

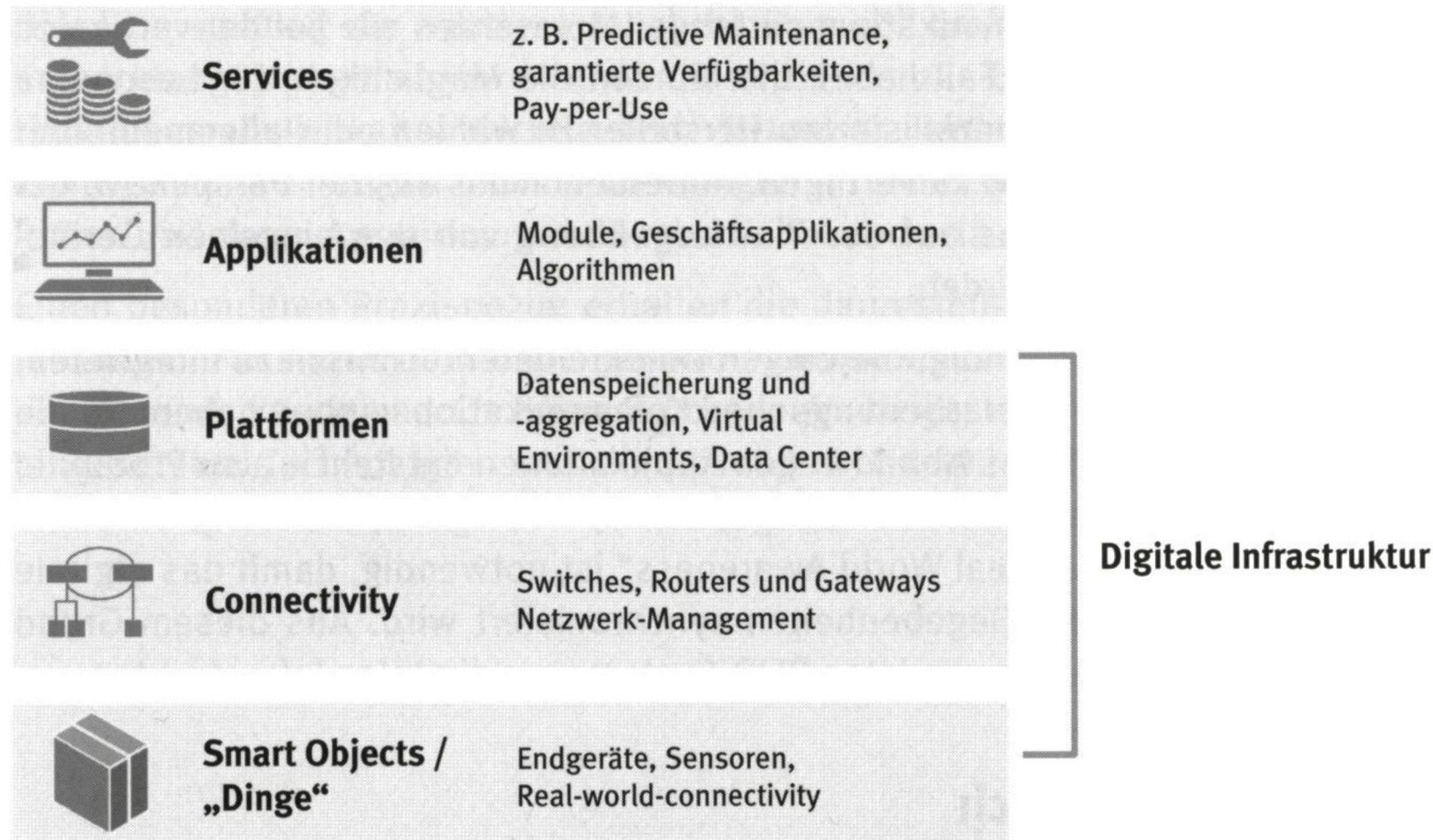


# Software für Industrie 4.0 (Vorlesung & Übung)

I4.0-Kommunikation I: Überblick & OPC UA



# Digitale Infrastruktur in der Fabrik von morgen



Quelle: [Weinländer 2017]

- **Offene Standards**

- Zusammenspiel von hochvernetzten, heterogenen Komponenten
- Firmenübergreifende Vernetzung und Integration

- **Informationen statt Daten**

- Zunehmende Flexibilisierung
- Situativ selbst steuernde, sich selbst konfigurierende Produktionsressourcen

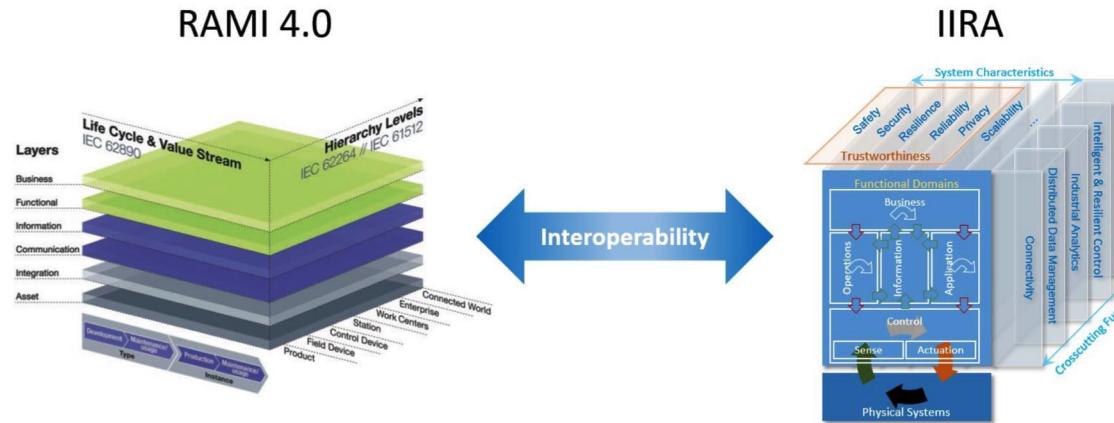
- **Security by Design**

- IT-Sicherheit als zentrale Anforderung an die Automatisierung
- Weiter steigende Bedeutung durch zunehmende Vernetzung und Cloud Computing

- **Echtzeitfähige Systeme**

- Garantierte Latenzzeiten
- Verarbeitung von Sensordaten ohne Zeitverzögerung

# RAMI 4.0 vs. IIRA



PLATTFORM  
**INDUSTRIE 4.0**

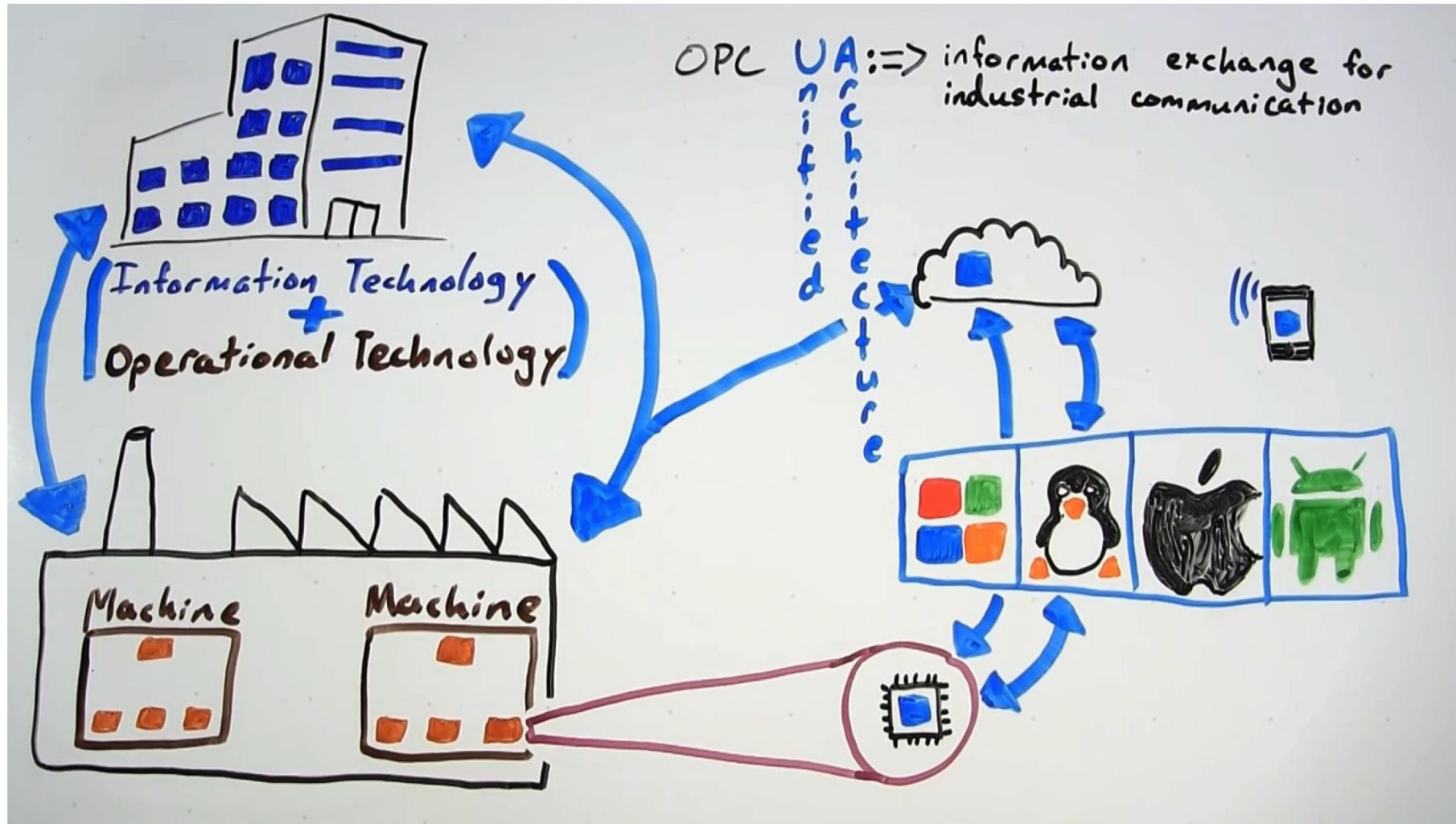
 **OPC UA**



Einführung

# OPC UNIFIED ARCHITECTURE (UA)

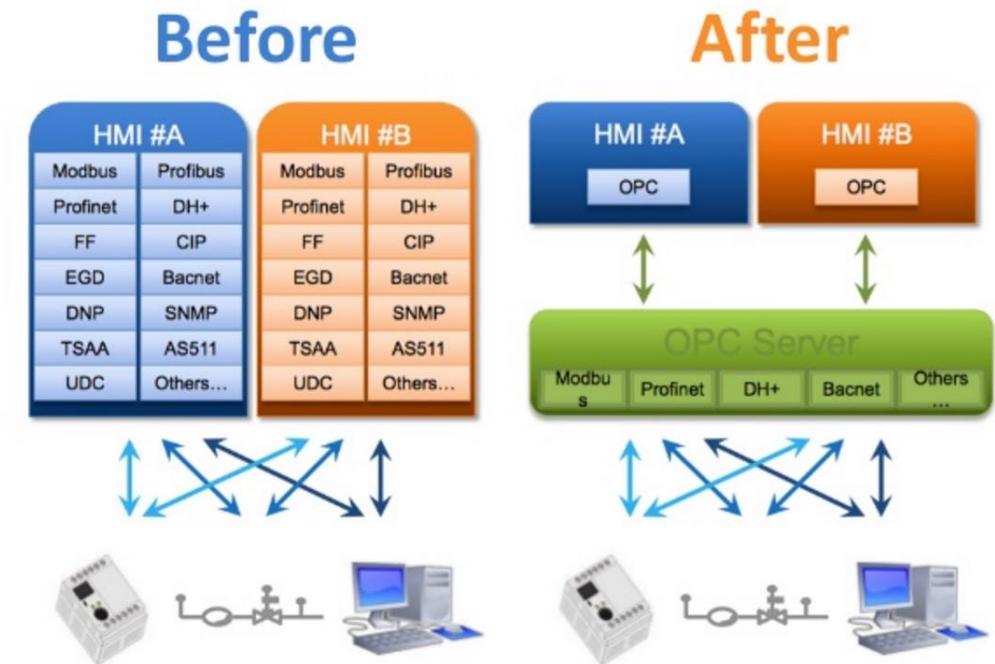
# OPC - Open Platform Communications



<https://www.youtube.com/watch?v=-tDGzwsBokY>

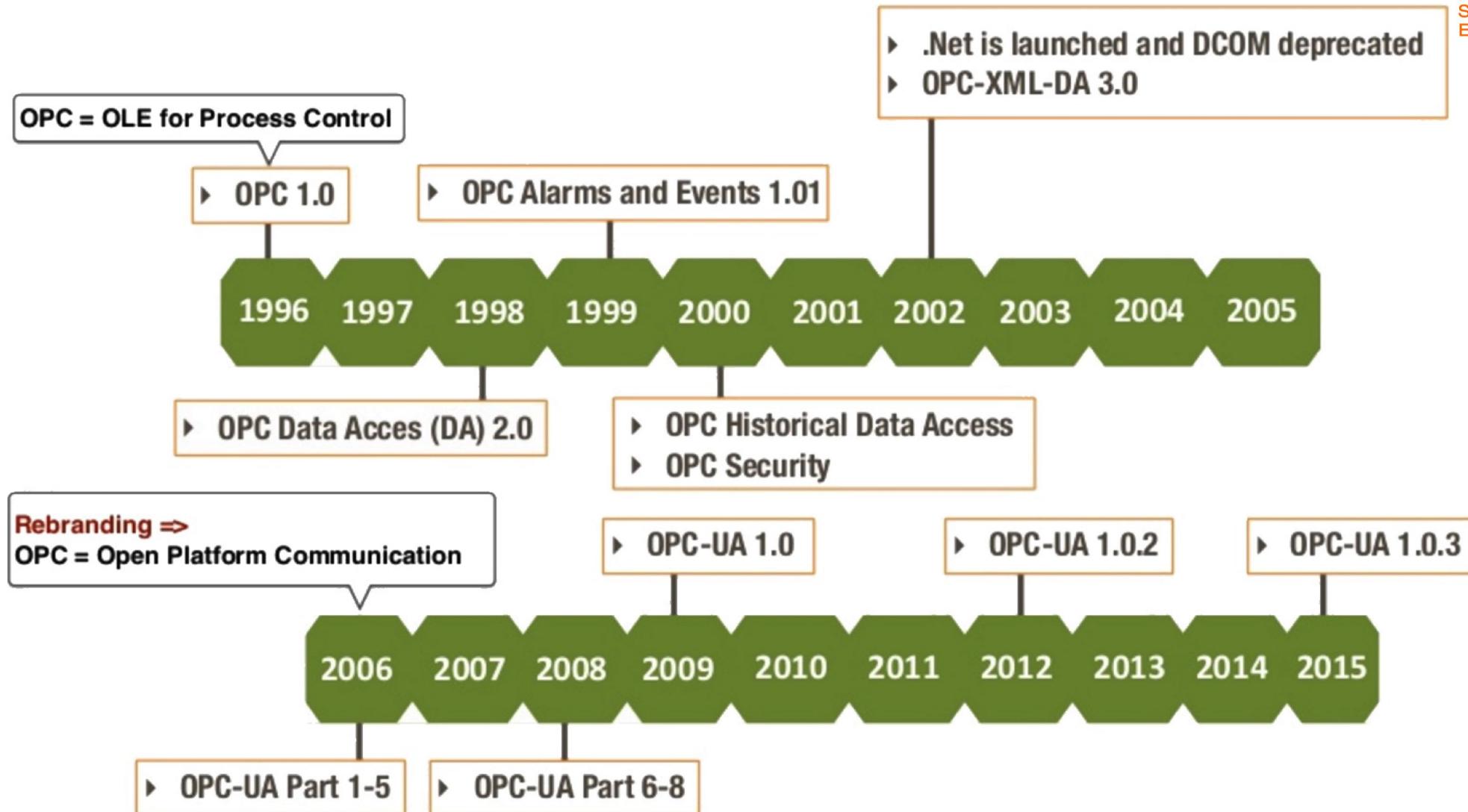
# OPC - Open Platform Communications

- OPC ist der Versuch, industriellen Bussystemen und Protokollen eine universelle Möglichkeit zur Verständigung zu geben.
- Geschaffen wurde der Standard von einem Zusammenschluss verschiedener Firmen der Automatisierungsindustrie (z.B. Fisher-Rosemount, Intellution, Siemens)
- Grund: Aufwand für die Anpassung der vielen Herstellerstandards auf individuelle Steuerungs- und Überwachungs-Infrastrukturen



Quelle: OPC Foundation

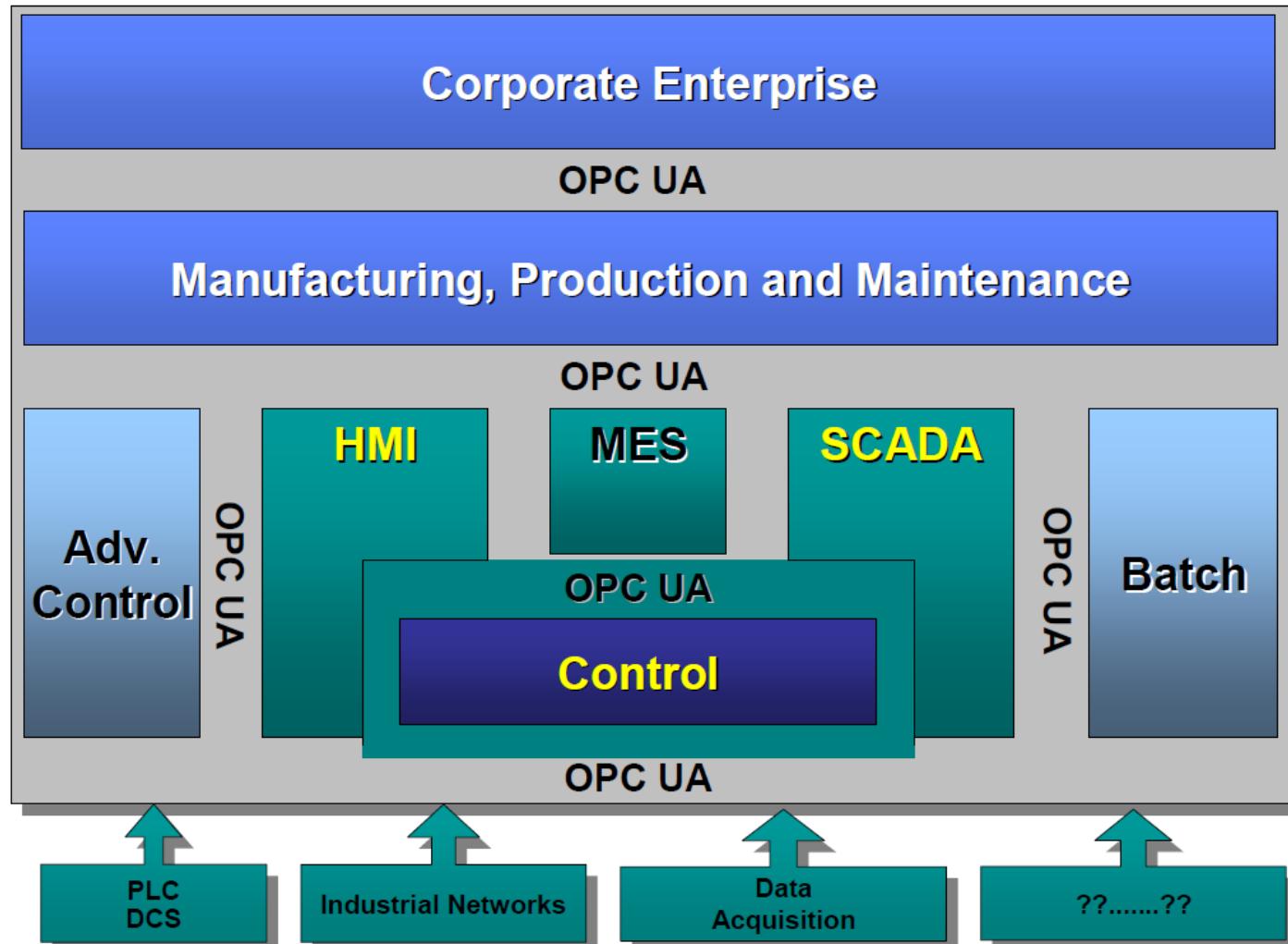
# OPC Unified Architecture (OPC UA)



Quelle: [Corsaro 2015]

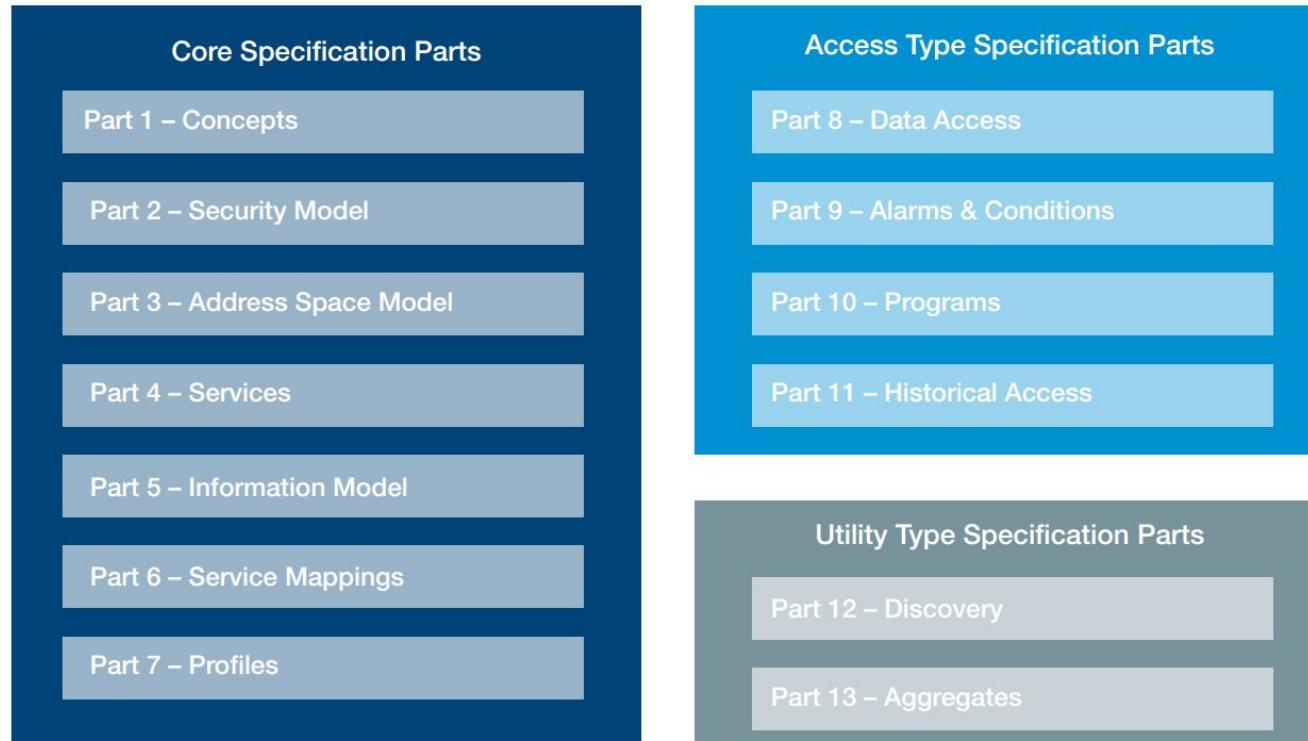
- Auszug aus [OPC 2015]:
  - OPC UA is a **platform-independent standard** through which various kinds of systems and devices can **communicate by sending Messages between Clients and Servers** over various types of networks. It supports robust, secure communication that assures the identity of Clients and Servers and resists attacks. OPC UA defines **sets of Services** that Servers may provide.
  - Information is conveyed using OPC UA-defined and vendor-defined **data types**, and Servers define **object models** that Clients can dynamically discover. Servers can provide access to both **current and historical data**, as well as **Alarms and Events** to notify Clients of important changes.
  - OPC UA can be mapped onto a **variety of communication protocols** and data can be encoded in various ways to trade off portability and efficiency.

# OPC UA – Einsatzgebiete



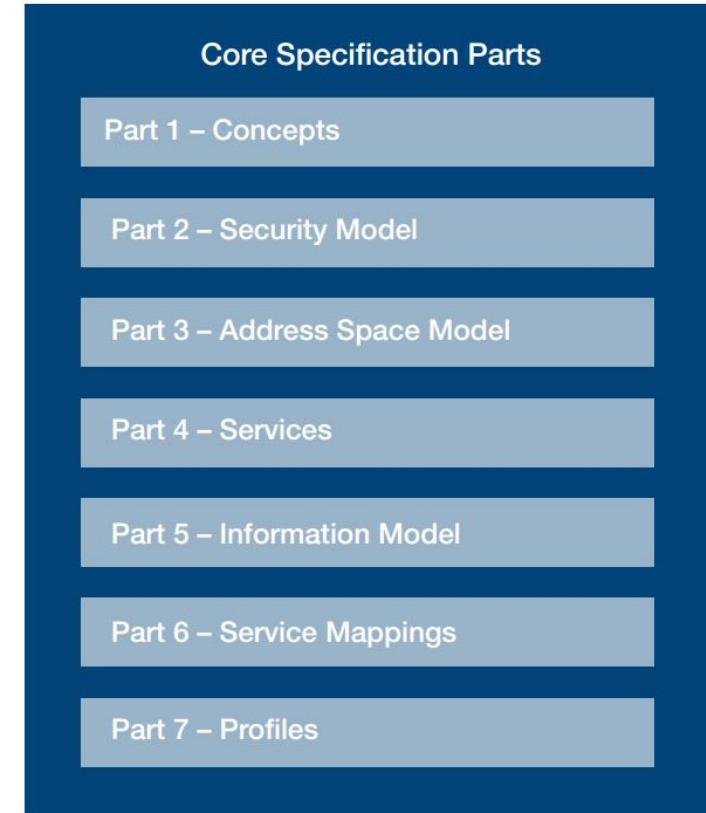
Quelle: [OPC 2015]

- Die OPC-UA-Spezifikation ist eine Multipart-Spezifikation (14 Teile), die öffentlich zugänglich und als IEC-Norm (IEC 62541) verfügbar ist.

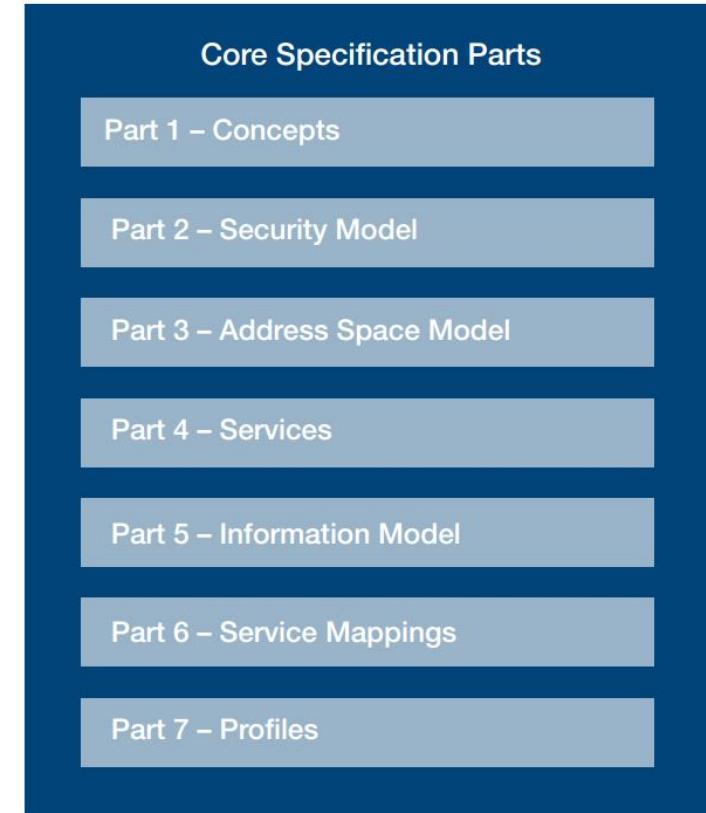


Quelle: [OPC 2016]

- Part 1: Overview and Concepts
  - Einführung in die Architektur und deren Konzepte
- Part 2: Security Model
  - definiert, wie die Kommunikation zwischen OPC-UA-Client und OPC-UA-Server abgesichert wird
- Part 3: Address Space Model
  - beschreibt den Inhalt und den Aufbau des Adressraums eines Servers
- Part 4: Services
  - definiert die Dienste, die ein OPC-UA-Server anbietet

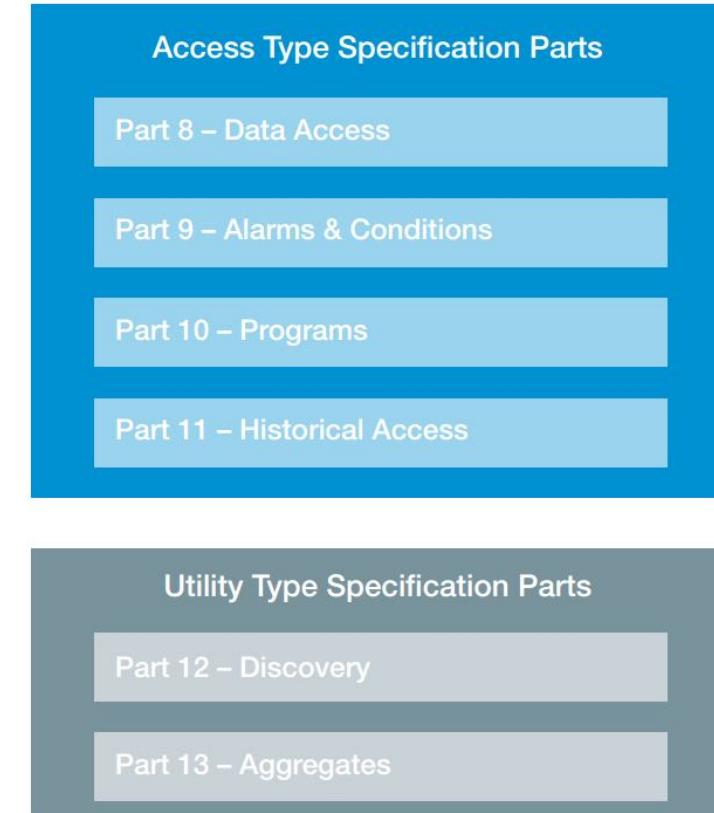


- Part 5: Information Model
  - beschreibt die Typen und ihre Beziehungen innerhalb eines OPC-UA-Servers
- Part 6: Service Mappings
  - beschreibt die Abbildung auf Transportprotokolle und Datenkodierungen
- Part 7: Profiles
  - beschreibt die Profile für OPC-UA-Clients und OPC-UA-Servers
  - Profile gruppieren Dienste oder Funktionalität



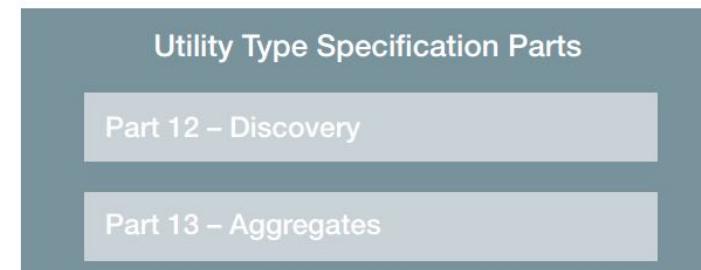
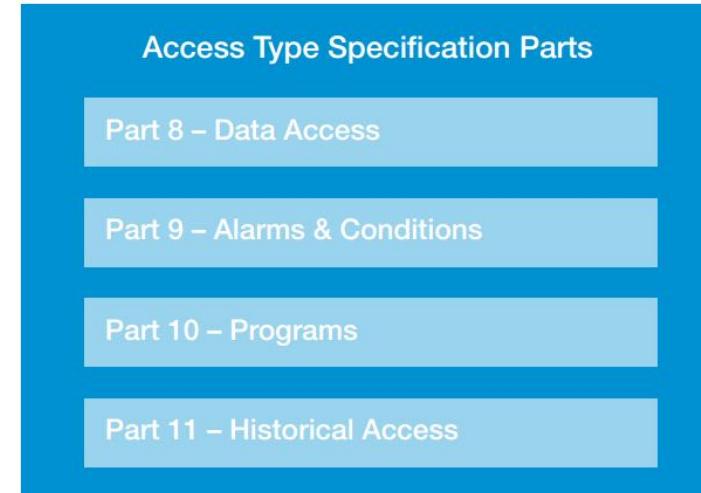
Quelle: [OPC 2016]

- Part 8: Data Access (DA)
  - spezifiziert den Zugriff auf Daten/aktuelle Prozesswerte
  - Zyklisches Auslesen
  - Übertragung neuer Informationen (Wert, Zeitstempel, Qualität)
- Part 9: Alarms & Conditions (AC)
  - Übermittlung von Ereignis- und Alarmmeldungen aus verschiedenen Quellen
  - Subscriptions
  - Clientseitige Filterung
- Part 10: Programs (Prog)
  - definiert den Zugriff auf Programme



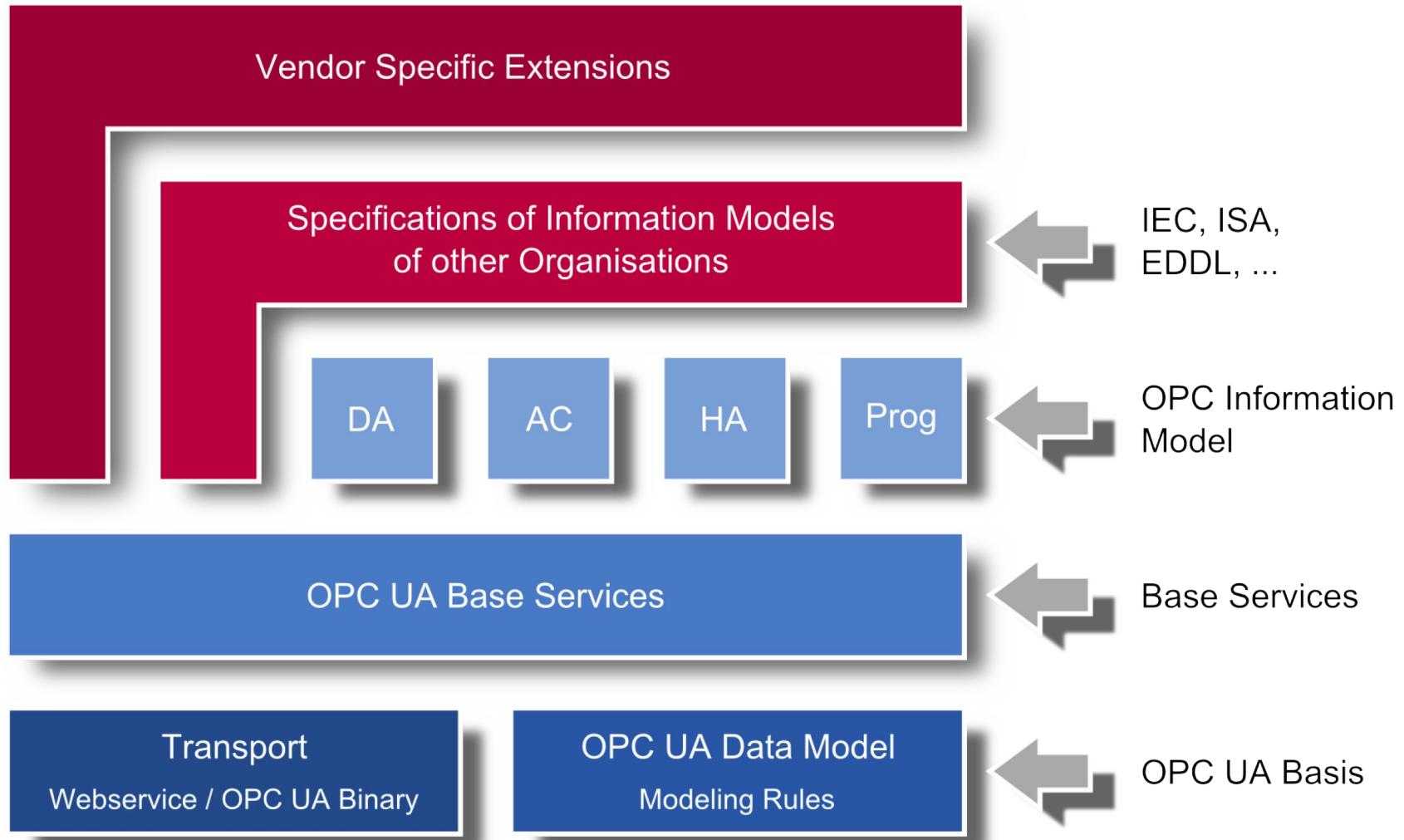
Quelle: [OPC 2016]

- Part 11: History Data Access (HA)
  - Zugriff auf historische Variablenwerte und Events
  - Archiv historischer Daten
  - Aggregationsfunktionen im Server
- Part 12: Discovery
  - definiert den Discovery-Prozess
- Part 13: Aggregates
  - beschreibt die 37 Aggregationsfunktionen
- Part 14: PubSub
  - Definiert die Kommunikation über Publish-Subscribe



Quelle: [OPC 2016]

# OPC UA Bestandteile

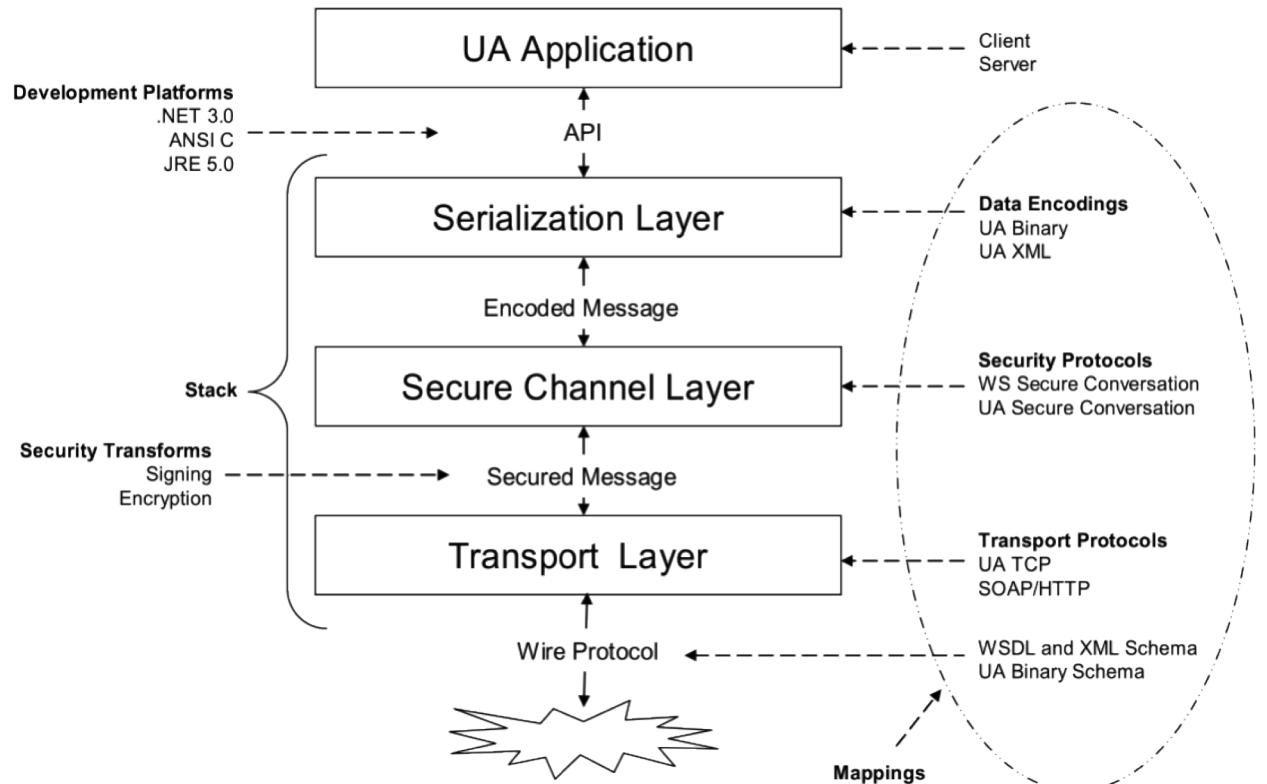


Quelle: [OPC 2016]

# OPC-UA Schichtenmodell

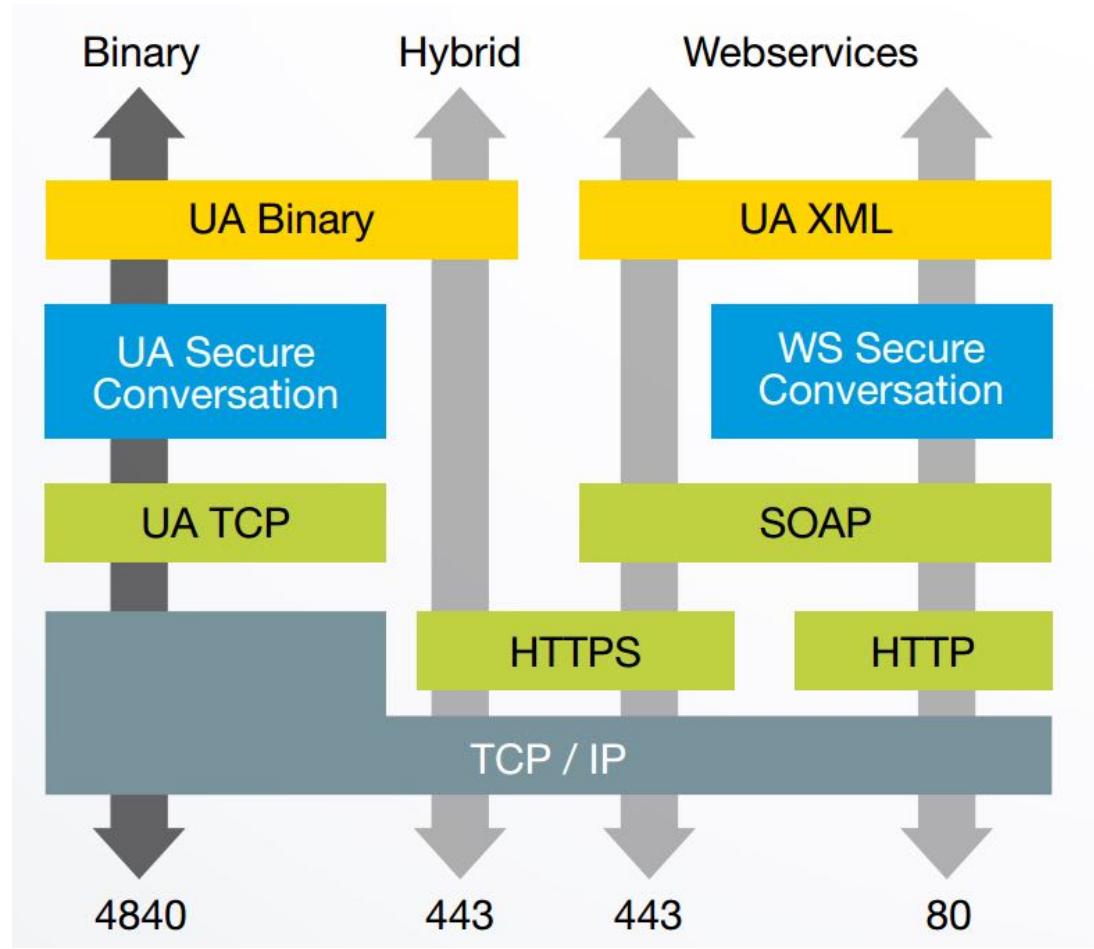
- **Eigenschaften**

- Integration komplexer Daten
- Erweiterbarer Adress- und Datenraum
- Erweiterbare Services
- Robuste Kommunikation
- Sichere Kommunikation
- Skalierbarkeit von eingebetteten Systemen bis hin zum ERP-System
- Zuverlässigkeit und Redundanz



Quelle: [OPC 2015]

# OPC-UA Transport Profile



- **UA XML Web Services**

- Kompatibilität durch Verwendung der W3C-Standards
- Verbindung über HTTP(S)
- Sicherheit durch HTTPS oder WS Secure Conversation
- Relativ großer Overhead, geringe Performance

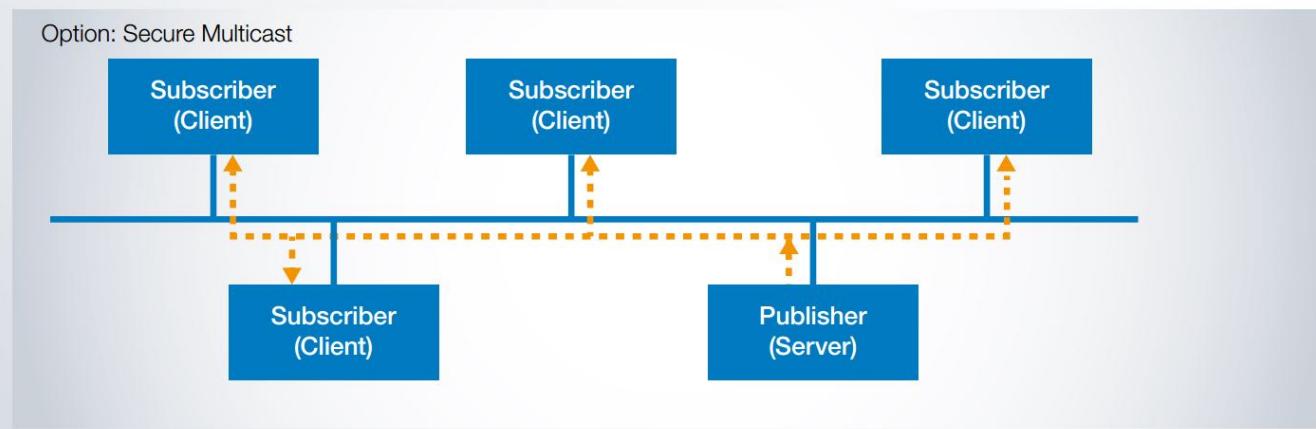
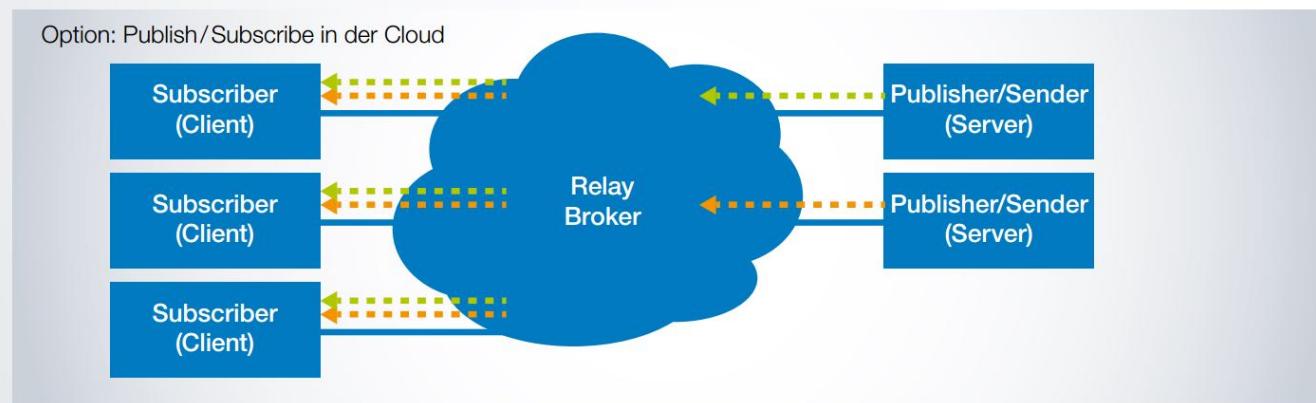
- **UA Binary**

- Genau spezifiziert, daher hohe Interoperabilität mit Geräten, die das Protokoll beherrschen
- Hohe Performance, geringer Ressourcenverbrauch
- Verbindung über UA TCP mit Port 4840

- **UA Binary over HTTPS**

- Übertragung über HTTPS
- Kompromisslösungen zwischen Kompatibilität und Performance

# OPC-UA Kommunikationserweiterung für I4.0



Quelle: [OPC 2016]

- **Publisher/Subscriber in der Cloud**

- Nachrichtenaustausch im globalen Netz (d.h. über die Cloud)
- Dabei können die Nachrichten optional über Relays oder Broker vermittelt werden.

- **Publisher/Subscriber über Secure Multicast**

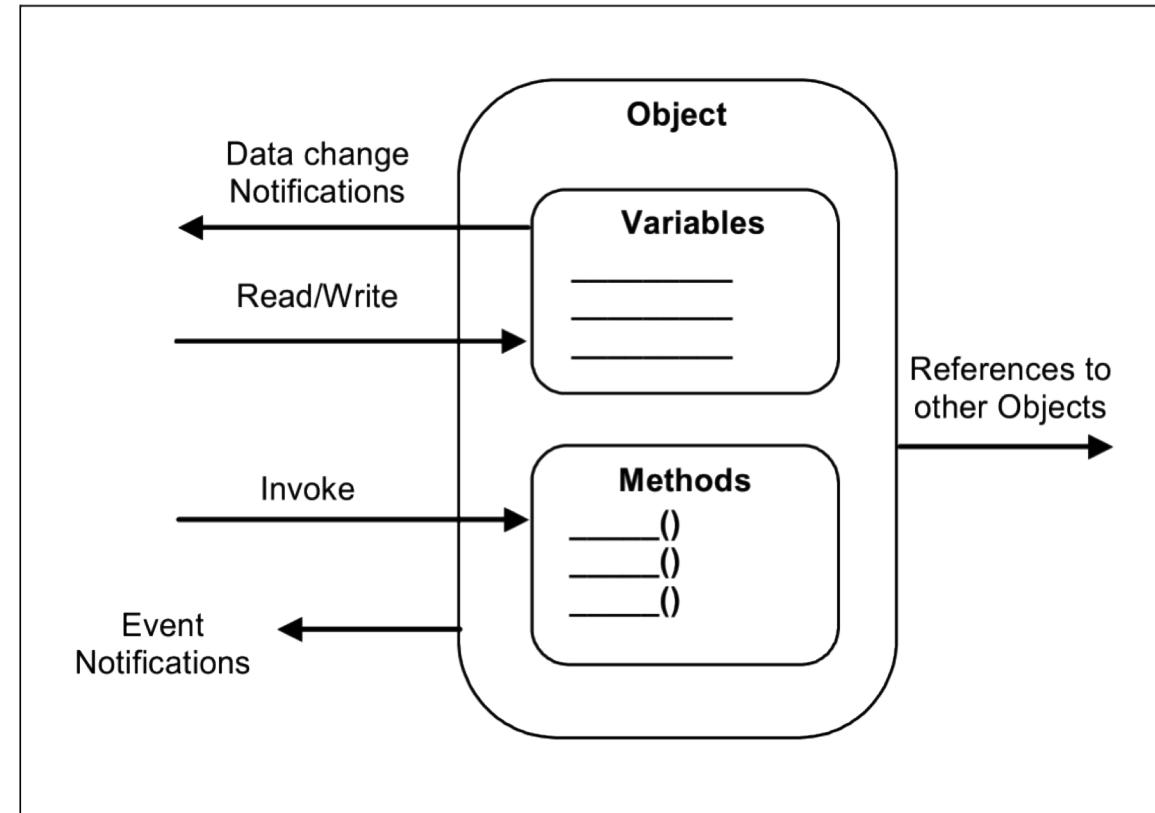
- Schnelle, lokale Kommunikation
- Versand von Daten von einem Sender an viele Empfänger ohne Vermittler (Broker) und ohne dass für jeden Empfänger eine eigene Nachricht notwendig ist.

- Anwendungsbereich von OPC UA Pub/Sub für Industrie 4.0
  - Konfigurierbarer Peer-2-Peer-Datenaustausch zwischen Controllern oder zwischen Controllern und HMI.
  - Umsetzung asynchroner Abläufe
  - Sensoren und Aktuatoren können damit Daten (z.B. für Condition Monitoring) an Cloud-Applikationen (z.B. für Data Analytics) übergeben.
- Aktuell: Kombination von OPC UA Pub/Sub und IEEE-802.1 TSN
  - Ertüchtigung von OPC UA für Echtzeitanwendungen
  - Echtzeitfähige und herstellerübergreifende Controller-Controller-Kommunikation

# OPC-UA Datenmodell

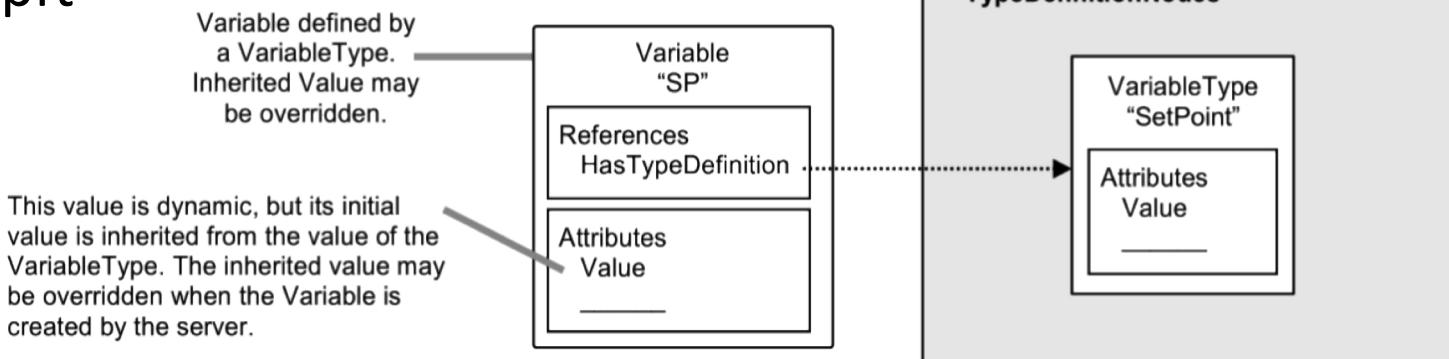
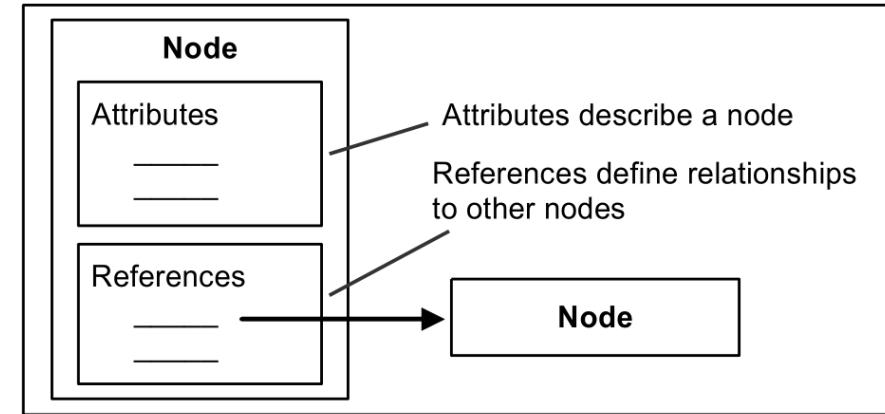
## • Object Model

- Sämtliche Elemente im OPC-UA-Adressraum werden als *Objekte* modelliert
- Dementsprechend stellt ein OPC-UA-Server aktuelle Prozessinformationen als Sammlung von Objekten den Clients zur Verfügung
- Durch Objekte werden ausgewählte, wohlbestimmte Informationen des zugrundeliegenden Prozesses bzw. Geräts dargestellt.
- Objekte werden definiert durch *Variablen*, *Methoden* und *Events*
- Objekte und deren Komponenten werden als eine Menge von Knoten (*nodes*) repräsentiert



- **Node Model**

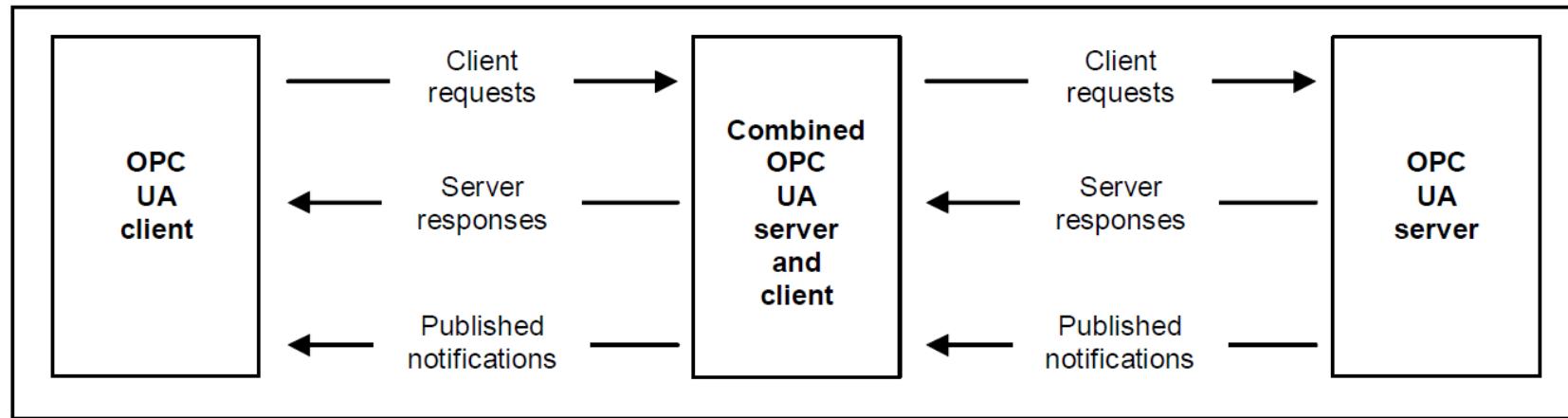
- Elemente des Objektmodells werden im Adressraum als *Nodes* dargestellt
- Jeder *Node* gehört einer *Node Class* an, die jeweils ein bestimmtes Element des Objektmodells darstellt
- *Nodes* werden durch Attribute beschrieben und durch Referenzen verknüpft



Quelle: [OPC 2015]

# OPC-UA Architektur: Client & Server

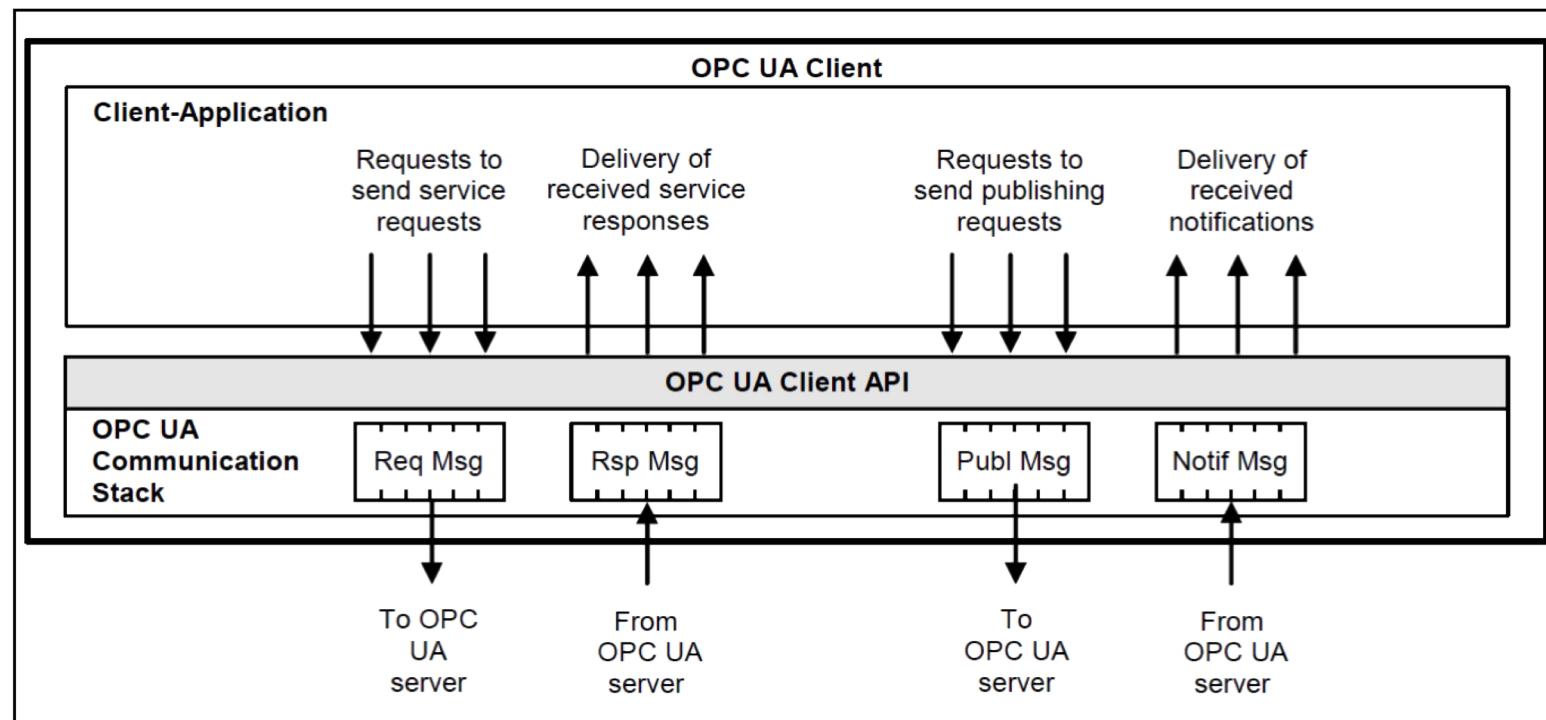
- Die OPC-UA-Architektur besteht aus interagierenden *Clients* und *Servern*.



- Jedes System kann mehrere *Clients* und mehrere *Server* haben.
- Jeder *Client* kann gleichzeitig mit einem oder mehreren *Servern* interagieren und jeder *Server* gleichzeitig mit einem oder mehreren *Clients*.
- Eine Anwendung kann *Server-* und *Client-Komponenten* kombinieren, um mit anderen *Servern* und *Clients* zu kommunizieren.

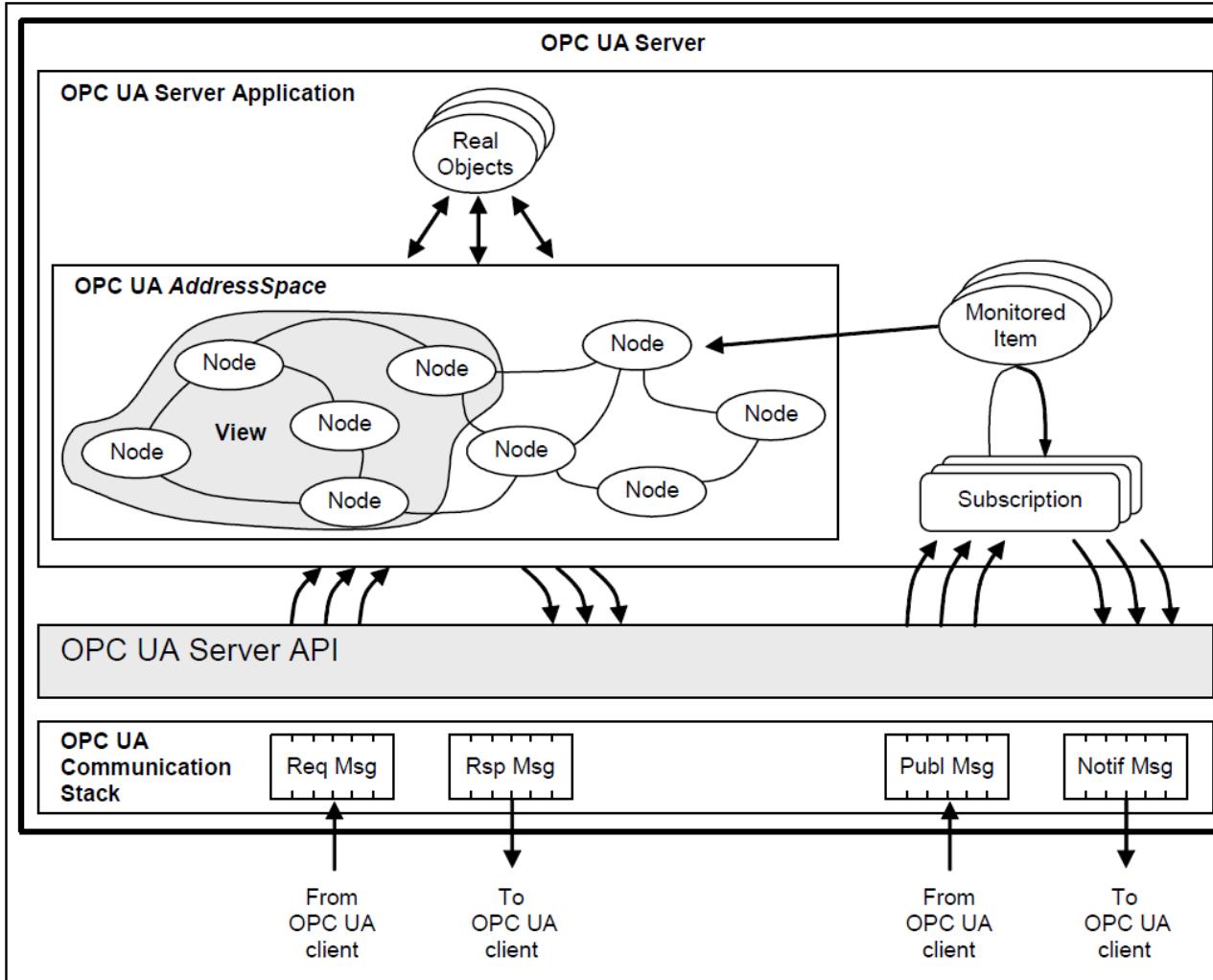
Quelle: [OPC 2015]

- Die Client-Applikation implementiert die fachliche Funktionalität des Clients.
- Die *OPC UA Client API* kann verwendet werden, um Nachrichten an einen OPC-UA-Server zu schicken bzw. Nachrichten von diesem zu empfangen.



Quelle: [OPC 2015]

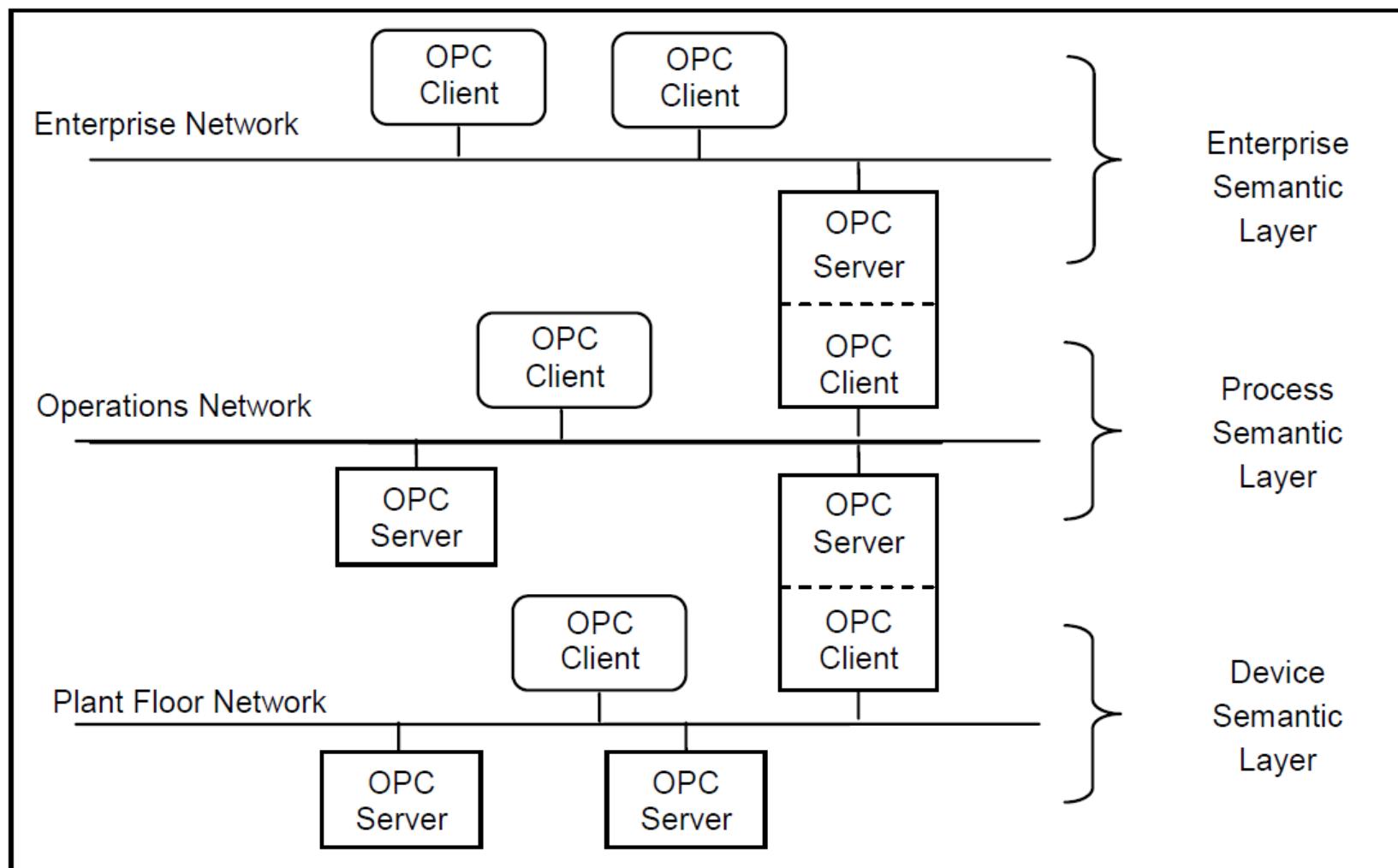
# OPC-UA Architektur: Server



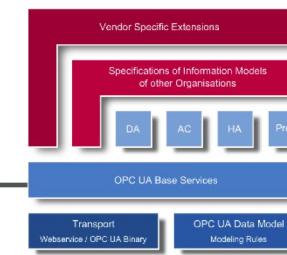
- **Real objects:**
  - Physikalische Objekte oder Softwareobjekte, auf die die *OPC UA Server Application* zugreifen kann.
- **OPC UA Server Application:**
  - Die eigentliche Serveranwendung
- **Address Space:**
  - *Nodes*, die reale Objekte repräsentieren
  - Durch *References* auf andere *Nodes* ergibt sich eine Graph oder Baum
- **Address Space Views:**
  - Eingeschränkte Sichten eines Clients auf die verfügbaren *Nodes*
- **Publisher/Subscriber:**
  - *Monitored Items* werden erstellt, um Änderungen an *Nodes* bzw. den entsprechenden realen Objekten an einen Client zu übermitteln

Quelle: [OPC 2015]

# OPC-UA Architektur: Vertikaler Aufbau



Quelle: [OPC 2015]



- **Service Überblick**

- OPC UA Service Definitionen sind abstrakte Beschreibungen, keine Implementierungsspezifikationen
- Ein Service wird definiert durch seine Request- und Response-Messages
- 34 definierte Services sind in 10 Service Sets organisiert

- **Discovery Service Set**

- Dienste zum Feststellen der vorhandenen Server und Endpunkte

- **SecureChannel Service Set**

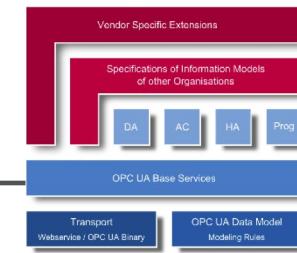
- Dienste zum Öffnen und Schließen sicherer Kommunikationskanäle

- **Session Service Set**

- Dienste für den Client zum Erzeugen und Verwalten einer Session

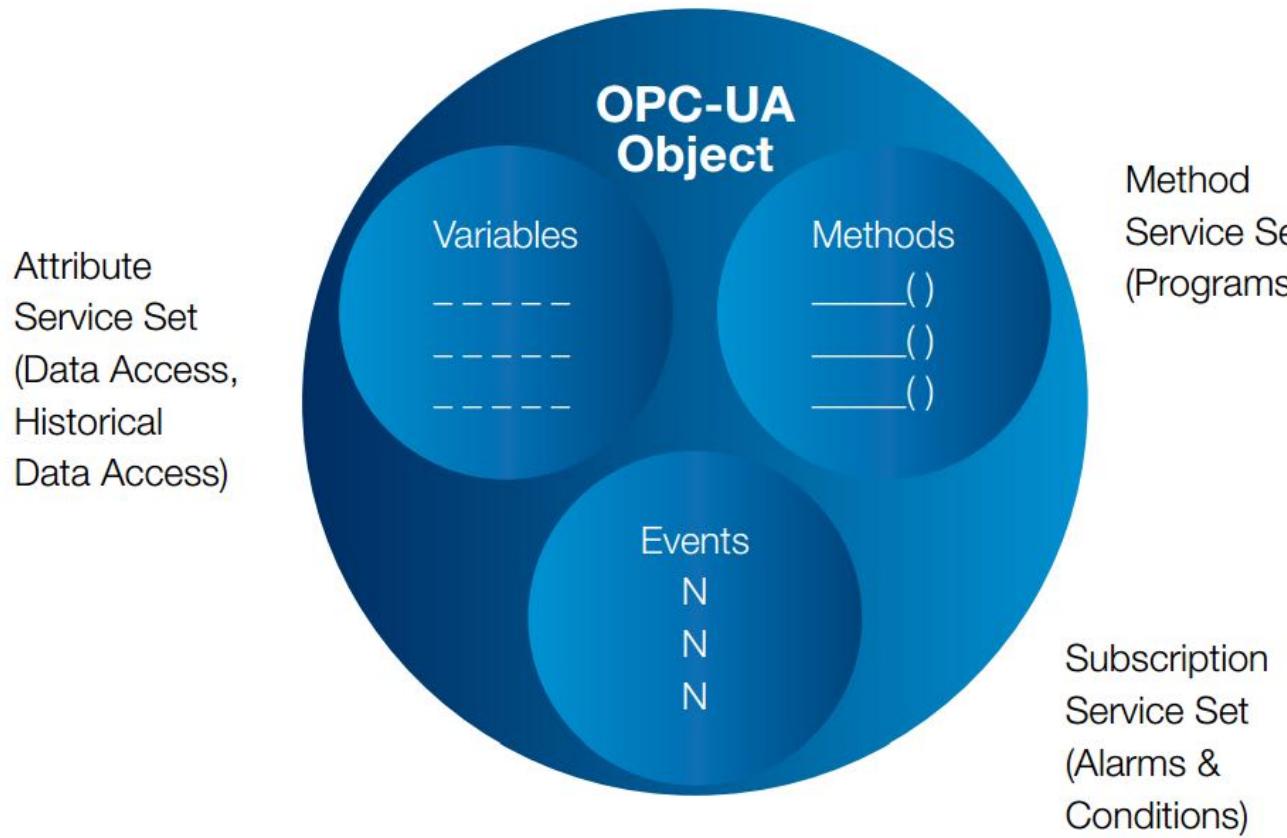
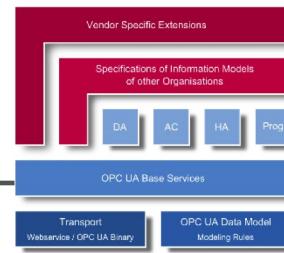
- **NodeManagement Service Set**

- Dienste zum Erzeugen und Löschen von Knoten und Referenzen

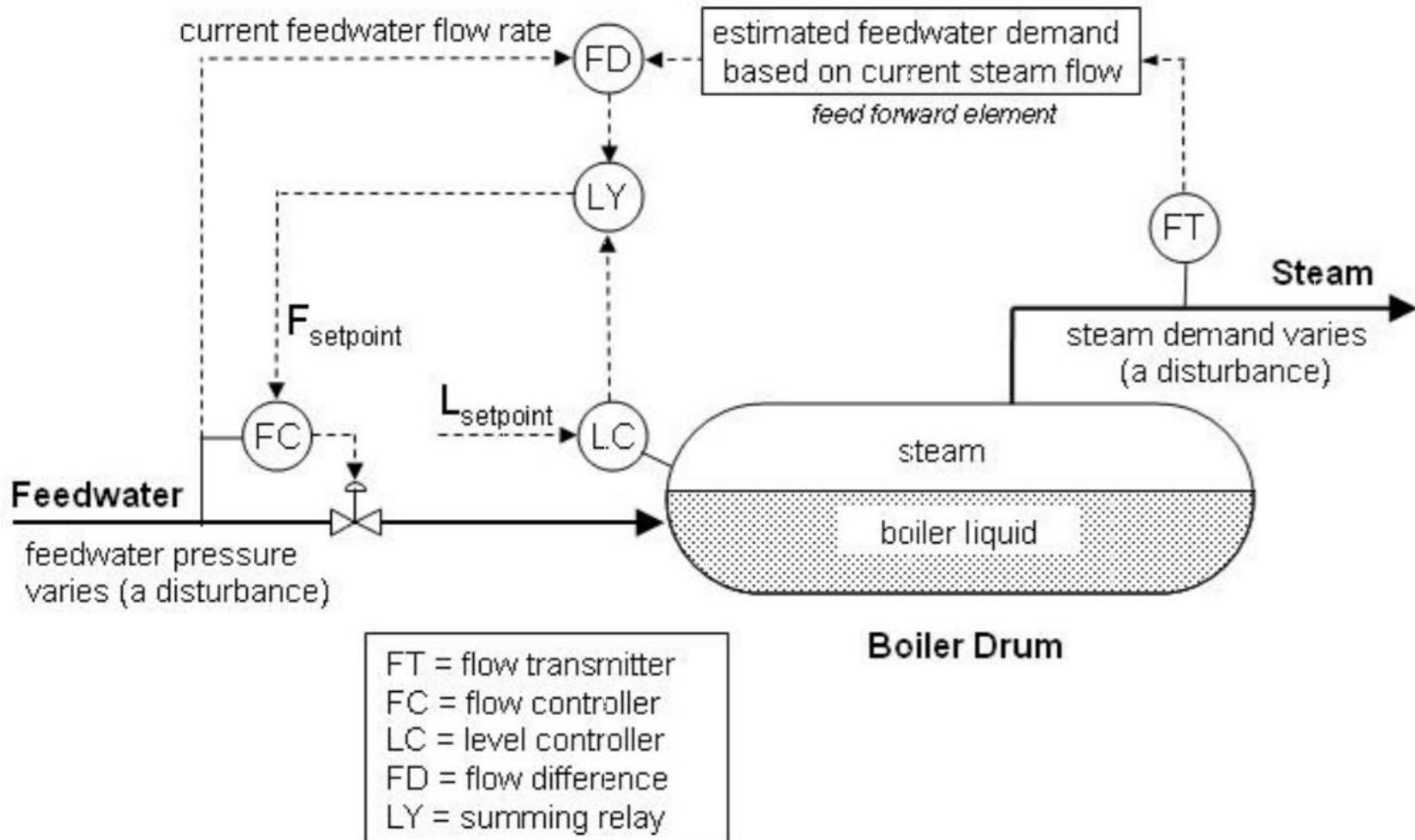


- **View Service Set**
  - Dienste für den Client zum Navigieren im Adressraum oder im View
- **Query Service Set**
  - Dienste für Suchanfragen im Adressraum
- **Attribute Service Set**
  - Dienste für den Zugriff auf Attribute von Knoten
- **Method Service Set**
  - Dienst für den Aufruf einer Methode eines Objektes
- **MonitoredItem Service Set**
  - Dienste für den Client zum Erzeugen und Verwalten von Monitored Items
  - Monitored Items dienen zur Anmeldung für Daten- und Ereignisbenachrichtigungen
- **Subscription Service Set**
  - Dienste für den Client zum Erzeugen und Verwalten von Subscriptions
  - Subscriptions steuern die Art und Weise der Daten- und Ereignisbenachrichtigung

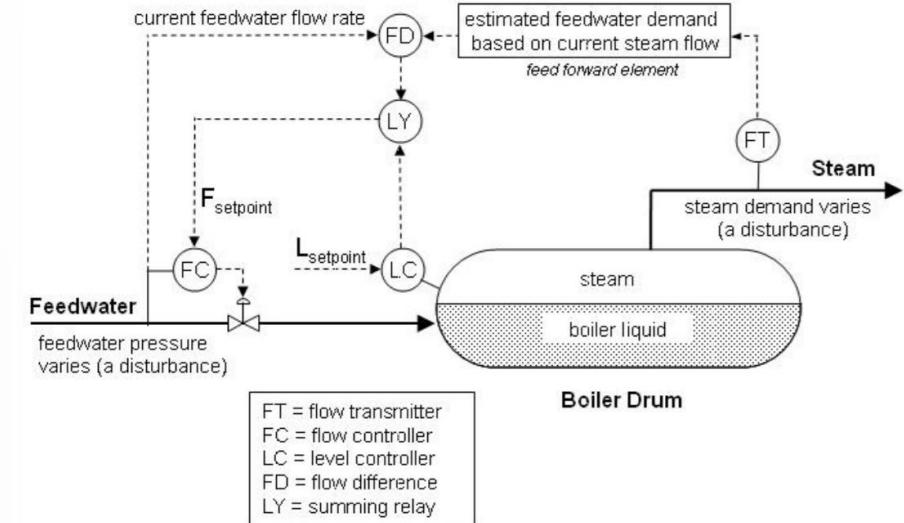
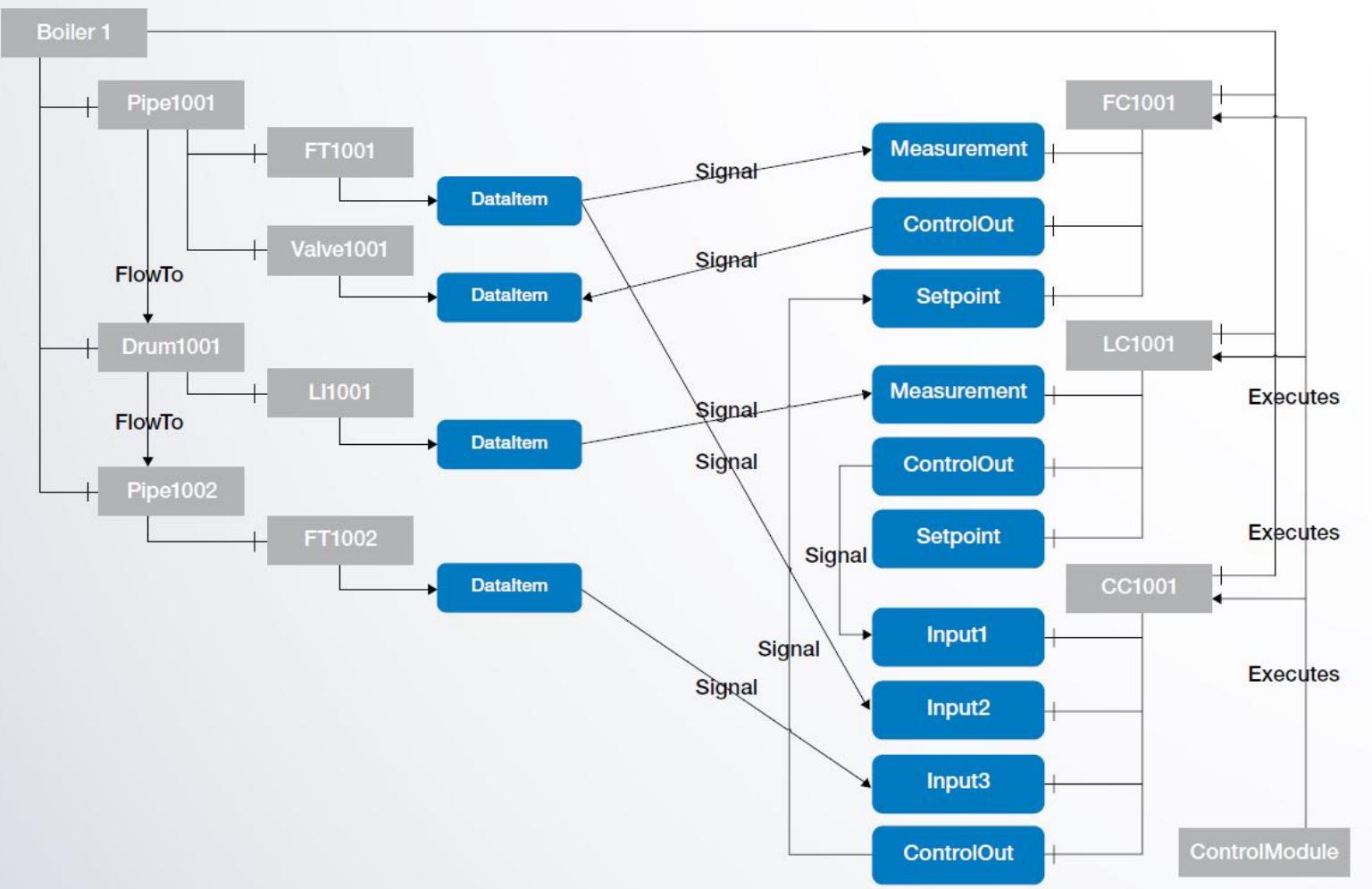
# OPC-UA Objekte & Services



# OPC UA – Beispiel eines Boilers



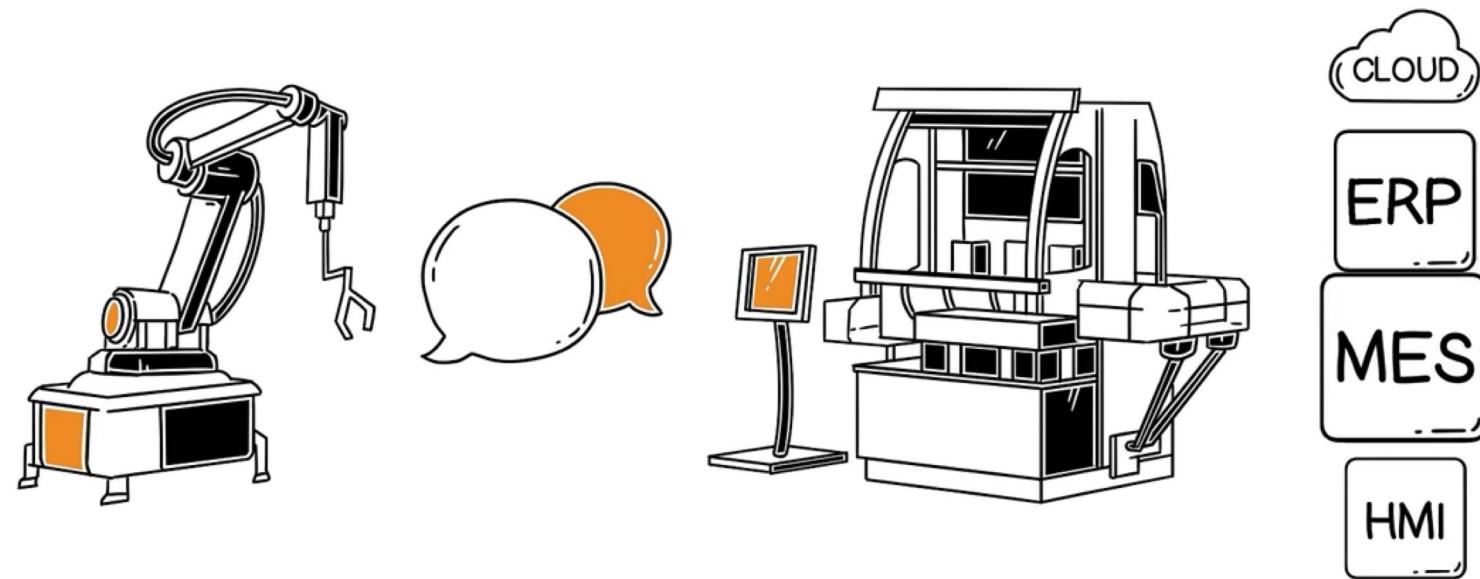
# OPC UA – Beispiel eines Boilers



Quelle: [OPC 2016]

# OPC UA COMPANION SPECIFICATIONS

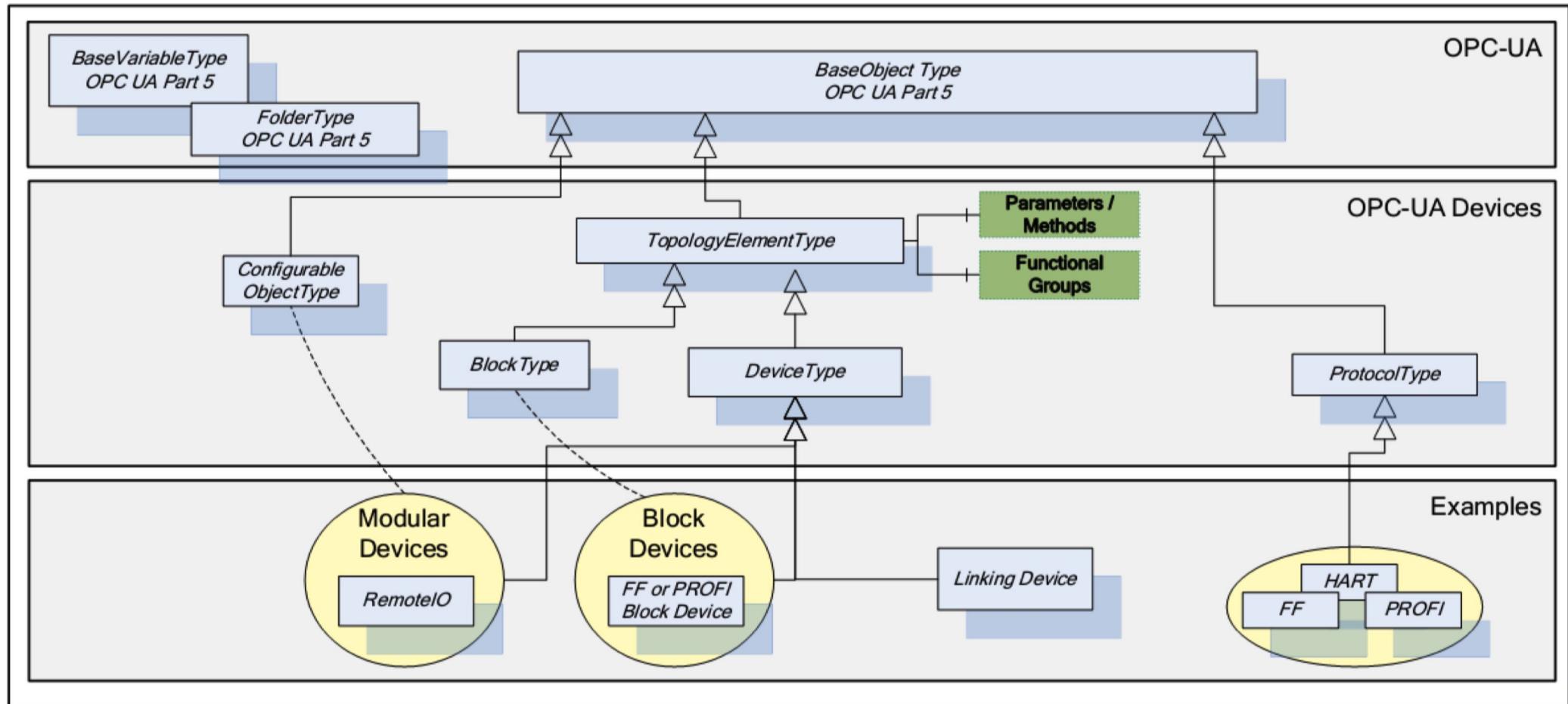
# VDMA OPC UA Companion Specification einfach erklärt!



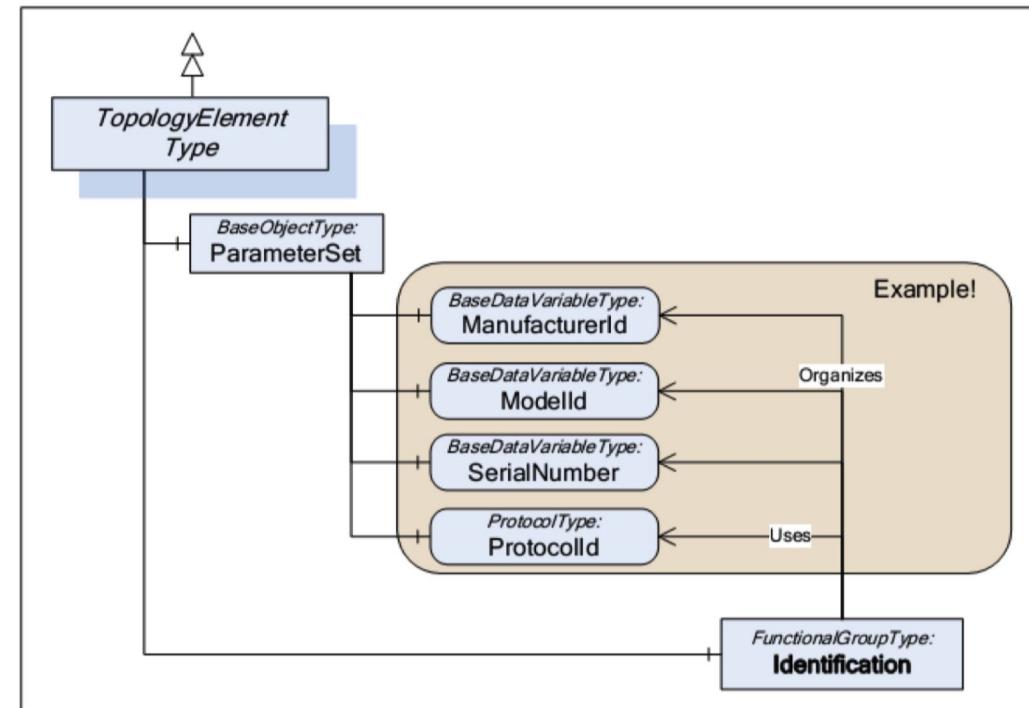
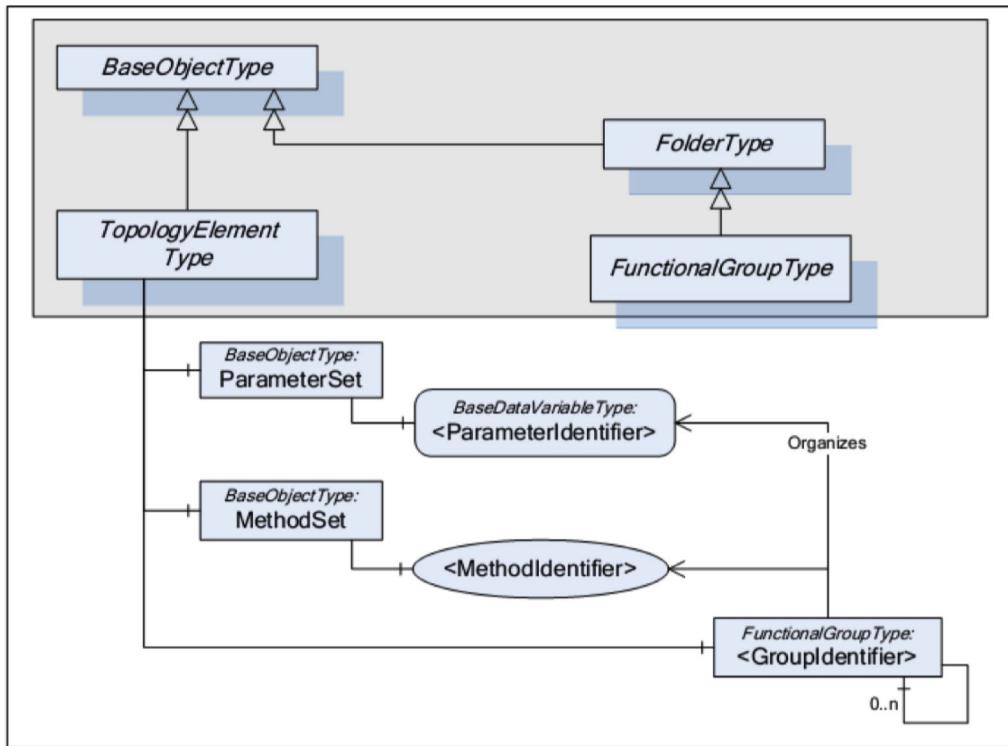
<https://www.youtube.com/watch?v=PXoNdU9C2oU>

- Informationsmodell für Hardware- und Software-Komponenten
- Basistypen für konfigurierbare Komponenten und Geräte
- Konzepte zur logischen Gruppierung für
  - Parameter
  - Methoden / Funktionen
  - Komponenten
- Daten zur Identifikation
  - Geräteidentifikation
  - Feldbus-Protokoll

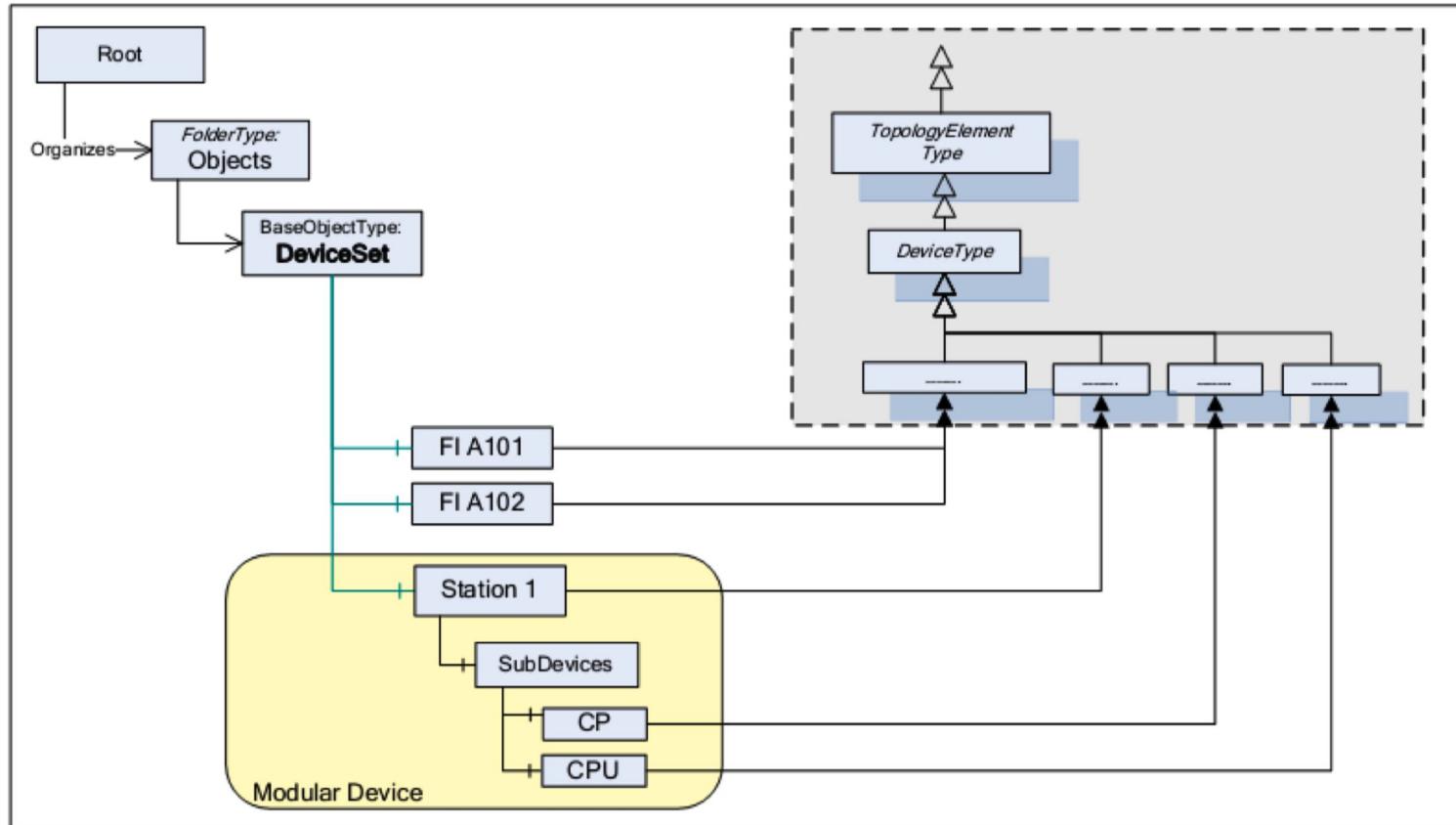
# OPC UA for Devices (DI)



- Alle Parameter eines Gerätes sind im **ParameterSet** gruppiert
- Daten zur Identifikation sind nochmals separat gruppiert

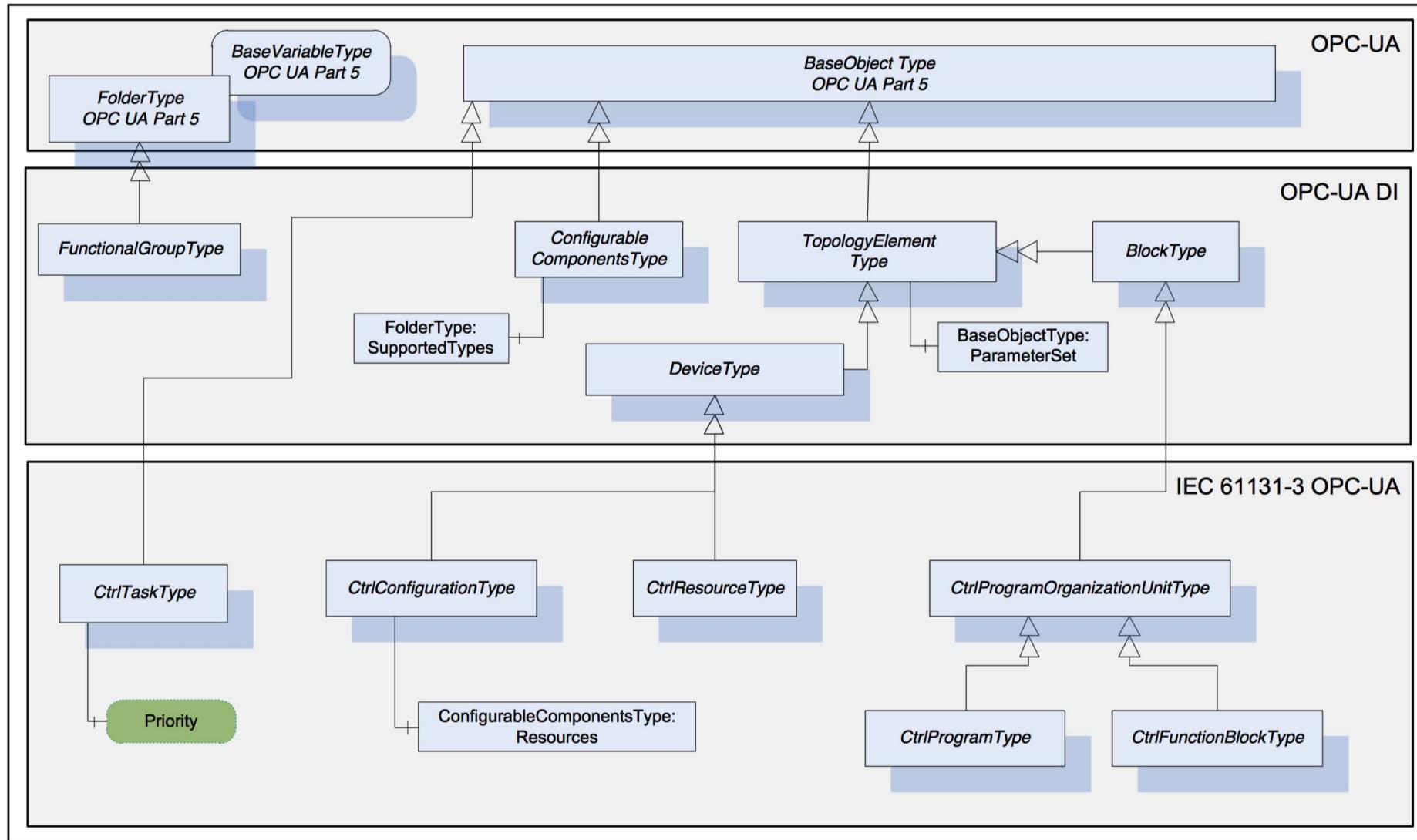


- Alle Geräte eines Servers sind im **DeviceSet**-Objekt aggregiert

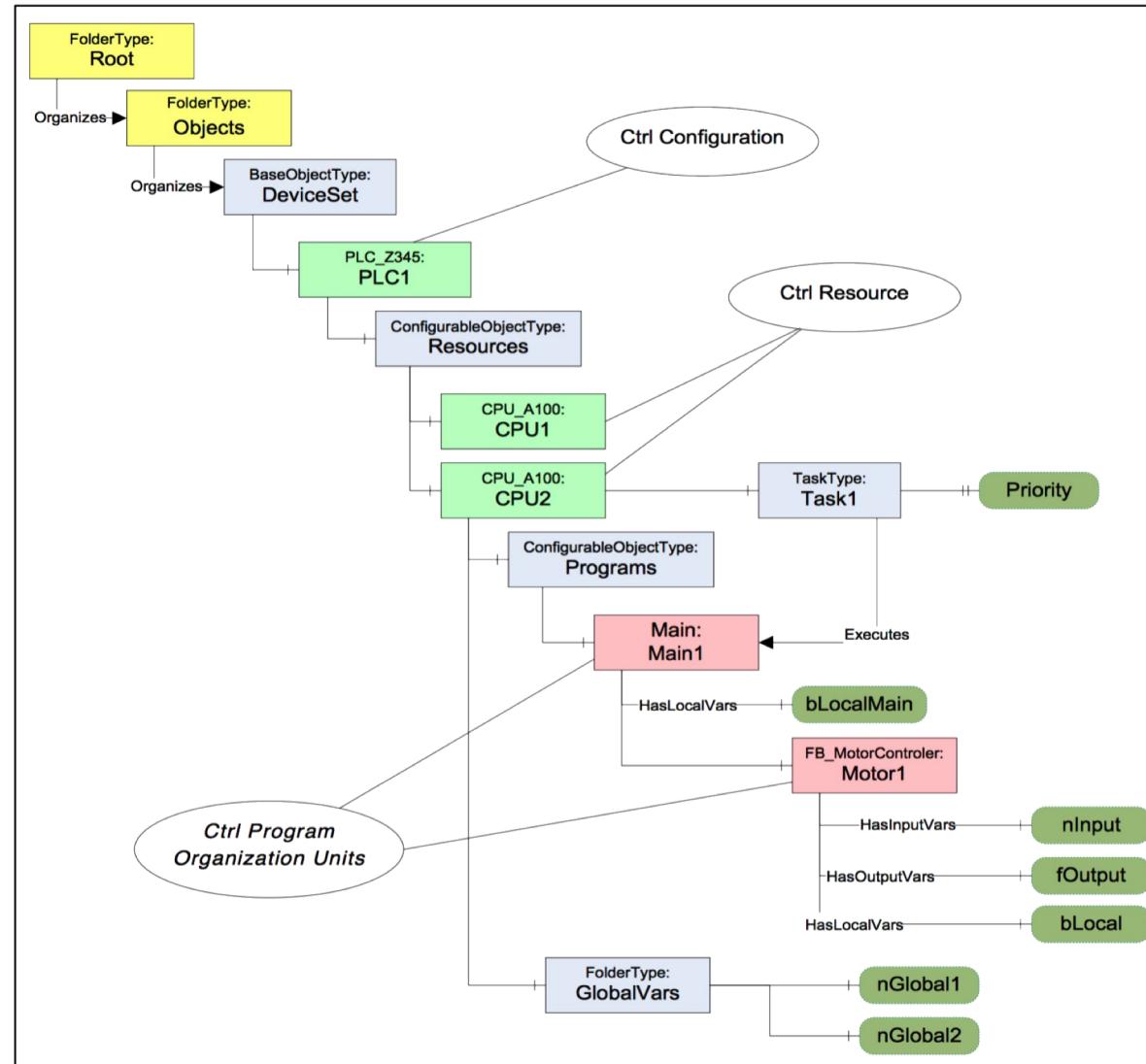


- Gemeinsames OPC-UA-Informationsmodell (Companion Specification) für Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)
- Darstellung des Softwaremodells aus der IEC 61131-3
  - 'CtrlProgram', 'CtrlTask', 'CtrlResource' und 'CtrlFunction Blocks'
  - Variablen
- Standardisierung, wie Steuerungen Datenstrukturen und Funktionsblöcke an OPC-UA-Clients (z.B. eine HMI, ein ERP-System) weitergeben
- Implementierungen von Siemens, B&R, Beckhoff, ...

# OPC UA Information Model for PLCopen

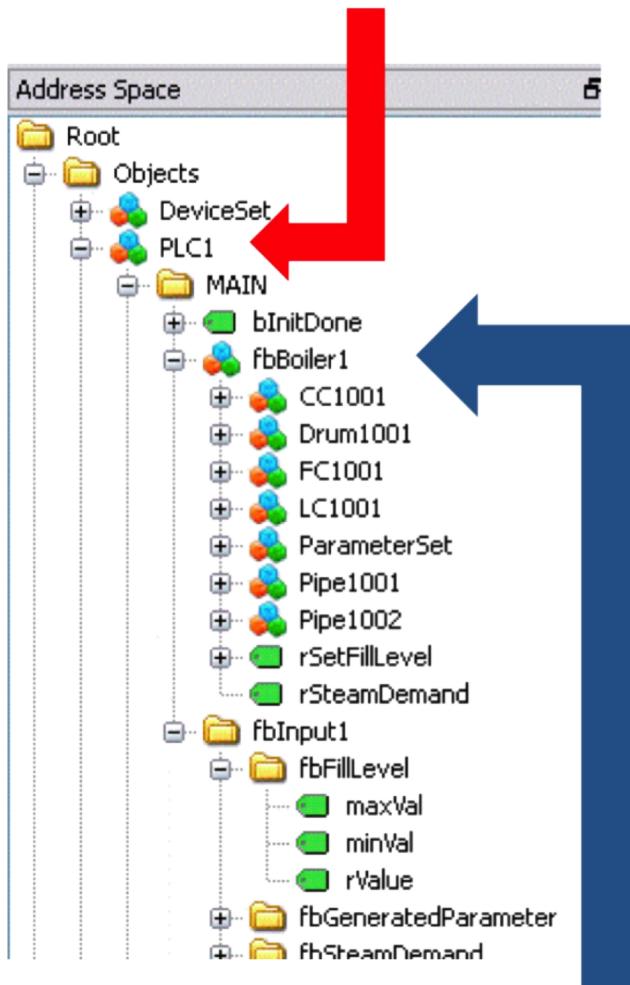


# OPC UA Information Model for PLCopen

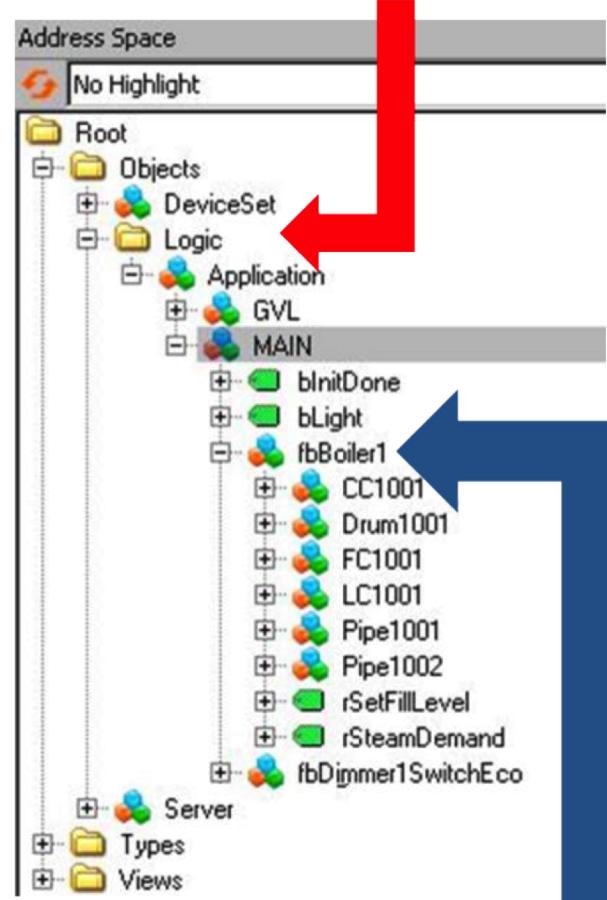


# OPC UA Information Model for PLCopen

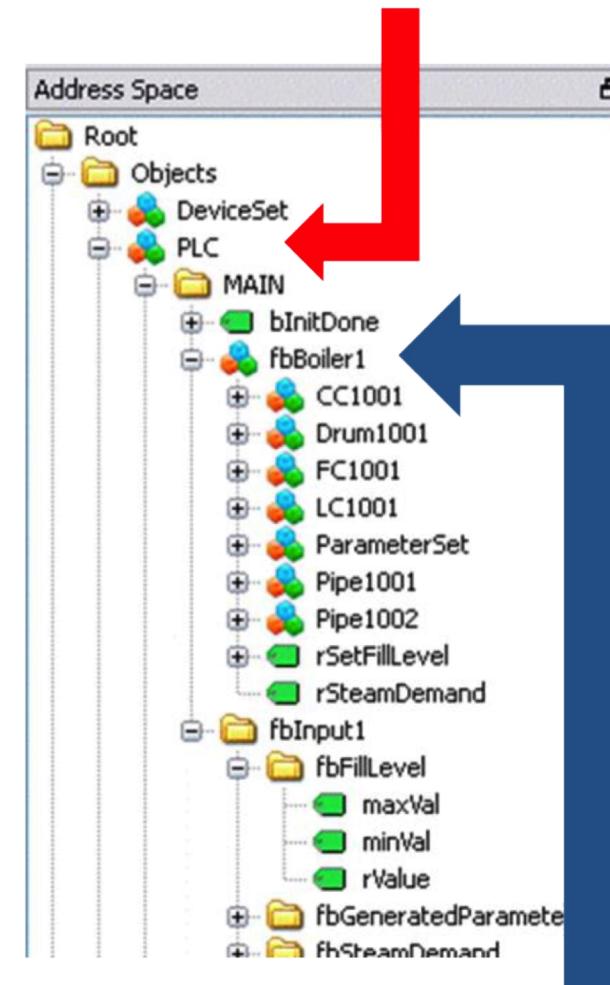
*Beckhoff Cntri*



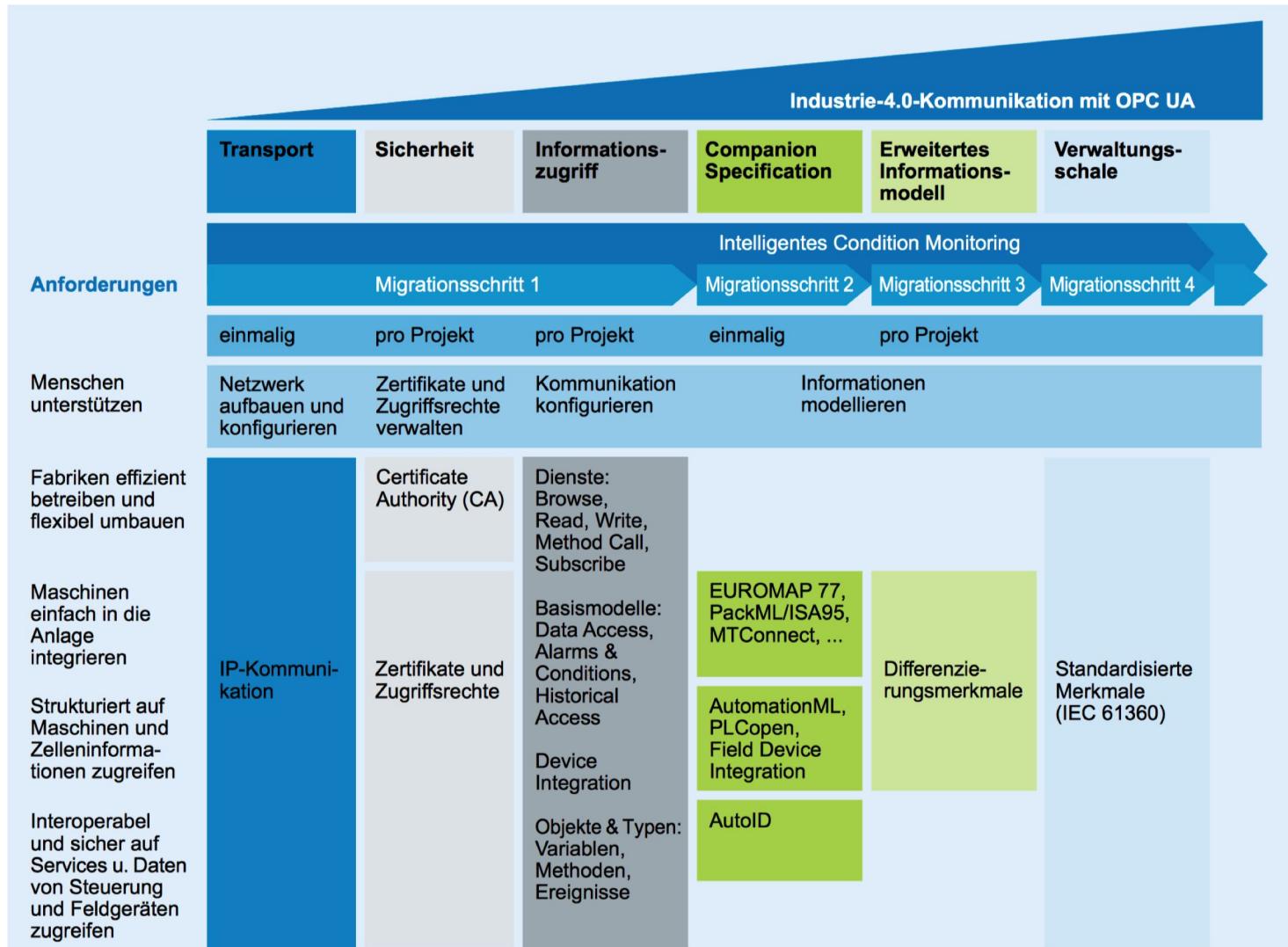
Bosch-Rexroth Logic



B&R Cntri



# OPC UA & Industrie 4.0



Quelle: [VDMA 2017]

# Empfohlene und weiterführende Literatur

- [Corsaro 2015] Angelo Corsaro: „DDS and OPC-UA Explained“
- [Lange 2010] Jürgen Lange, Frank Iwanitz, Thomas J. Burke: „OPC – From Data Access to Unified Architecture“, 4. rev. Ed., 2010, VDE Verlag
- [OPC 2015] OPC Foundation: OPC Unified Architecture Specification; Part 1: Overview and Concepts; Release 1.03; October 10, 2015
- [OPC 2016] OPC Foundation: Interoperabilität für Industrie 4.0 und das Internet der Dinge; 2016
- [VDMA 2017] Industrie 4.0 Kommunikation mit OPC UA; 2017; VDMA
- [Weinländer 2017] Markus Weinländer: „Industrielle Kommunikation“, 2017, Beuth Verlag/VDE Verlag