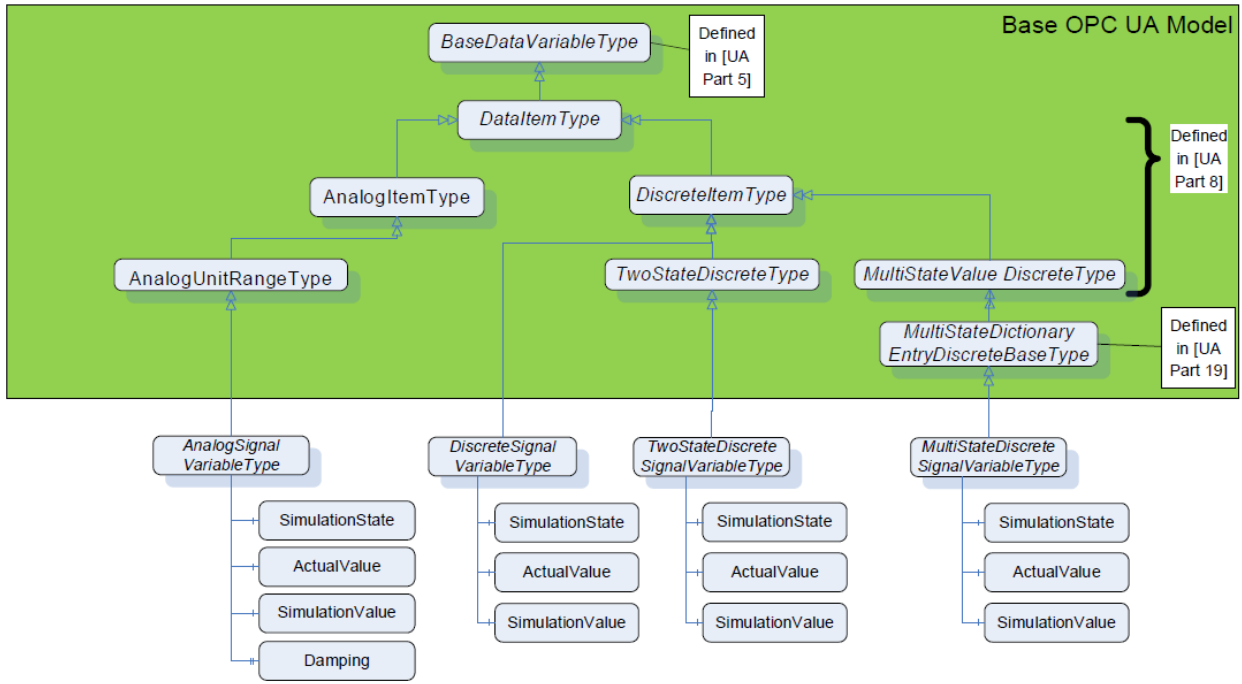


Abbildung 31: Auszug aus PA-DIM-Informationsmodell – analoge und diskrete Werte

Die PA-DIM-OPC UA Companion Specification gehört zu den wenigen Informationsmodellen, die bereits konsequent die Referenzen der Parameter und Variablen auf ein Dictionary einbeziehen und angeben. In diesem Fall ist das IEC Common Data Dictionary (IEC CDD) verwendet. In der Sprache von OPC UA heißt diese Referenz „HasDictionaryEntry“. In Abbildung 32 ist diese Beziehung für jede Variable, aber auch für Methoden (siehe FactoryReset) zu erkennen. Die Bezeichnung „IRDIDictionaryEntryType“ zeigt den Datentyp an, in der die Eintragung des Identifiers der Variablen- und Methodendefinition steht.

Der Identifier beginnt mit 0112, was für die IEC CDDs steht. Die 2 verkörpert die Version des Standards, der mit der Nummer 61987 angegeben ist. Der variablen- und methodenspezifische Identifier ist der sechs-stellige alpha-numerische Bezeichner. Hinter diesem Identifier ist dann eine Definition nach IEC 61360 hinterlegt, die dem Entwickler der Anwendungssoftware die nötigen Informationen bietet, damit der Wert der Variable eindeutig interpretiert werden kann. Der genaue Aufbau der IRDI ist z.B. [PNOECL] zu entnehmen.

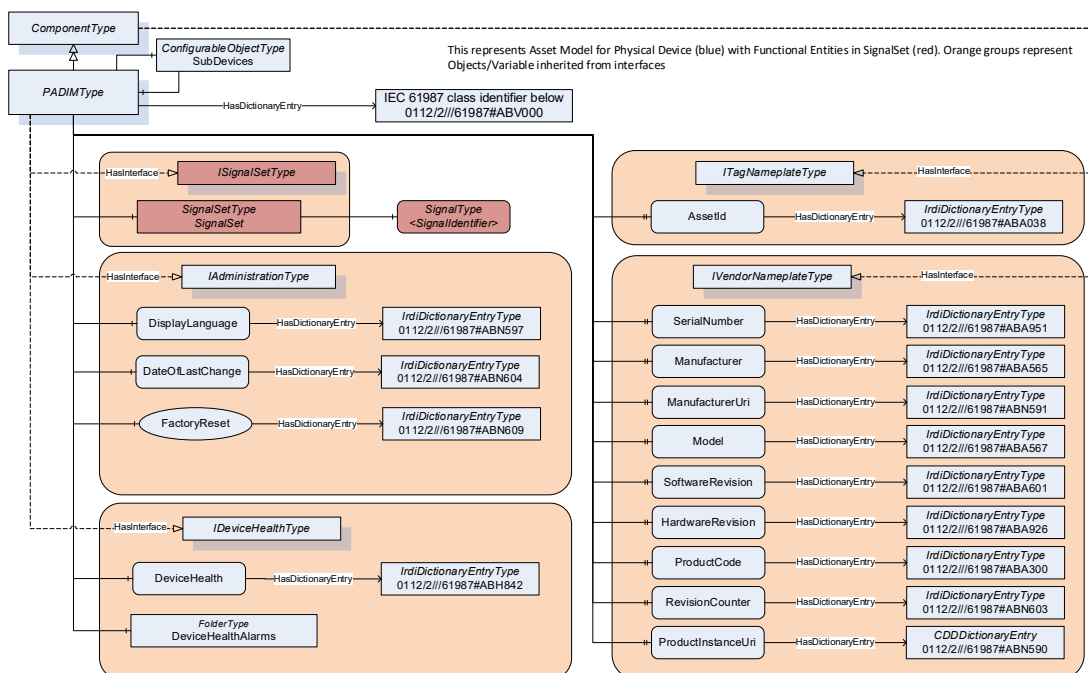


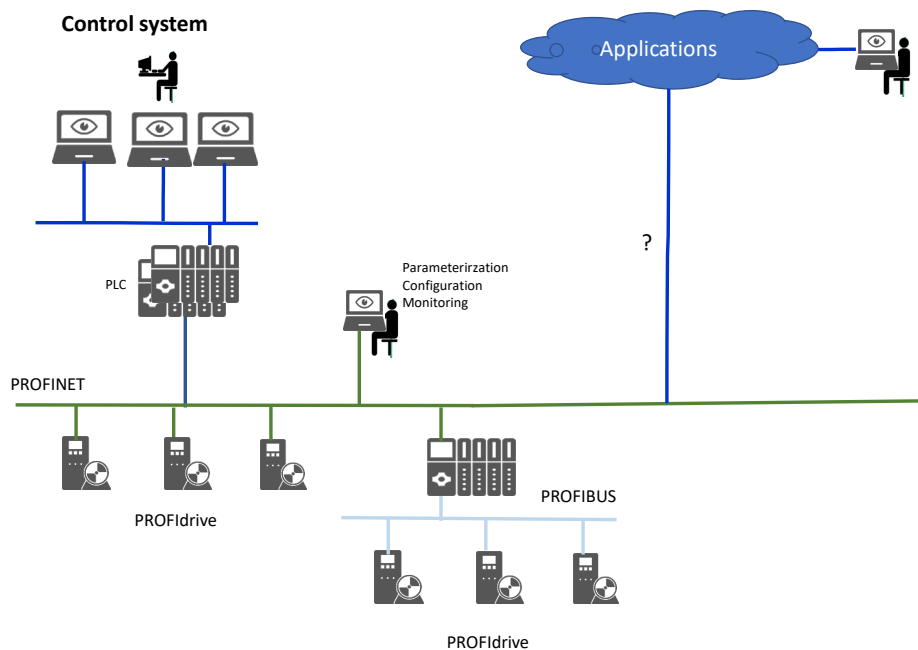
Abbildung 32: Auszug aus PA-DIM-Informationsmodell – Referenzen zum IEC CDD

Verfahrenstechnische Feldgeräte stellen eine Vielzahl von Status- und Diagnoseinformationen zur Verfügung. Sie können sich auf den Prozess beziehen, in dem sie eingesetzt sind und auch auf das Gerät selbst. Eine umfangreiche Zusammenstellung ist in der NAMUR-Empfehlung NE 107 enthalten. Beispielhaft sind hier folgende Informationen benannt:

- Feldgerätebezogene Status- und Diagnosemeldungen
 - NORMAL, MAINTENANCE_REQUIRED, OFF_SPEC, CHECK_FUNCTION, FAILURE
- Prozessbezogene Diagnosemeldungen
 - Blasenbildung in Flüssigkeit (z.B. bei Durchflussmessgerät)
 - Kavitation an Stellventil

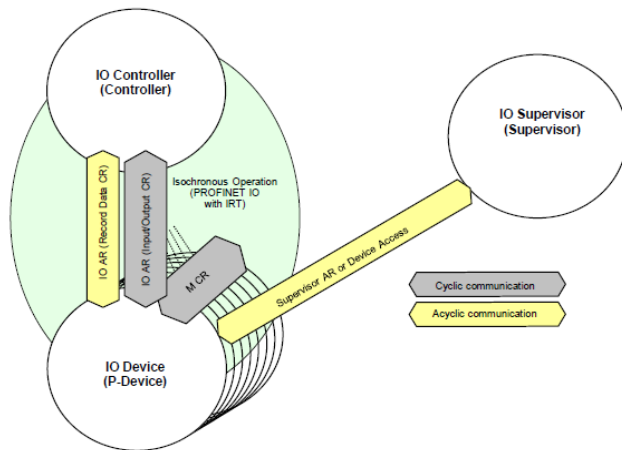
6.4.2 Antriebe – PROFIdrive

Antriebe sind Automatisierungsgeräte, die in einer Vielzahl von Maschinen und Anlagen einzeln oder im Verbund eingesetzt werden. Das PROFIdrive-Profil modelliert vor allem drehzahlveränderliche Antriebe, die an PROFIBUS und PROFINET angeschlossen werden können (Abbildung 33). Die Funktionen des Antriebes sind als „Functional Object“ in den PROFIdrive Devices enthalten, die über ein PROFINET-Interface einzeln oder im Verbund an das Netzwerk angeschlossen werden. Auf die PROFIdrive-Devices greifen sowohl die Steuerungen als auch Stationen zur Parametrierung, Konfiguration und Diagnose/Überwachung zu.

**Abbildung 33: Typische Integrationsvarianten von PROFIdrive-Geräten**

Die folgenden prinzipiellen Informationen werden vom PROFIdrive-Profil modelliert:

- Soll- und Istwerte für den zeitsynchronen Austausch zwischen Steuerung und Antrieb
- Status und Steuerwort für den zeitsynchronen Austausch zwischen Steuerung und Antrieb
- Parameter für die Anpassung der Antriebe an den jeweiligen Einsatzzweck
- Firmware-Aktualisierung
- Zeitsynchronisierung für die Synchronisation der Uhren in den PROFIdrive-Geräten
- Alarmhandling



Signal No.	Significance	Abbreviation	Length 16-32 bit	Sign	Description
1	Control word 1	STW1	16		Refer to 6.3.2.2
2	Status word 1	ZSW1	16		Refer to 6.3.2.5
3	Control word 2	STW2	16		Refer to 6.3.2.3
4	Status word 2	ZSW2	16		Refer to 6.3.2.6
5	Speed setpoint A	NSOLL_A	16	with	N2 normalised Refer to 6.3.4.5
6	Speed actual value A	NIST_A	16	with	N2 normalised Refer to 6.3.4.5
7	Speed setpoint B	NSOLL_B	32	with	N4 normalised Refer to 6.3.4.5
8	Speed actual value B	NIST_B	32	with	N4 normalised Refer to 6.3.4.5
9	Sensor 1 control word	G1_STW	16		Refer to 6.3.6
10	Sensor 1 status word	G1_ZSW	16		Refer to 6.3.6
11	Sensor 1 position actual value 1	G1_XIST1	32		Refer to 6.3.6
12	Sensor 1 position actual value 2	G1_XIST2	32		Refer to 6.3.6
13	Sensor 2 control word	G2_STW	16		Refer to 6.3.6
14	Sensor 2 status word	G2_ZSW	16		Refer to 6.3.6
15	Sensor 2 position actual value 1	G2_XIST1	32		Refer to 6.3.6
16	Sensor 2 position actual value 2	G2_XIST2	32		Refer to 6.3.6
17	Sensor 3 control word	G3_STW	16		Refer to 6.3.6

Abbildung 34: Parameterübersicht für PROFIdrive und deren Zugriffspfade

PROFIdrive-Geräte haben im Profil zusätzlich zu den in den Profilen üblichen Diagnosen (Fehler, Maintenance required und demanded) eine spezifischen Diagnoseliste erstellt, die von den Geräten unterstützt werden. Beispielhaft sind hier folgende Fehlermeldungen benannt:

- Low Voltage Supply
- DC Link Overvoltage
- Short circuit
- Overtemperature Electronic Device
- Power Electronic
- Isolation Fault
- ...

6.4.3 Positions- und Drehzahlgeber – ENCODER

Encoder sind Automatisierungsgeräte, die die Drehzahl und die Position bestimmen. Sie sind eng mit den Antrieben verbunden, d.h. das Encoderprofil hat direkte Bezüge zu dem PROFIdrive-Profil. Das Encodeprofil besteht aus dem Base-Model, das vom PROFIdrive-Profil übernommen wurde, dem Anwendungsmodell mit den zyklischen Variablen zum Austausch mit der Steuerung, den azyklischen Parametern zur Parametrierung und Steuerung des Encoders und Zusätzen für den Einsatz in Safety-Anwendungen.

Die Profil-Encoder können für **Use Cases** der allgemeinen Automation und Enhanced Motion Control eingesetzt werden. Daraus leiten sich die folgende Encoderklassen ab, die unterschiedliche Funktionen für die Use Cases zur Verfügung stellen. Diese sind (ohne Safety):

- Encoder-Klasse 1:
 - Standard-Encoder (Lageistwert) mit Preset-Funktionalität. Der isochrone Modus wird nicht unterstützt.
- Encoder-Klasse 2:
 - Standard-Encoder mit Basismodus-Parameterzugriff, Preset-Funktionalität, Drehzahlwert und zusätzlicher Skalierungsfunktionalität. Der isochrone Modus wird nicht unterstützt.
- Encoder-Klasse 3:
 - Taktsynchroner Betrieb, Drehgeber mit Basismodus-Parameterzugriff und PROFIdrive Position Feedback-Schnittstelle. Der isochrone Modus wird unterstützt.
- Encoder-Klasse 4:

- Encoder der Klasse 3 mit zusätzlicher Skalierungs- und Set-/Shift-Home-Position-Funktionalität. Der isochrone Modus wird unterstützt.

Ein Informationsmodell ist vor allem für die azyklisch auszutauschenden Parameter relevant. Für die Parameter sind deren Adressierung, Datentypen und optionale und mandatory Zuordnung zu den Encoderklassen angegeben. Sie sind über PROFIBUS und PROFINET zugänglich. Eine OPC UA Companion Specification liegt noch nicht vor.

PNU	Significance	Data type	effect.	R/W	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
900	Setpoint telegram (EO IO Data)	OctetString	-	R	O	O	O	O
907	Actual value telegram (EO IO DATA)	OctetString	-	R	O	O	O	O
922	Telegram selection	Unsigned16	Reset	R/W	M	M	M	M
925	Number of Controller Sign-Of-Life failures which may be tolerated	Unsigned16	Reset	R/W	-	-	M	M
944 to 952	PROFIdrive fault buffer	See definition in [1]	See [1]	See [1]	O	O	O	O
964	Drive Unit identification	Array[n] Unsigned16	Reset	R	M	M	M	M
965	Profile identification number	OctetString 2	Reset	R	M	M	M	M
971	Transfer into a nonvolatile memory	Unsigned16	Instantly	R/W	O	O	O	O
972	Drive reset	Unsigned16	Instantly	R/W	O	M	O	M
975	EO identification	Array[n] Unsigned16	Reset	R	M	M	M	M
979	Sensor format	Array[n] Unsigned32	Reset	R	O	O	M	M

Abbildung 35: Parameterübersicht für Encoder und deren Zugriffspfade

Encoder haben im Profil eine spezifische Diagnoseliste erstellt, die von den Geräten unterstützt wird. Beispielhaft sind hier folgende benannt:

- Position error (hardware and signal quality)
- Position error (frequency/speed exceeded)
- Position inconsistent (for incremental encoders only)
- Preset failed (speed to high)
- Preset failed (preset value out of range)
- Command not supported
- Undervoltage
- Overvoltage
- Short circuit
- Overtemperature
- Excessive vibration
- ...

6.4.4 Energiemanagement – PROFIenergy

Das PROFIenergy-Profil besteht aus dem Energiemanagement, der Bereitstellung von Messgrößen und geräteidentifizierende Daten. Kern des Energiemanagements ist die Steuerung des Standby-Regimes von den Profilerät. Die Daten werden entweder explizit aus den Anlagen und Maschinenkomponenten (z.B. Heizer, Antrieb und Pumpe) bzw. deren Steuerungen gewonnen oder implizit durch Messgeräte, die energierelevanten Messwerte bereitstellen (z.B. Strom und Spannung).

Typische **Use Cases** sind:

- Steuerung des Belastungsverhaltens von Anlagen
- Vermeidung von Lastspitzen in Anlagen
- Anzeige, Analyse und Dokumentation von Energie-relevanten Daten

Das Informationsmodell des Profils wurde durch einen Arbeitskreis von PI zusammen mit der OPC Foundation in eine OPC UA Companion Specification überführt (OPC UA CS 30141). Dadurch ist das Profil sowohl direkt mit den Mitteln von PROFIBUS und PROFINET (Abbildung 36 (2)) als auch durch den OPC UA-Server (Abbildung 36 (2)) zugreifbar.

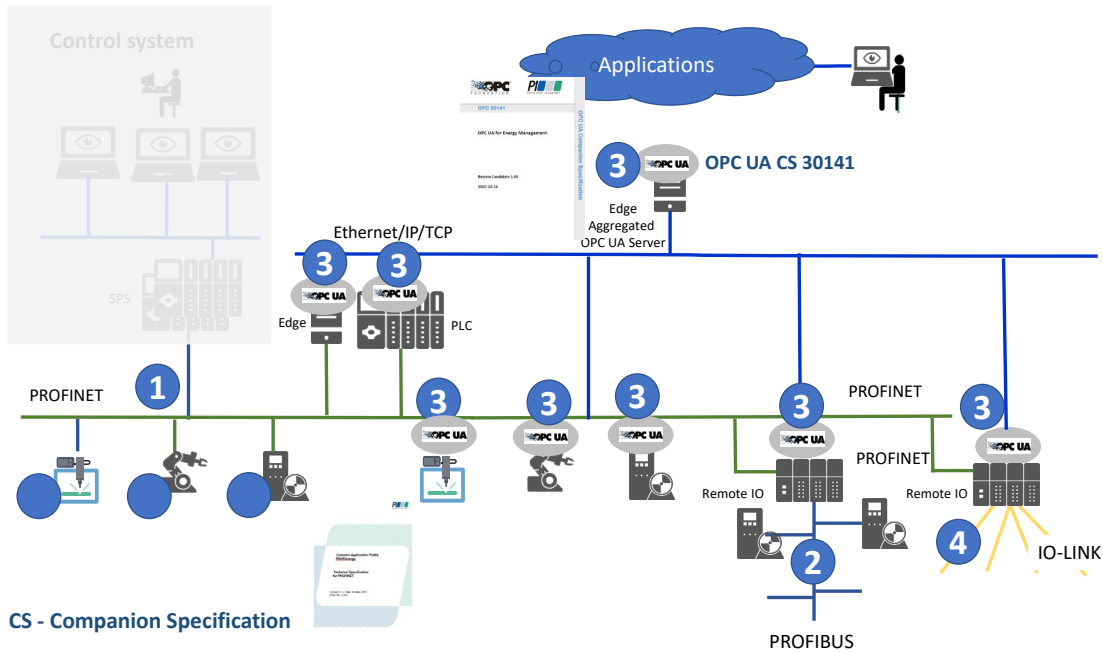


Abbildung 36: Typische Integrationsvarianten von PROFIenergy in das Kommunikationsnetzwerk

Ein beispielhafter Auszug aus dem PROFIenergy-Profil zeigt Abbildung 37. In einem Gerät können sich ein oder mehrere PROFIenergy-Instanzen befinden, die jeweils aus dem Standby-Management, den Messgrößen und zusätzlichen Merkmalen bestehen. Über die PROFIBUS- oder PROFINET-Schnittstelle kann auf die Profilparameter und Kommandos zugegriffen werden. Der OPC UA-Server übernimmt diese Festlegungen in der Companion Specification (OPC UA CS 30141), indem entsprechende Messwerte, die Elemente des Standby-Managements und die Merkmale modelliert sind (in Abbildung 37 nicht dargestellt).

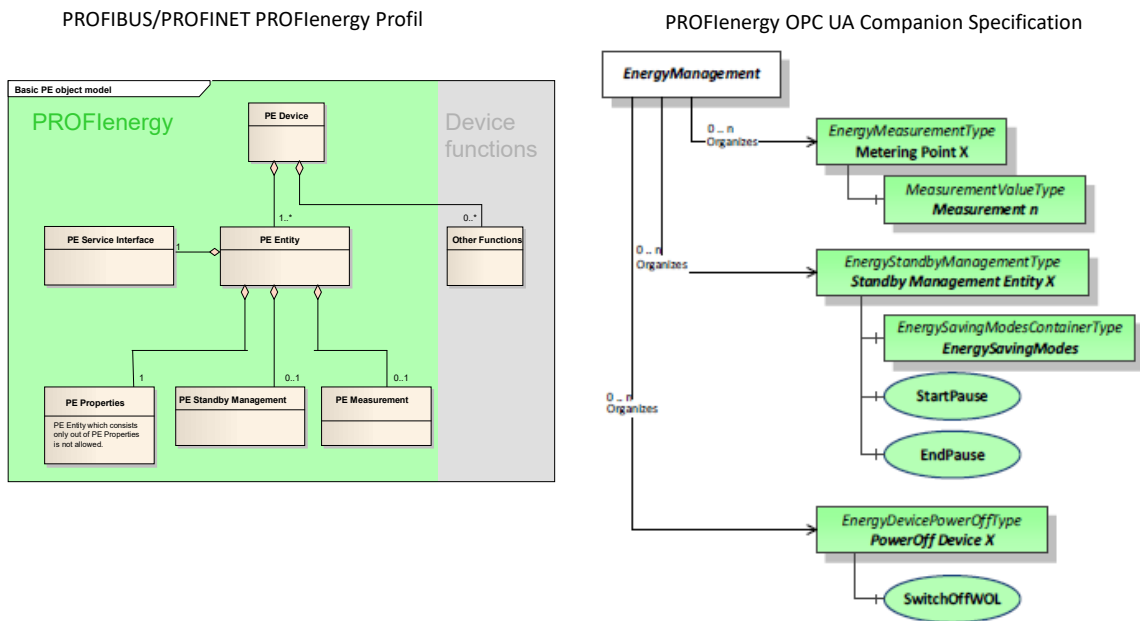


Abbildung 37: Basisstruktur des Profils und dessen Abbildung in der OPC UA Companion Specification

Das PROFIenergy-Profil stellt folgende Statusinformationen zur Verfügung:

- Zustand des Standby Managements
- aktueller Energiesparmodus

6.4.5 Einfache Smart Sensors – IO-Link-Sensoren

In der Fabrikautomation kommt eine große Vielzahl von unterschiedlichen Sensoren zum Einsatz. Aufgrund der eingebauten Mikrocontroller sind diese Sensoren in der Lage, nicht nur die Umrechnung der Messgrößen, sondern auch eine gewisse Vorverarbeitung zu leisten. Die meisten dieser Sensoren sind "schaltende Sensoren". Mit Hilfe eines individuellen Parametrierungs- oder Teachvorgangs („Teach-In“) erhalten die Sensoren Informationen über ihren „Schaltmodus“ und die Sollwerte. Außerdem bieten die Sensoren auch Diagnosefunktionen an. Dieser weit verbreitete Sensortyp wird „Smart Sensor“ genannt.

Der Zweck von IO-Link ist es, die Einschränkungen der klassischen Sensorschnittstellen DI, DO, AI und AO durch eine digitale Punkt-zu-Punkt-Kommunikation zu überwinden und zusätzlich zu den binären und/oder analogen Informationen Identifikations-, Parametrier- und Diagnosefunktionen anzubieten. Für diese Informationen werden in dem Smart Sensor-Profil vereinheitlichende Regeln und Festlegungen getroffen, dass das IO-Link Common Profile ergänzt.

Typische **Use Cases** sind:

- Übernahme der analogen und binären Sensorwerte in die Steuerung
- Parametrierung und Konfiguration der Sensoren durch eine entsprechende Arbeitsstation

IO-Link ist eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung, über die neben dem eigentlichen Messwert zusätzlich digitale Daten transportiert werden. IO-Link-Geräte werden entweder direkt in Module der SPS oder an einem IO-Link-Master bzw. einer Remote IO angeschlossen (Abbildung 38 – (4)). Das Smart Sensor-Profil wurde auch innerhalb der OPC UA Companion Specification (Abbildung 38 – (6)) definiert, die im IO-Link-Master, in der Remote IO oder in einem Edge-Device umgesetzt werden kann.

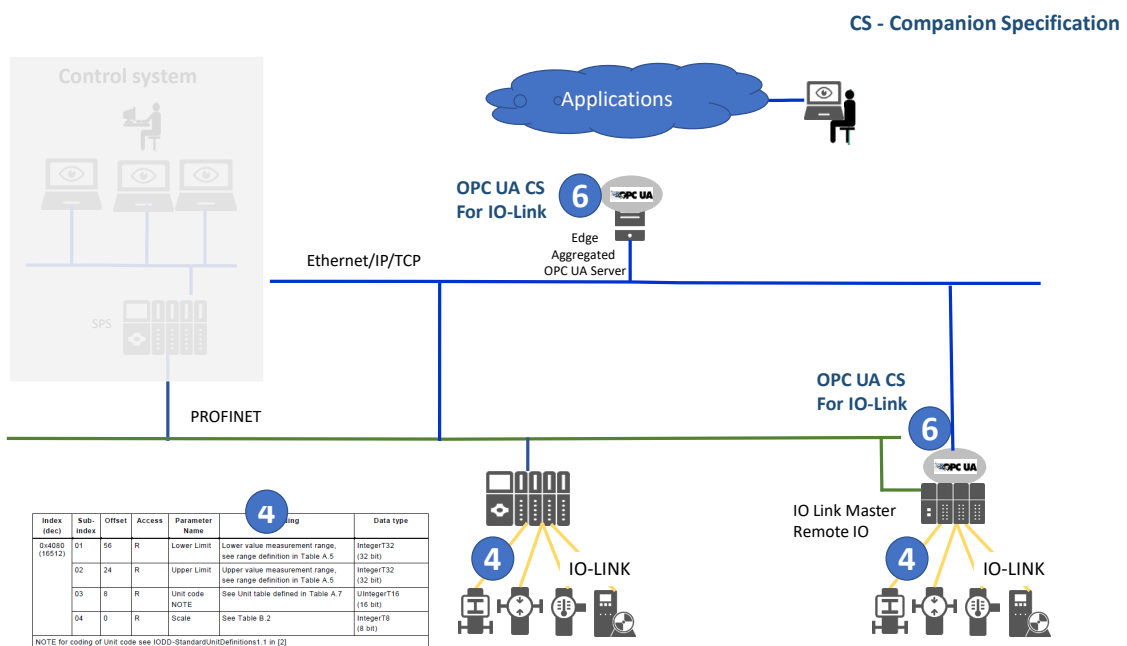


Abbildung 38: Typische Integrationsvarianten für IO-Link Smart Sensor

Das IO-Link Common Profile bietet Informationen zur Identifikation, zu binären und analogen Messdaten sowie Kommandos (Device Operation), zur Parametrierung und Konfiguration und zur Diagnose (DeviceStatus) an (Abbildung 39). Diese Informationen werden in der OPC UA Companion Specification als Objekte, Variablen und Methoden abgebildet. In Abbildung 39 wird nur ein kleiner Ausschnitt gezeigt.

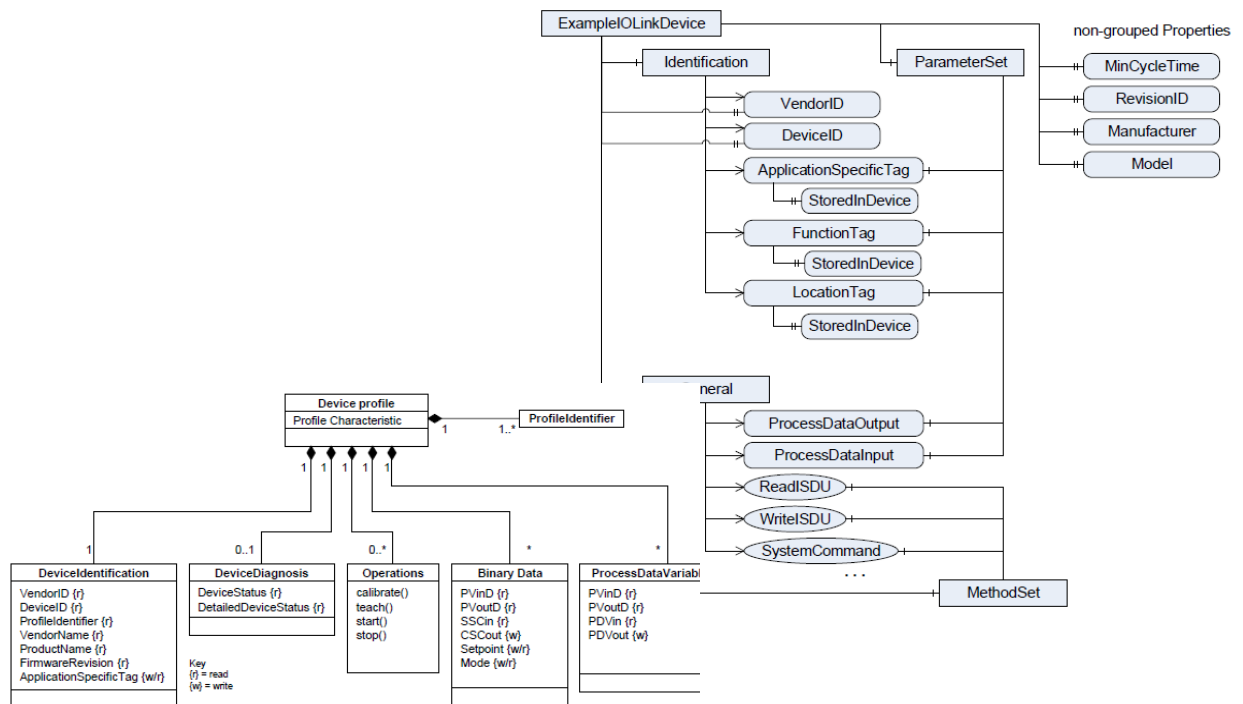


Abbildung 39: Basisstruktur des IO-Link Common Profiles und dessen Abbildung in der OPC UA Companion Specification

Das Smart Sensor Profil stellt folgende Status- und Diagnoseinformationen zur Verfügung:

- Device Status and Detailed Device Status
 - NORMAL, MAINTENANCE_REQUIRED, OFF_SPEC, CHECK_FUNCTION, FAILURE
- Herstellerspezifische Diagnosemeldungen, (werden in der IODD beschrieben)

6.4.6 Remote IO - IO for PA und IO for FA

Die Profile der Remote IO for PA und Remote IO for FA sind für die Kopplung dieser Geräte an die Steuerungen ausgelegt. Die Festlegungen zu den Daten beziehen sich vor allem auf die Syntax der Mess- und Stellsignale, welche zumeist Einheitssignale sind (Abbildung 40 – (1) und (2)). Zusätzlich sind die I&M-Objekte definiert sowie spezielle Diagnoseinformationen. Eine OPC UA Companion Specification für beide Geräte existiert zurzeit nicht.

Typischer **Use Case**:

- Übernahme und Setzen der analogen und binären Sensor- und Aktuatorwerte der an der Remote IO angeschlossenen Geräte von der Steuerung

CS - Companion Specification

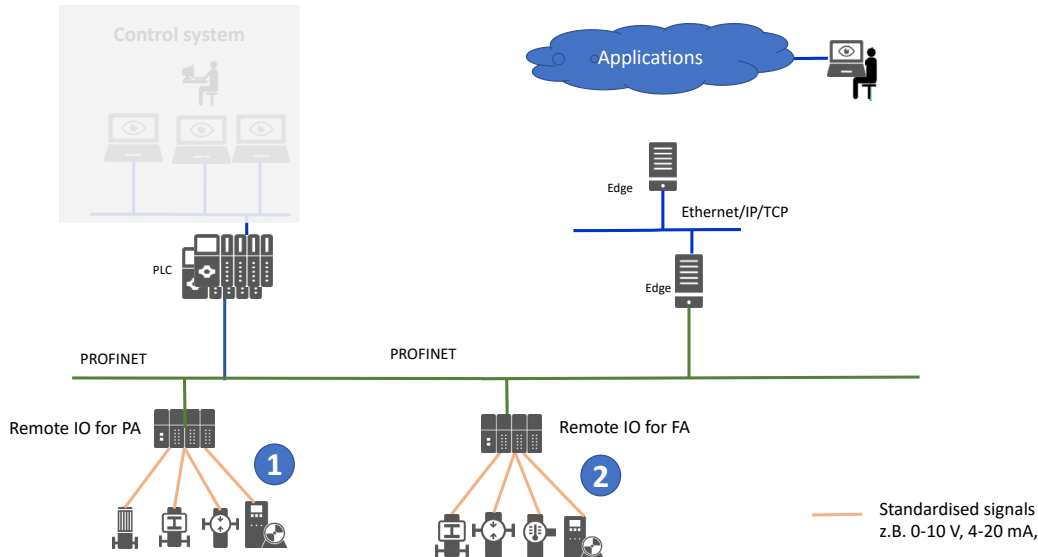
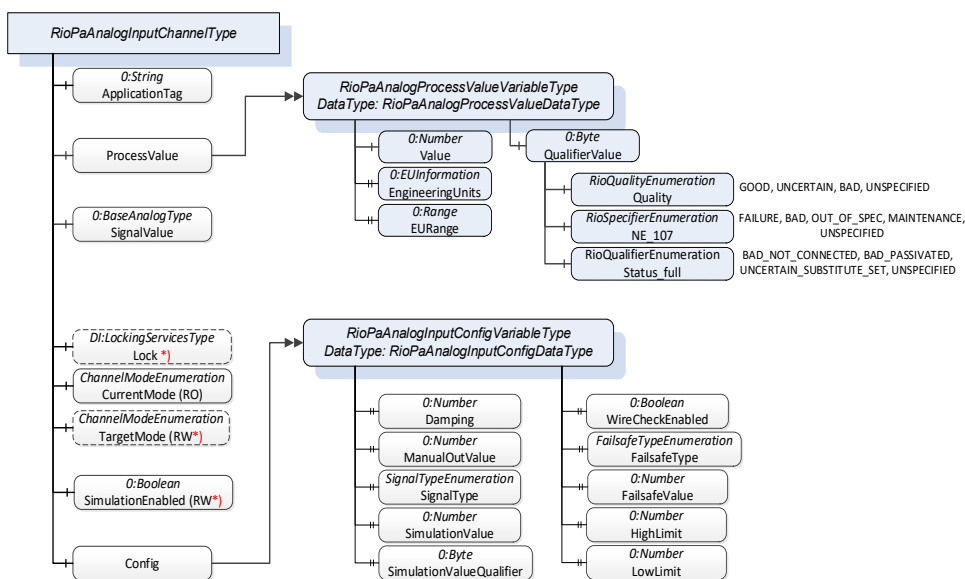


Abbildung 40: Einordnung der Remote IO for FA und PA

Das Remote IO-Profil stellt folgende Status- und Diagnoseinformationen zur Verfügung:

- Leitungsbruch
- Leitungskurzschluss
- Überspannung
- Übertemperatur

Für diese beiden Remote IO-Profile sind die entsprechenden OPC UA Companion Specifications bereits in Bearbeitung. Einen Überblick geben die Abbildung 41 und Abbildung 42.



*) For use case of controlling via OPC UA

Abbildung 41: RIO for PA Analoger Eingangskanal

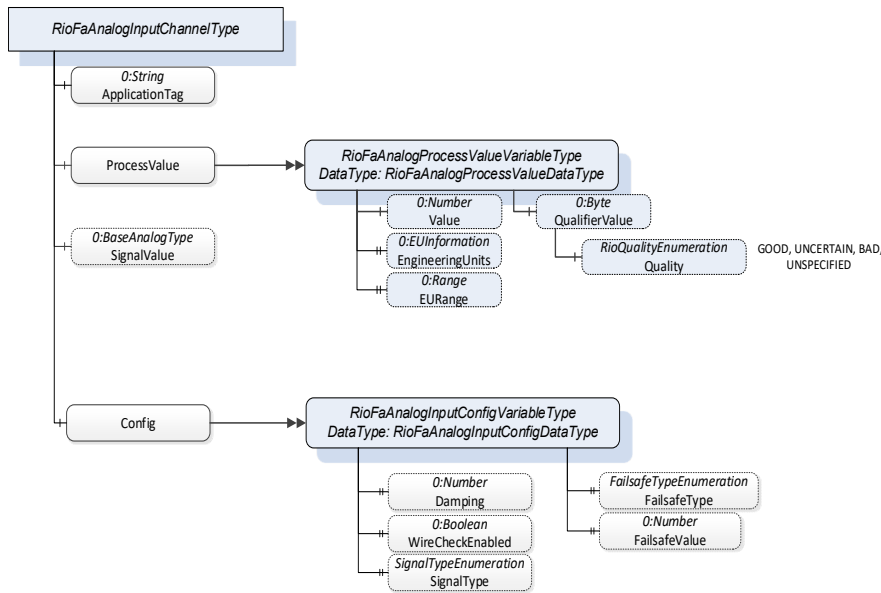


Abbildung 42: RIO for FA Analoger Eingangskanal

7 Nutzung der Facetten in der Systemsicht

Dem Anwender, der aus den Daten der Anlagen einen Mehrwert erlangen möchte, steht eine breite Palette von Daten zur Verfügung (Abbildung 43). Die Asset-Facette erlaubt die Identifikation der Automatisierungsgeräte und teilweise auch der Komponenten an dem die Geräte angebracht worden sind (Stichwort Typenschild), die PROFINET-Facette zeigt die Zugriffspfade im Gerät, die Netzwerk-Facette erlaubt die Ortung der Geräte in dem Kommunikationsnetzwerk (Stichwort Topologieerkennung) und die Functional Facette bietet sowohl die Mess- und Stellwerte der Anlagen als auch die benötigte Parametrierung der Geräte (Stichwort Gerätefunktionalität). Begleitet werden alle Facetten mit Diagnose- und Status-informationen, die sowohl etwas über den Gesundheitszustand der Anlagen als auch des Automatisierungs- und Kommunikationssystems aussagen.

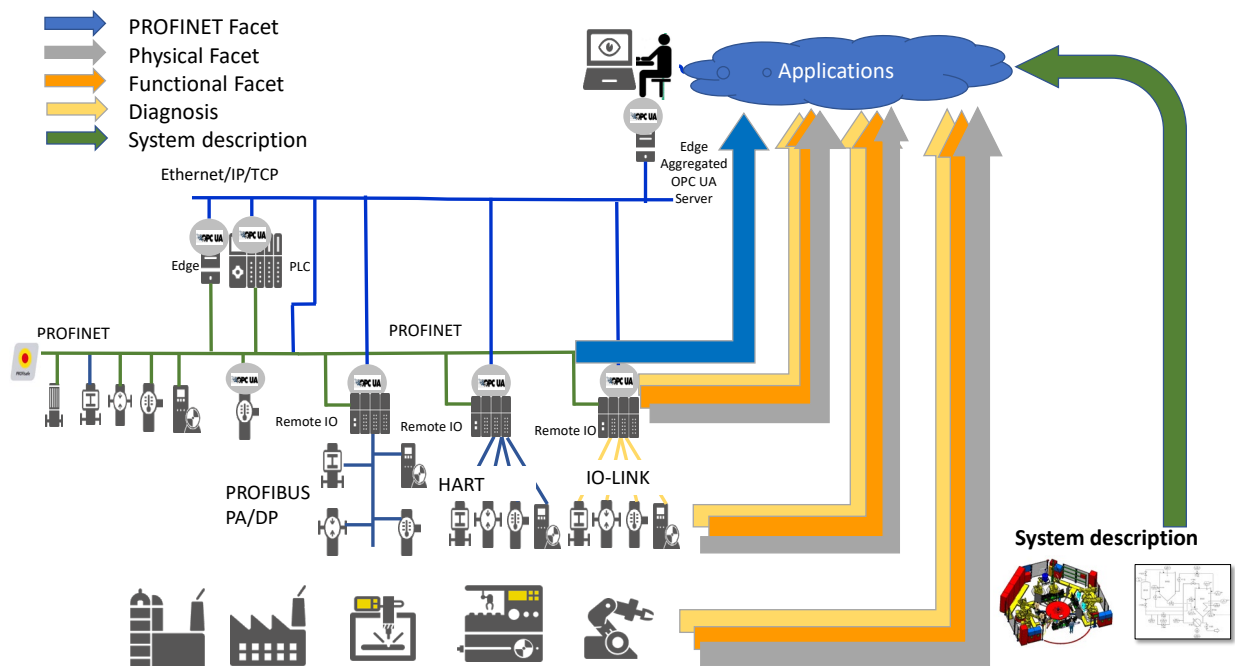


Abbildung 43: Use cases der Anwendungen verwenden die Daten der Facetten und der Systembeschreibungen

Die Aufgaben der Automatisierungsgeräte auch gleichen Typs sind unterschiedlich. So können Endlagengeräte Positionen anzeigen, dass etwas offen oder geschlossen, oben oder unten oder rechts oder links ist. Auch haben Messwerte, z.B. Druck oder Temperatur an verschiedenen Stellen der Anlage unterschiedliche Aussagen, weil sie sich auf einen Eingang, Ausgang oder das Innere eines Behälters beziehen.

Die Lokalisierung eines Automatisierungsgerätes innerhalb des Kommunikationsnetzes und die Mess- und Stellwerte müssen noch durch die Aufgabe der Geräte in der Anlage ergänzt werden. Letzteres leistet die Systembeschreibung, die z.B. in der Verfahrenstechnik in Form der R&I-Fließbilder oder in anderen Branchen mit AutomationML bereitgestellt wird. Der Entwurf und die Umsetzung der Use Cases der Anwendung muss also alle Informationen zusammenführen.

Für den Entwurf der Anwendungen müssen die Beziehungen zwischen den Elementen der unterschiedlichen Informationsmodelle eindeutig bekannt sein. Diese werden auf der Ebene der Informationsmodellrepräsentation, hier mittels des OPC UA-Informationsmodells definiert. Beispielhaft ist in Abbildung 44 solche Beziehungsdefinition dargestellt. Die vier vertikalen Teilmodelle repräsentieren jeweils eine andere Facette: von links

- die Komponenten-Hardware-Struktur³ – Ergibt sich aus den Systembeschreibungen
- die Einbindung der Geräte und Komponenten in das PROFINET-Netzwerk (z.B. Netzwerk-Interface und Port⁴) – Physikalische Facette, hier ist der Kommunikationscontroller des Gerätes gemeint
- die gerätetechnische Strukturierung aus Sicht von PROFINET in Module und Submodule – PROFINET Facette und
- die funktionale Strukturierung der Geräte – Functional Facette

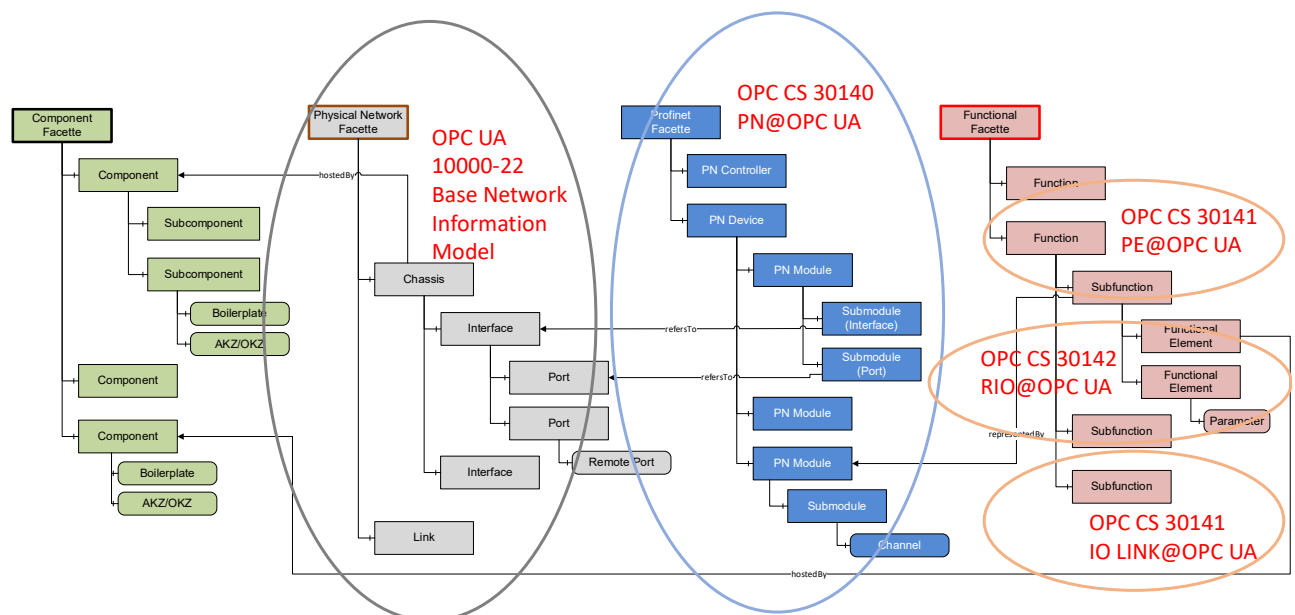


Abbildung 44: Zusammenhänge von Elementen der Informationsmodelle

Die einzelnen Funktionen sind innerhalb der Module und Submodule der Automatisierungsgeräte implementiert. Deshalb gibt es die Referenz „isRepresentedBy“ von der Teilfunktion (Subfunction) zu dem entsprechenden Submodul. Die Submodule haben jeweils eine Port-Adresse in dem Kommunikationscontroller des Gerätes, wodurch die Module und Submodule von der Anwendung adressierbar wird (Referenz „refersTo“). Der Kommunikationscontroller ist einem Gerät oder einer Komponente zugeordnet, welche durch die Referenz „hostedBy“ verbunden ist.

Auch diese Beziehungstypen („refersTo“, „hostedBy“, ...) müssen standardisiert bereitgestellt werden, damit die Anwendungen diese maschinell auslesen können. Diese Standardisierung wird im Rahmen der Harmonisierungsaktivitäten der OPC Foundation zurzeit durchgeführt. Diese

³ Die Komponentensicht befindet sich zurzeit noch in der Spezifikation in der OPC Foundation

⁴ Die strukturelle Einbindung der Interfaces in die Geräte ist in der 1. Version von OPC UA 10000-22 noch nicht enthalten, d.h. die Zuordnung des Interfaces zum Chassis ist nur vorläufig.

Beziehungen werden durch einen eigenständigen Konfigurationsschritt, der die verschiedenen OPC UA-Server in einer Anlage zusammenführt, in diese OPC UA-Sever eingebracht. Liegen interpretierbare Systembeschreibungen vor, z.B. R&I-Fließbilder nach IEC 62424 oder andere Beschreibungen, so kann dieser Arbeitsschritt durch Softwarewerkzeuge unterstützt werden.

Sind der Anwendung die gewünschte Funktion oder Teilfunktion bzw. auch die unterlagerten Parameter oder Kommandos bekannt, so können alle benötigten Informationen über diese Referenzen erkundet werden. Die aufwendige Suche nach diesen Konfigurationsdetails, die zum Zugriff auf den Signalpfad unbedingt benötigt werden, können aus dem Informationsmodell von der Anwendung ausgelesen werden.

Abbildung 45 stellt ergänzend zu Abbildung 44 die Beziehung der Elemente der PA-DIM Companion Specification mit einem Dictionary dar. Diese Companion Specification ist zurzeit die Einzige, die ihre Elemente bereits in einem Dictionary eingebracht hat.

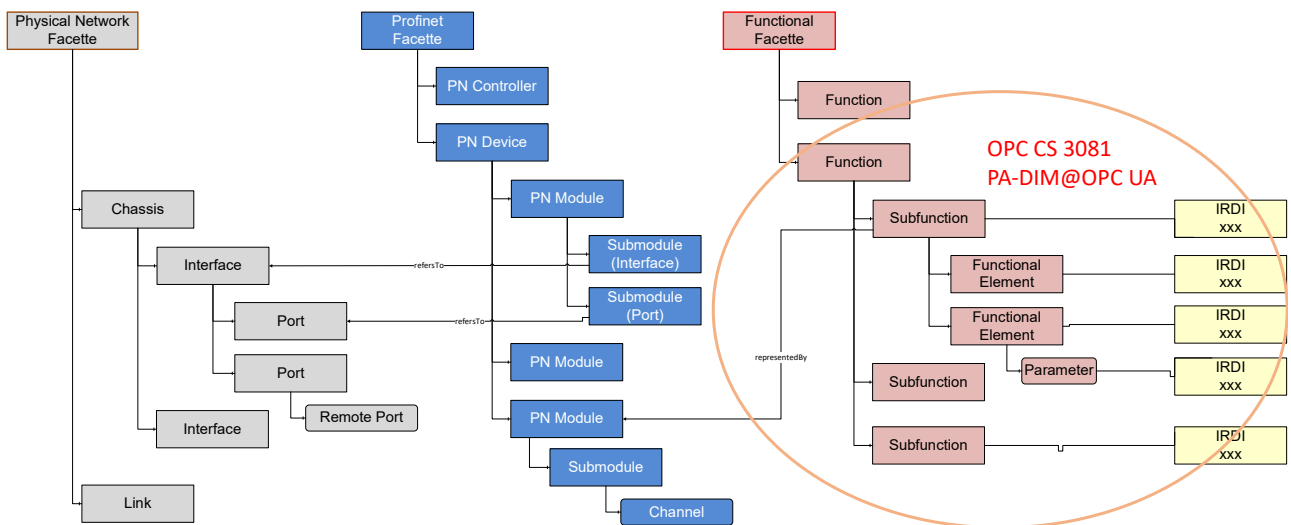


Abbildung 45: Merkmalsintegration mit IRDI im PA-DIM-Informationsmodell

8 Nächste Schritte

Das Grundgerüst bestehend aus dem Konzept und einigen Informationsmodellen in OPC UA ist vorhanden. Schrittweise werden weitere Feldgerätefunktionalitäten in OPC UA Companion Specification überführt. Dies gilt auch für Netzwerkkomponenten und die kommunikationsbezogenen Teile der Automatisierungsgeräte, um so die gesamten Kommunikationspfade für den Datentransport abzudecken. Ziel ist es, alle Profile und Komponenten aller in PI vereinten Technologien in OPC UA-basierte Companion Specification einzubetten. Die nächsten Schritte sind insbesondere:

- Überführung der PROFIdrive- und Encoder-Profile in OPC UA Companion Specification.
- Mitarbeit an den Harmonisierungsarbeiten der OPC Foundation, um die Systembeschreibungen zu integrieren und die Beziehungstypen zwischen den einzelnen Facetten und Systembeschreibungen zu standardisieren.
- Einbringen der Elemente der PI-bezogenen Companion Specifications in Dictionaries z.B. ECLASS und IEC CDD.
- Einbeziehen der OPC UA-basierten Controller-Controller-Kommunikation (Datenaustausch zwischen den Steuerungen) in den PI-Technologiekanon.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Die klassische Kommunikationslandschaft besteht aus dem zyklischen Datenaustausch zwischen den Steuerungen und Feldgeräten sowie dem Datenaustausch zur Parametrierung, Überwachung und Diagnose der Feldgeräte. Diese wird um einen zusätzlichen Kommunikationspfad für das datengetriebene „Advanced Asset Management“ und „Data Analytics“ ergänzt. Diese Erweiterung wird auch als vertikale Kommunikation bezeichnet. Diese vertikale Kommunikation erfordert einen zusätzlichen Zugangspunkt zu den Geräten und eine maschinen-lesbare Beschreibung der Daten. PI hat OPC UA als die dafür geeignete Technologie ausgewählt. Der Schutz des Zugriffs auf die Daten und Informationsmodelle werden durch die Security-Mechanismen von OPC UA- oder PROFINET-Security übernommen.

Advanced Asset Management und Data Analytics betrachten verschiedene Aspekte der Maschinen, Komponenten und Anlagen von denen hier die Automatisierungsgeräte und die Kommunikation im Fokus stehen. PI betrachtet dabei die Daten aus der physischen, funktionalen und netzwerkorientierten Sicht auf die Geräte, die als Physical Facette, Functional Facette und PROFINET-Facette bezeichnet werden. In allen Facetten sind die entsprechenden Diagnosedaten eingebettet. Diese Facetten werden durch Informationsmodelle/Companion Specification der OPC Foundation wie z.B. „Physical Network Facet“ ergänzt.

Alle Daten werden um ihre Beschreibungen (sogenannten Metadaten z.B. Datentyp, Maßeinheit) ergänzt und so zu den facetten-spezifischen Informationsmodellen. Dabei kann auf die bei PROFIBUS, PROFINET und IO-Link vorhandenen Profile zurückgegriffen werden, die bereits in den dafür typischen „PDF“-Dokumenten die Informationen hinterlegt haben. Diese Profile, sowie auch informationsorientierte Teile der PROFINET-Spezifikation, werden in OPC UA Companion Specifications überführt und bilden somit den Zugangspunkt für die vertikale Kommunikation. Hervorzuheben ist hier, dass die Variablen und Parameter schrittweise Referenzen auf Dictionaries (z.B. ECLASS) erhalten, in denen die Beschreibungen technologieunabhängig, d.h. also gültig auch außerhalb der PI-Technologien, hinterlegt sind. Bei Kenntnis dieser Referenzen können Anwendungen Daten aus verschiedenen Datenquellen verarbeiten ohne die spezifischen Besonderheiten der einzelnen Kommunikationssysteme zu beachten.

Die Maschinen und Anlagen haben mehrere Facetten, die in unterschiedlichen OPC UA-Informationsmodellen enthalten sind. Für die Lösungen übergeordneter Anwendungen, wie Advanced Asset Management und Data Analytics, entsteht aus den verschiedenen Facetten, wie beim Facettenauge, ein gesamtes Bild. Dazu müssen die einzelnen Facetten in geeigneter Form verbunden werden. Dafür werden Beziehungen zwischen den Informationsmodelle mit in die Definitionen der OPC UA-Informationsmodelle aufgenommen. Eine Anwendung kann diese Beziehungen automatisch auflösen und so auch mit weiteren Informationsmodellen (z.B. R&I-Fließbild) ein konsistentes Abbild anbieten.

Industrie 4.0 greift die Möglichkeiten der Digitalisierung auf und schafft vor allem durch die vertikale Kommunikation neue wertschöpfende Anwendungen. Die Informationsmodelle sind dafür ein wesentlicher Baustein. PI konzentriert sich zurzeit auf die Modellierung mittels OPC UA und ECLASS. Diese Arbeiten fokussieren auf den operativen Betrieb. Die Industrie 4.0-Konzepte sehen ausdrücklich den gesamten Lebenszyklus der Geräte, Komponenten, Maschinen und Anlagen von der Planung über die Inbetriebnahme bis zum operativen Betrieb und der Instandhaltung vor. Dieser sehr weite Betrachtungsraum erfordert es neben OPC UA als technologische Basis der Umsetzung der Informationsmodelle, auch andere Umsetzungsmöglichkeiten wie z.B. in Dateien, mittels HTTP/Rest- oder MQTT-Schnittstellen mit einem Informationsmodell zu ermöglichen. Nutzungsbeispiele sind das maschinelle Auslesen von Produktinformationen aus Katalogen, Handbüchern und technischen Spezifikationen, die Interaktion zwischen Hersteller-Repositories und Planungswerkzeugen oder Engineering- oder Logistiksystemen und Instandhaltungswerkzeugen. Hierfür sind Digitale Zwillinge als eines der zentralen Konzepte von Industrie 4.0 vorgesehen. Die Verwaltungsschale ist die sich in der Standardisierung befindliche Lösung der Plattform Industrie 4.0, die durch die „Industrial Digital Twin Association – IDTA“ am Markt eingeführt und begleitet wird. PI gehört zu den Gründungsmitgliedern dieser Organisation. Durch die in diesem White Paper beschriebene Vielzahl an Aktivitäten verfolgt PI konsequent den Weg zur vertikalen Kommunikation und ist damit im Sinne der Anwender für die Zukunft bestens gerüstet.

10 Abkürzungen und Glossar

10.1 Abkürzungen

AI	Analogue Input
AO	Analogue Output
AR	Application Relationship
C2C	Controller to controller communication
CDD	Common Data Dictionary
CS	Companion Specification
DI	Digital Input
DO	Digital Output
ECLASS	Datenstandard für die Klassifizierung von Produkten und Dienstleistungen mit Hilfe von standardisierten ISO-konformen Merkmalen
FA	Factory Automation
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
I&M	Identification and Maintenance
ID	Identifcation
IDTA	Industrial Digital Twin Assiciation
IEC	International Electrotechnical Commission
IO	Input Output
IODD	Input Output Device Description
IP	Internet Protocol
ISO	Internationale Organisation für Normung
ISO	International Organization for Standardization
JSON	JavaScript Object Notation
KPI	Key Performance Indicator
LLDP	Link Layer Discovery Protocol
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture

OSI	Open Systems Interconnection
PA	Process Automation
PA-DIM	Process Automation – Device Information Model
PB	PROFIBUS
PI	PROFIBUS&PROFINET International
PLC	Programmable Logic Controller
PN	PROFINET
PNO	PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
PV	Process Value
RDF	Resource Description Format
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
TCP	Transmission Control Protocol
XML	Extensible Markup Language

10.2 Glossar

Asset	Entität, die einen wahrgenommenen oder tatsächlichen Wert für eine Organisation hat und der Organisation gehört oder von ihr individuell verwaltet wird.
AutomationML	AutomationML ist eine umfassende XML-basierte objektorientierte Datenmodellierungssprache. Es ermöglicht die Modellierung, Speicherung und den Austausch von Engineering-Modellen, die eine Vielzahl relevanter Aspekte des Engineerings abdecken.
Daten	durch Beobachtungen, Messungen, statistische Erhebungen u. a. gewonnene (Zahlen)werte Anmerkung 1: Plural von Datum Anmerkung 2: Daten sind in digitaler Form codierte Informationen Daten bezeichnet als Plural von Datum Fakten, Zeitpunkte oder kalendarische Zeitangaben und als Pluralwort gemeinsprachlich die durch Beobachtungen, Messungen u. ä. gewonnenen Zahlenwerte und darauf beruhenden Angaben oder formulierbaren Befunde. Gebilde aus Zeichen oder kontinuierliche Funktionen, die aufgrund bekannter oder unterstellter Abmachungen Informationen darstellen, vorrangig zum Zweck der Verarbeitung und als deren Ergebnis.
Datentyp	Zusammenfassung von Daten, auf die die gleichen Operationen ausgeführt werden können.

	<p>Anmerkung: auf Gleitkommawerten können die mathematischen Operationen +, -, * und / ausgeführt werden.</p> <p>Formal bezeichnet ein Datentyp (vom englischen data type) oder eine Datenart in der Informatik die Zusammenfassung von Objektmengen mit den darauf definierten Operationen. Dabei werden durch den Datentyp des Datensatzes unter Verwendung einer sogenannten Signatur ausschließlich die Namen dieser Objekt- und Operationsmengen spezifiziert. Ein so spezifizierter Datentyp besitzt noch keine Semantik.</p> <p>Die weitaus häufiger verwendete, aber speziellere Bedeutung des Begriffs Datentyp stammt aus dem Umfeld der Programmiersprachen und bezeichnet die Zusammenfassung konkreter Wertebereiche und darauf definierter Operationen zu einer Einheit. Beispiele können Ganz- oder Kommazahlen, Zeichenketten oder auch komplexere Typen wie Datum/Zeit oder Objekte sein. Zur Unterscheidung wird für diese Datentypen in der Literatur auch der Begriff Konkreter Datentyp verwendet. Für eine Diskussion, wie Programmiersprachen mit Datentypen umgehen, siehe Typisierung.</p>
Datum	Einzahl von Daten
Dictionary	<p>Zu Deutsch Wörterbuch.</p> <p>Ein Wörterbuch ist ein Nachschlagewerk, das Wörter oder andere sprachliche Einheiten in einer meist alphabetisch sortierten Liste verzeichnet und jedem Eintrag (Lemma) erklärende Informationen oder sprachliche Äquivalente zuordnet.</p> <p>Ein Wörterbuch im engeren Sinn dient zum Nachschlagen sprachlicher Information, während der Ausdruck in der weiteren Bedeutung auch andere nach Stichwörtern gegliederte Nachschlagewerke mit primär sachbezogener Information sowie Mischformen beider Typen umfasst.</p>
ECLASS	ECLASS (alte Schreibweise eCl@ss) ist ein Datenstandard für die Klassifizierung von Produkten und Dienstleistungen mit Hilfe von standardisierten ISO-konformen Merkmalen. Der ECLASS-Standard ermöglicht den digitalen Austausch von Produktstammdaten über Branchen, Länder, Sprachen oder Organisationen hinweg. Insbesondere in ERP-Systemen ist die Nutzung als standardisierte Grundlage für eine Warengruppenstruktur oder mit produktbeschreibenden Merkmalen von Stammdaten weit verbreitet.
Eigenschaft	<p>Eigenschaft bezeichnet etwas, was einem Betrachtungsgegenstand zugeordnet wird</p> <p>Anmerkung 1: Betrachtungsgegenstände können dingliche Sachen sein, z.B. ein Gerät oder auch konzeptionellen Sachen, z.B. einem Objekt, einer Beziehung oder einem Ereignis</p> <p>Anmerkung 2: Eigenschaft und Merkmal werden oft als synonym verwendet, jedoch die Eigenschaftsaussagen bleiben oft unscharf, im Gegensatz zur einem Merkmal, das eindeutiger bestimmt ist</p>
Encoder	<p>Ein Kodierer, auch Encoder (englisch) genannt, ist ein technisches Element. Dabei kann der Begriff sowohl in der Nachrichtentechnik als auch in der Antriebstechnik auftauchen und verschiedene Bedeutungen haben.</p> <p>Man versteht in der Nachrichtentechnik unter einem Kodierer (englisch Encoder) in der Regel den ersten Umsetzer, Konverter oder Wandler für digitale oder analoge Signale. Er bildet mit möglichen weiteren Umsetzern</p>

	<p>bzw. einer Dekodiereinheit, auch Dekodierer (englisch Decoder) genannt, eine logische Einheit bzw. eine Funktionskette.</p> <p>Kodierer zur Signalbildung aus Bewegungen arbeiten optisch, magnetisch oder mechanisch mit Kontakten. Es sind Messwertgeber oder Eingabebege- räte, welche die aktuelle Position einer Welle oder einer Antriebseinheit erkennen und als elektrisches Signal ausgeben. Es werden zwei Arten von Kodierern unterschieden: Rotatorische und lineare Kodierer. Rotatorische Geber bzw. Drehgeber werden an rotierenden Bauteilen montiert, zum Beispiel auf einer Motorwelle. Lineare Kodierer werden typischerweise an Bauteile mit geraden Bewegungen montiert.</p>
Energiemanagement	<p>Energiemanagement ist die Kombination aller Maßnahmen, die bei einer geforderten Leistung einen minimalen Energieeinsatz sicherstellen. Es bezieht sich auf Strukturen, Prozesse und Systeme sowie auf menschliche Verhaltensweisen und -änderungen.</p>
Facette	<p>Eine Facette ist ein Informationsmodell, das Aspekte von Automatisierungsgeräten oder der Kommunikationsarchitektur von PI Technologien beschreibt, d.h. ein aus einer Teilsicht auf ein Automatisierungsgerät oder ein PI-Netzwerk zugeschnittenes Informationsmodell</p> <p>Anmerkung 1: allgemein beschreibt eine Facette einen Teilaspekt; im übertragenen Sinne eines der vielen „Gesichter“ einer Person, Sache oder Gegenstandes – hier ein spezialisiertes Informationsmodell</p> <p>Anmerkung 2: OPC UA verwendet den Begriff „Facet“ um Teilaspekte der OPC UA Server und Client Implementierung zu benennen. Dies dient vor Allem für die Auswahl der Testcases. Diese "Facets" sind hier nicht gemeint.</p>
Facettenmodell	<p>Für vielfältige Use Cases aus Facetten kombinierbares Informationsmodell</p>
Funktion	<p>Mathematik: eine Funktion ist eine Beziehung (Relation) zwischen zwei Mengen, die jedem Element der einen Menge x (Funktionsargument, unabhängige Variable) genau ein Element der anderen Menge y (Funktionswert, abhängige Variable y-Wert) zuordnet.</p> <p>Informatik: Programmkonstrukt, der Übergabevariablen hat und einen Rückgabewert bereitstellt</p> <p>Eine Funktion (englisch function) ist in der Informatik und in verschiedenen höheren Programmiersprachen die Bezeichnung eines Programmkonstrukts, mit dem der Programm-Quellcode strukturiert werden kann, so dass Teile der Funktionalität des Programms wiederverwendbar sind.</p> <p>Mathematik: Eine Funktion dient der Beschreibung von Zusammenhängen zwischen mehreren verschiedenen Faktoren.</p>
Industrie 4.0	<p>Industrie 4.0 ist die Bezeichnung für ein Projekt zur umfassenden Digitalisierung der industriellen Produktion, um sie für die Zukunft besser zu rüsten. Der Begriff geht zurück auf die Forschungsunion der deutschen Bundesregierung und ein gleichnamiges Projekt in der Hightech-Strategie der Bundesregierung; zudem bezeichnet er eine Forschungsplattform. Die industrielle Produktion soll mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik verzahnt werden. Technische Grundlage hierfür sind intelligente und digital vernetzte Systeme. Mit ihrer Hilfe soll weitestgehend selbstorganisierte Produktion möglich werden: Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte kommunizieren und kooperieren in der Industrie 4.0 direkt miteinander. Durch die Vernetzung soll es möglich</p>

	<p>werden, nicht mehr nur einen Produktionsschritt, sondern eine ganze Wertschöpfungskette zu optimieren. Das Netz soll zudem alle Phasen des Lebenszyklus des Produktes einschließen – von der Idee eines Produkts über die Entwicklung, Fertigung, Nutzung und Wartung bis zum Recycling.</p>
Information	<p>Unterrichtung über eine bestimmte Sache</p> <p>Anmerkung: diese Unterrichtung wird von mindestens einem Sender zu mindestens einem Empfänger vorgenommen</p> <p>Information ist in der Informationstheorie das Wissen, das ein Absender einem Empfänger über einen Informationskanal vermittelt. Die Information kann dabei die Form von Signalen oder Code annehmen. Der Informationskanal ist in vielen Fällen ein Medium. Beim Empfänger führt die Information zu einem Zuwachs an Wissen.</p> <p>Information kann bewusst als Nachricht oder Botschaft von einem Sender an einen Empfänger übermittelt oder auch unbewusst transportiert werden und durch die Wahrnehmung von Form und Eigenschaft eines Objektes auffallen. Information erhält ihren Wert durch die Interpretation des Gesamtgeschehens auf verschiedenen Ebenen durch den Empfänger der Information. Sender oder Empfänger können nicht nur Personen/Menschen, sondern auch (höherentwickelte) Tiere oder künstliche Systeme (wie Maschinen oder Computer/Computerprogramme) sein.</p>
Informationsmodell	<p>Satz von Datenobjekttypen mit ihren Attributen sowie deren Abhängigkeit und Beziehungen untereinander. Die Datenobjekttypen beschreiben Objekte, die in der gewünschten Anwendung betrachtet werden sollen</p> <p>Ein Informationsmodell ist in der Informationstechnik eine abstrakte Abbildung von Objekten mit ihren Eigenschaften und Beziehungen. Das Informationsmodell ergänzt das Datenmodell um Kontextangaben, die es einer Person erlauben, Daten einheitlich zu interpretieren und zu nutzen. Es liefert die Strukturen, die das von einer Person oder einer Gruppe von Personen in einer konkreten Situation benötigte Wissen explizit sichtbar machen. Im alltäglichen Sprachgebrauch wird oftmals keine klare Unterscheidung zwischen Informations- und Datenmodell vorgenommen und die Begriffe synonym verwendet.</p>
Lebenszyklus	<p>Periodischer Ablauf der Existenz von etwas. Im Kontext der Automatisierung oft gebraucht im Zusammenhang mit einer Automatisierungsanlage oder dem Produkt.</p>
Merkmal	<p>Merkmal ist eine qualitativ oder quantitativ eindeutig bestimmbare Eigenschaft.</p> <p>Anmerkungen: der Begriff Merkmal wird im industriellen Umfeld oft für Produktmerkmale verwendet, die etwas über die Einsatzfähigkeit der Produkte aussagen</p>
Profil	<p>Vereinbarung/Übereinkunft zur anwendungsfall-spezifischen Nutzung von Optionen einer Spezifikation.</p> <p>Anmerkung: Im Bereich der industriellen Kommunikation wird der Begriff verwendet, um verbindliche Regeln für die Abbildung von Anwendungsfunktionen und Variablen auf die Möglichkeiten von spezifischen Kommunikationssystemen zu vereinbaren.</p> <p>charakteristisches Erscheinungsbild</p> <p>Gesamtheit ausgeprägter Eigenschaften</p>

Protokoll	<p>In der Informatik und in der Telekommunikation ist ein Kommunikationsprotokoll eine Vereinbarung, nach der die Datenübertragung zwischen zwei oder mehreren Parteien abläuft. In seiner einfachsten Form kann ein Protokoll definiert werden als eine Menge von Regeln, die Syntax, Semantik und Synchronisation der Kommunikation bestimmen. Protokolle können durch Hardware, Software oder eine Kombination von beiden implementiert werden. Auf der untersten Ebene definiert ein Protokoll das Verhalten der Verbindungs-Hardware.</p> <p>Handelt es sich um die Kommunikation in einem Rechnernetz, so spricht man von einem Netzwerkprotokoll.</p>
Semantik	<p>Beziehung zwischen Wörtern und ihrer Bedeutung</p> <p>Semantik, auch Bedeutungslehre, nennt man die Theorie oder Wissenschaft von der Bedeutung der Zeichen. Zeichen können hierbei beliebige Symbole sein, insbesondere aber auch Sätze, Satzteile, Wörter oder Wortteile.</p> <p>Soweit sich die Semantik mit Zeichen aller Art befasst, ist sie ein Teilbereich der Semiotik. Sofern sie sich allein mit sprachlichen Zeichen befasst, ist sie eine Teildisziplin der Linguistik.</p>
Sicht	<p>Unter einer Sicht auf ein System versteht man eine nutzerbezogene Zusammenstellung von Elementen des Systems mit jeweils einer Auswahl von deren Eigenschaften.</p>
Use Case	<p>Ein Use Case beschreibt die von außen sichtbaren Interaktionen von Akteuren mit dem zu betrachtenden System.</p> <p>Anmerkung: Ein Use Case beschreibt nicht, in welcher Reihenfolge die Interaktionen durchzuführen sind.</p>

11 Literaturverzeichnis

- [ECLASS] Referenz-Datenstandard für die Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen. <https://www.eclass.eu/>
- [IECCDD] International Electrotechnical Commission. Common Data Dictionary. <https://cdd.iec.ch/cdd/iec61360/iec61360.nsf/TreeFrameset?OpenFrameSet>
- [PN1158-5] INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELD BUS SPECIFICATIONS – Part 5–10: Application layer service definition – Type 10 elements, IEC CDV 61158-5-10 © IEC:2018
- [OPC2018] IO-Link Community and OPC Foundation: “OPC Unified Architecture for IO-Link”, Release 1.00, 2018-12-01
- [OPC2019] OPC Foundation: OPC 30081, “OPC UA for Process Automation Devices - PA-DIM”, Release 1.00, 2019-11-01
- [OPC2020] OPC Foundation: OPC 30140, “OPC UA for PROFINET- Companion Specification”, Release 1.00, 2020-01-20
- [PNO2020] OPC UA PROFINET-Mapping Requirement, Realization, Dr. Andreas Uhl/Project Group OPC UA, PNO - Industrie 4.0 Workshop Sept 2020
- [PNOECL] PNO, Semantics for PI Application Profiles, White Paper, Cooperation PI and ECLASS, Version 1.0, März 2021. Order No.: 3.912
- [VDMA2017] Industrie 4.0 Kommunikation mit OPC UA Leitfadens zur Einführung in den Mittelstand, VDMA, ISBN 978-3-8163-0709-9, industrie40.vdma.org, 2017

© Copyright by:

PROFIBUS Nutzerorganisation e. V. (PNO)
PROFIBUS & PROFINET International (PI)
Haid-und-Neu-Str. 7 • 76131 Karlsruhe • Germany
Phone +49 721 986 197 0 • Fax +49 721 986 197 11
E-mail info@profibus.com
www.profibus.com • www.profinet.com