

---

# OPC Unified Architecture

Wegbereiter der 4. industriellen (R)Evolution

---





**Thomas J. Burke**  
President und Executive Director  
OPC Foundation

## Willkommen bei der OPC Foundation! OPC-UA als internationaler Standard für vertikale und horizontale Kommunikation bringt semantische Interoperabilität in die Cyber Physical Systems und trägt entscheidend zum Erfolg der 4. industriellen (R)Evolution bei.

OPC-Unified Architecture (OPC-UA) ist der Datenaustausch-Standard für eine sichere, zuverlässige, Hersteller- und Plattform-unabhängige industrielle Kommunikation. Sie ermöglicht einen Betriebssystem-übergreifenden Datenaustausch zwischen Produkten unterschiedlicher Hersteller. Der OPC-UA-Standard besteht aus Spezifikationen welche in enger Zusammenarbeit zwischen Herstellern, Anwendern, Forschungsinstituten und Konsortien entstanden sind, um den sicheren Informationsaustausch in heterogenen Systemen zu ermöglichen.

Seit 1995 hat OPC großen Zuspruch aus der Industrie sowie aus weiteren Marktsegmenten erfahren. Mit der Einführung von Serviceorientierten Architekturen (SOA) in industriellen Automatisierungssystemen sorgte die OPC-UA-Architektur ab 2007 für eine skalierbare, plattformunabhängige Lösung welche die Vorteile von Web Services und integrierter Security mit einem einheitlichen Datenmodell kombiniert.

OPC-UA ist ein IEC-Standard und damit prädestiniert für die Kooperation mit anderen Organisationen. Die OPC Foundation koordiniert dabei als globale Non-profit-Organisation zusammen mit Anwendern, Herstellern und Forschern die Weiterentwicklung des OPC-Standards:

- Erstellen und pflegen von Spezifikationen
- Zertifizierung und Konformitätsprüfung der Implementierungen
- Kooperation mit weiteren Standardisierungsorganisationen

Diese Broschüre gibt einen Überblick über Industrie 4.0-Anforderungen und zeigt Lösungen, technische Details und Umsetzungen mit OPC-UA.

Die breite Zustimmung von Vertretern aus Forschung, Industrie und Verbänden zeigt, dass OPC-UA eine Schlüsseltechnologie als Daten- und Informationsaustausch-Standard für das Projekt Industrie 4.0 ist.

Ihr  
**Thomas J. Burke**  
President und Executive Director  
OPC Foundation  
thomas.burke@opcfoundation.org  
[www.opcfoundation.org](http://www.opcfoundation.org)



# Inhalt

**4 OPC-UA – WEGBEREITER DER 4. INDUSTRIELLEN (R)EVOLUTION**

**5 ANFORDERUNG INDUSTRIE 4.0 – LÖSUNG OPC-UA**

**ZITATE**

- 6 Wissenschaft: Forschung und Lehre
- 8 Industrie: Anbieter und Anwender
- 10 Verbände und Organisationen

**12 OPC-UA AUF EINEN BLICK**

**14 OPC-UA TECHNOLOGIE IM DETAIL**

Karl-Heinz Deiretsbacher, Siemens AG und  
 Dr. Wolfgang Mahnke, ABB

**22 ENGINEERING: INTEROPERABILITÄT DURCH AUTOMATION ML UND OPC-UA**

Dr. Olaf Sauer, Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB)

**23 SKALIERBARKEIT: OPC-UA IM CHIP LEVEL**

Prof. Jasperneite, Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA), Lemgo

**24 SKALIERBARKEIT: OPC-UA IM SENSOR**

Alexandre Felt, AREVA GmbH

**25 IDENTIFIKATION: OPC-UA IM RFID**

Dr. Jan Regtmeier, HARTING IT Software Development GmbH & Co. KG

**26 INTEGRATION: OPC-UA-CLIENT UND -SERVER IM CONTROLLER**

Stefan Hoppe, BECKHOFF Automation

**27 HORIZONTAL: OPC-UA ERMÖGLICHT M2M UND IOT**

Silvio Merz, Zweckverband Wasser und Abwasser Vogtland

**28 VERTIKAL: OPC-UA VON DER PRODUKTION BIS IN DAS SAP**

Roland Essmann, Elster GmbH

**29 VERTIKAL: OPC-UA PLUS UMCM – DER „USB-STECKER“ ZWISCHEN SPS UND MES**

Angelo Bindi, Central Control and Information Systems Continental Teves

**30 MENSCH-ZU-MASCHINE: OPC-UA IM BROWSER**

PD Dr.-Ing. Annerose Braune, Technische Universität Dresden

**31 SMART METERING: VERBRAUCHSINFORMATIONEN VOM ZÄHLER BIS IN IT-ABRECHNUNGSSYSTEME**

Carsten Lorenz, Elster GmbH

**OPC FOUNDATION**

- 32 Organisation
- 33 Spezifikationen und Informationen
- 34 Code und Zertifizierung für Mitglieder

**35 STARTHILFE**

## OPC-UA – Wegbereiter der 4. industriellen (R)Evolution

### HERAUSFORDERUNG

Zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsstandortes Deutschland muss die Herausforderung gemeistert werden bei immer kürzer werdenden Produktzyklen die Effizienz zu steigern. Energie und Ressourcen müssen effektiv eingesetzt, das Time-to-Market verkürzt, komplexere Produkte mit hohen Innovationszyklen schneller erzeugt und die Flexibilität durch individualisierte Massenfertigung erhöht werden.

### VISION

Die 4. industrielle (R)Evolution (Industrie 4.0) ist getrieben von modernen Informations- und Kommunikations-Technologien (IKT), die immer mehr Einzug in die Industrieautomatisierung halten. In verteilten, intelligenten Systemen verschmelzen physikalische reale Systeme und virtuelle, digitale Daten zu Cyber Physical Systems (CPS). Diese CPS werden vernetzt und bilden „smarte“ Objekte, die bis hin zur „smarten Fabrik“ zusammen gestellt werden. Mit zunehmender Rechenleistung und Kommunikationskapazität organisieren sich Produktionseinheiten selbst, sie besitzen (self-contained) alle nötigen Informationen bzw. können sich diese selbständig beschaffen. Die Systeme sind vernetzt und autonom, sie rekonfigu-

rieren und optimieren sich selbst und sie sind erweiterbar (plug-and-produce) ohne Engineering oder manuelles Einrichten. Über die gesamte Produktions- und Produktlebenszeit und durch die gesamte Wertschöpfungskette werden die virtuellen Abbilder innerhalb der produzierten Waren mitgeführt und repräsentieren immer den aktuellen Zustand des realen Produkts. Solche „smarten“ Produkte sind im Internet of Things miteinander vernetzt und reagieren mit erlernten Verhaltensmustern auf interne und externe Ereignisse.

### ANFORDERUNGEN

Um die Vision von Industrie 4.0 erfolgreich umsetzen zu können, bedarf es einiger Anstrengungen, da die Anforderungen sehr vielfältig sind. Um die Komplexität zu reduzieren, wird eine umfassende Modularisierung, eine breite Standardisierung und eine durchgängige Digitalisierung benötigt. Diese Anforderungen sind nicht neu, sie sind auch nicht revolutionär sondern die Folge einer permanenten Weiterentwicklung. Diese Evolution ist ein langjähriger Prozess, der schon lange begonnen hat und es existieren bereits Lösungen für viele der nachfolgend skizzierten Anforderungen, die unter anderem auch die zentralen Grundbausteine für Industrie 4.0 sind.

### HERAUSFORDERUNGEN BEI DER UMSETZUNG VON INDUSTRIE 4.0

(mehrere Antworten möglich)



Ergebnis der Umfrage der Plattform Industrie 4.0:

Die Mitglieder des BITKOM, VDMA und ZVEI nannten die Standardisierung als größte Herausforderung zur Umsetzung von Industrie 4.0.





## Anforderung Industrie 4.0 – Lösung OPC-UA

Industrie 4.0-Anforderung	OPC-UA-Lösung
<p>Unabhängigkeit der Kommunikationstechnologie von Hersteller, Branche, Betriebssystem, Programmiersprache</p>	<p>Die OPC Foundation ist eine herstellerunabhängige Non-Profit Organisation. Eine Mitgliedschaft ist für den Einsatz der OPC-UA Technologie oder die Erstellung von OPC-UA Produkten nicht erforderlich. OPC hat die größte Verbreitung im Bereich der Automatisierung, ist aber technologisch branchenneutral. OPC-UA ist auf allen Betriebssystemen lauffähig; es gibt auch Realisierungen auf Chip Ebene ohne Betriebssystem. OPC-UA ist in allen Sprachen umsetzbar – derzeit sind Stacks in Ansi C/C++, .NET und Java verfügbar.</p>
<p>Skalierbarkeit zur durchgängigen Vernetzung vom kleinsten Sensor über embedded Geräte und SPS-Steuerungen bis PC und SmartPhone sowie Großrechner und Cloudanwendungen. Horizontale und vertikale Kommunikation über alle Ebenen.</p>	<p>OPC-UA skaliert von 15 kB footprint (Fraunhofer Lemgo) über Single- und Multicore-HW mit verschiedensten CPU-Architekturen (Intel, ARM, PPC, etc.). OPC-UA wird in Embedded-Feldgeräten, wie RFID-Readern, Protokollwandlern etc., d. h. de facto in allen SPS-Steuerungen und SCADA/HMI-Produkten sowie MES/ERP-Systemen, wie SAP, iTAC, eingesetzt. Cloud-Projekte in Amazon und Microsoft-Azure wurden bereits erfolgreich durchgeführt.</p>
<p>Sicherheit der Übertragung sowie Authentifizierung auf Anwender- und Anwendungsebene</p>	<p>OPC-UA verwendet x509-Zertifikate, Kerberos bzw. User/Passwort zur Authentifizierung der Applikation. Eine signierte und verschlüsselte Übertragung sowie ein Rechtekonzept auf Datenpunktebene mit Auditfunktionalität sind im Stack bereits vorhanden.</p>
<p>SOA Transport über etablierte Standards wie TCP/IP für den Austausch von Live- und historischen Daten, Kommandos und Ereignissen (Event/Callback)</p>	<p>OPC-UA ist unabhängig vom Transport, derzeit gibt es drei Protocol-Bindings, optimiertes TCP-basiertes Binärprotokoll für High-Performance Anwendungen, HTTP/HTTPS Webservice mit XML kodierten Nachrichten, weitere Bindings sind geplant z.B. XMPP und andere. Die Stacks garantieren den konsistenten Transport aller Daten sowie der Methoden-Argumente, Events basierend auf Token.</p>
<p>Abbildung beliebig komplexer Informationsinhalte zur Modellierung virtueller Objekte als Repräsentanten der realen Produkte und deren Produktionsschritte.</p>	<p>OPC-UA bietet ein voll vernetztes (nicht nur hierarchisch sondern full-meshed-network) objektorientiertes Konzept für den Namensraum, inklusive Metadaten zur Objektbeschreibung. Über die Referenzierung der Instanzen untereinander und ihrer Typen sowie über ein durch Vererbung beliebig erweiterbares Typmodell, sind beliebige Objektstrukturen erzeugbar. Da Server ihr Instanz- und Typsystem in sich tragen, können Clients durch dieses Netz navigieren und sich alle erforderlichen Informationen beschaffen, selbst über ihnen zuvor unbekannte Typen.</p>
<p>Ungeplante, Ad-hoc- Kommunikation für Plug-and-Produce-Funktion mit Beschreibung der Zugangsdaten und der angebotenen Funktion (Dienste) zur selbstorganisierten (auch autonomen) Teilnahme an einer "smarten", vernetzten Orchestration/Kombination von Komponenten</p>	<p>OPC-UA definiert verschiedene "Discovery" Mechanismen zur Bekanntmachung von OPC-UA-fähigen Teilnehmern und deren Funktionen/ Eigenschaften innerhalb von Subnetzen. Subnetzübergreifende Aggregation und intelligente, konfigurationslose Verfahren (z. B. Zeroconf) werden verwendet, um Netzteilnehmer zu identifizieren und zu adressieren.</p>
<p>Integration ins Engineering und semantische Erweiterung</p>	<p>Die OPC Foundation arbeitet bereits erfolgreich mit anderen Organisationen (PLCopen, BACnet, FDI, etc.) zusammen und ist derzeit in weiteren Kooperationen aktiv, wie z. B. MES D.A.CH, ISA95, MDIS (Öl und Gas Industrie), etc. Neu ist die Kooperation mit AutomationML, um die Interoperabilität zwischen Engineering-Tools zu optimieren.</p>
<p>Prüfbarkeit der Konformität zum definierten Standard</p>	<p>OPC-UA ist bereits IEC-Standard (IEC 62541); es existieren Tools und Testlabore, welche die Konformität prüfen und zertifizieren. Zusätzliche Test-Veranstaltungen (Plugfeste) erhöhen die Qualität und sichern die Kompatibilität. Für Erweiterungen/Ergänzungen (Companion Standards, Semantik) sind Ausweitungen der Tests erforderlich</p>



»Das Industrie 4.0 Paradigma erfordert Standards auf mehreren Ebenen, um modulare Produktionsanlagen gemäß Plug & Play aufbauen zu können. OPC-UA ist ein wichtiger Standard, der uns hilft, die Kommunikation zwischen Anlagenteilen herstellerunabhängig und sicher zu gestalten. Durch den industriegetriebenen Standardisierungsprozess ist eine hohe Akzeptanz seitens industrieller Anwender für OPC-UA als plattform- und herstellerunabhängige Kommunikationstechnologie über alle Ebenen der Automatisierungspyramide erkennbar. Die Informationsmodelle innerhalb des OPC-UA Standards bieten darüber hinaus die Grundlage zur Realisierung einer semantischen Interoperabilität.«

**Prof. Dr. Dr. Detlef Zühlke**, Direktor Innovative Fabriksysteme  
DFKI Kaiserslautern



»Eine entscheidende Komponente bei der Realisierung des Industrie 4.0 Gedanken ist eine offene und standardisierte Kommunikationsplattform. Erst durch diese werden Szenarien, welche eine Ebenen- und Unternehmensübergreifende Kommunikation benötigen, möglich. OPC-UA bietet durch sein plattform- sowie sprachenunabhängige Technologie eine geeignete und vielversprechende Basis. Seit Jahren wird am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme (AIS) OPC-UA eingesetzt. Besonders in der Forschung sind die offene Architektur sowie die breite Software und Hardware Unterstützung entscheidende Vorteile. Ein Beispiel hierfür ist die Kommunikation zwischen einem nicht Echtzeit fähigen high-level Agenten auf einer PC Plattform und einem Echtzeit fähigen low-level Agenten auf einer SPS. Hiermit lassen sich Rechenzeit und Geschwindigkeit optimal verteilen.«

**Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser**, Lehrstuhl Automatisierung und Informationssysteme, Technische Universität München



»Die Unikatfertigung wie beispielsweise in der maritimen Industrie oder im Sondermaschinenbau erfordert auch bei der Realisierung von Industrie 4.0 die Einbeziehung des Menschen als eine wichtige Komponente. Intelligente Assistenzsysteme und Entscheidungsunterstützung durch die Visualisierung existenzieller Daten sind hierbei wichtige Komponenten einer flexiblen hochautomatisierten Produktion. Beides erfordert eine kontextualisierte Integration heterogener Daten aus unterschiedlichen Quellen (ERP,

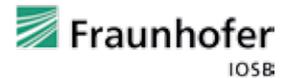
MES, BDE, ECMS, Umgebungssensorik, etc.), sowie deren situationsgerechte Bereitstellung über eine graphische Benutzungsschnittstelle und die Initiierung entsprechender Prozesse mit multimodalen Interaktionskonzepten. OPC-UA bietet mit seinen Möglichkeiten der horizontalen und vertikalen Integration und insbesondere durch die Unterstützung von Semantik eine ideale Basis für solche Lösungen.«

**Prof. Dr. Bodo Urban**, Standortleitung Rostock  
Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD



»OPC-UA bietet eine hervorragende Basis für Industrie 4.0; schließlich geht es um intelligente Vernetzung. Dass OPC-UA dazu weit mehr beitragen kann, als ein reines „Datenförderband“ zu sein zeigt sich anhand der zentralen Bedeutung von Informationsmodellen. Diese transportieren nicht nur Daten sondern Information, also Wissen über Strukturen, Zusammenhänge und Bedeutung – ein Muss für intelligente Vernetzung. Dazu ist OPC-UA schon heute als Technologie in Produkten verfügbar. Das ist wichtig, denn die ausgerufenen Revolution wird sich de facto als Evolution vollziehen. Und damit kann jetzt schon begonnen werden.«

**Prof. Dr.-Ing. Daniel Großmann**, Computer Science and Data Processing, Technische Hochschule Ingolstadt



»Die Grundidee von Industrie 4.0, dass sich nämlich Produkte, Geräte, Maschinen und IT-Systeme vernetzen, wird sich nur unter Verwendung offener Standards durchsetzen. Vorzugsweise werden heute schon existierende Standards für Industrie 4.0 genutzt. Darum ist OPC-UA aus unserer Sicht besonders geeignet, um die Forderungen nach Interoperabilität zu erfüllen. Dies gilt vor allem deswegen, weil im OPC-UA-Informationsmodell auch die Semantik, d.h. die Bedeutung einzelner Daten, hinterlegt werden kann. In unseren Forschungs- und Entwicklungsprojekten setzen wir auf OPC-UA als Kommunikationsstandard in der Fabrik der Zukunft – von der Feldebene zur Maschine und von der Maschine zum überlagerten MES.«

**Dr. Olaf Sauer**, Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB)

## Einschätzungen aus Forschung und Lehre



»OPC-UA weist eine sehr hohe Skalierungsfähigkeit auf, so dass ein durchgängiger Informationsaustausch zwischen Sensoren, Steuerungen und ERP-Systemen möglich ist. Der nächste Schritt auf dem Weg zur Smart Factory ist für OPC-UA die Realisierung von semantischen Diensten.«

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite**, Institutsleiter, Institut für Industrielle Informationstechnik (inIT), Hochschule Ostwestfalen-Lippe und Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA)



»OPC-UA hat das Potential, die bestehende Vielfalt an Industrial Ethernet Protokollen durch eine direkte Verbindung zwischen Feldgeräten und Applikation zu ersetzen, ausser beim zeitkritischen Datenaustausch.«

**Prof. Dr. Hubert Kirrmann**, Senior Principal Scientist, ABB, Corporate Research



»OPC-UA hat das Potential die Basis für eine schnelle, herstellerübergreifende Implementierung von Industrie 4.0 und der in diesem Zusammenhang benötigten internetbasierten Dienste zu sein. Damit alle diese Chance nutzen und davon profitieren können, ist es notwendig, proprietäre Lösungen dieser Vision unterzuordnen.«

**Dr.-Ing. Reinhold Achatz**, Head of Corporate Function Technology, Innovation & Sustainability, ThyssenKrupp AG



»Industrie 4.0 beschreibt einen Wandel in der Industrie, hervorgerufen durch die Verschmelzung von Entwicklungen im Bereich Fabrikautomatisierung, IT, Internet und Social Media. In diesem Umfeld sehen wir insbesondere eine immer enger werdende Verzahnung zwischen den betriebswirtschaftlichen Prozessen und der Automatisierung, die letzten Endes zu einer vereinfachten Systemlandschaft und zu messbaren Produktivitätssteigerungen führen wird. Informationen wie Prüfparameter, Vorgabewerte oder Maschineneinstellungen brauchen zukünftig nicht mehr redundant gepflegt, sondern können einmalig definiert und mit der Automatisierungsebene direkt ausgetauscht werden. Fehlerquellen gehen dadurch zurück, die Qualität der Daten und letztendlich der Produkte steigt. Die SAP setzt hierbei auf Standards wie beispielsweise OPC-UA, die einen einfachen, skalierbaren und sicheren Informationsaustausch mit verschiedensten Systemen in der Fabrik gewährleisten. Nur unter Verwendung von Standards wird letztendlich die Komplexität, hervorgerufen durch eine Vielzahl verschiedenster Systeme im Shop Floor, auf Dauer beherrschbar.«

**Veronika Schmid-Lutz**, Product Owner Manufacturing, SAP AG

## Akzeptanz in der Industrie



»OPC-UA erweist sich als optimale Basis für die Umsetzung der von Industrie 4.0 geforderten Funktionen. Denn das Protokoll ist bereits verfügbar und in unzähligen Geräten von der Sensorebene bis zu MES- und ERP-Systemen integriert. Zudem wird es von allen Automatisierungsanbietern unterstützt. Dabei deckt OPC-UA auch die interne Kommunikation innerhalb des CPS ab und fungiert teilweise als Feldbusersatz oder Middleware zwischen den im CPS interagierenden Modulen.«

**Robert Wilmes**, Phoenix Contact



»OPC-UA spielt in unserem Digital Enterprise Platform-Ansatz auf dem evolutionären Weg zur Vision einer Industrie 4.0 eine wichtige Rolle.«

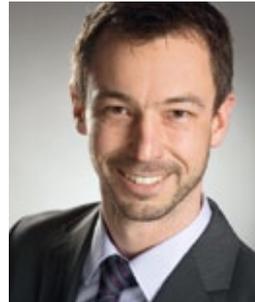
**Prof. Dr. Dieter Wegener**, Siemens Industry Sector, VP Advanced Technologies & Standards



## SIEMENS

»Als Gründungsmitglied der OPC Foundation strebt Siemens danach, Mehrwert für seine Kunden zu generieren – durch das Vorantreiben der Automatisierung sowie die Weiterentwicklung und Interoperabilität der Technologien unterschiedlicher Systemanbieter. In vielen unserer Innovationen – wie der Netzwerk-Management-Lösung Sinema Server, dem Human Machine Interface Simatic HMI oder dem flexiblen, modularen Motoren-Management-System Simocode pro – kommen OPC Standards zur Anwendung. OPC-UA ist eine Implementierung, der wir besonders hohe Relevanz beimessen. Deshalb sind wir in diesem Bereich schon immer sehr engagiert gewesen und gehören zu den ersten Unternehmen, deren Produkte zertifiziert sind.«

**Thomas Hahn**, Siemens AG, OPC board member



## FESTO

»Für zukünftige modulare und skalierbare Produktionsanlagen erwarten wir durch die Verwendung von OPC-UA eine deutliche Vereinfachung der Anbindung solcher Anlagen an übergeordnete Systeme (MES, ERP). Der große Vorteil besteht für uns darin, dass herstellerübergreifend eine standardisierte Kommunikation stattfinden kann. Um diese Vorteile wirklich voll ausschöpfen zu können, ist es für uns wichtig, dass Hardware-Hersteller einen OPC-UA Server auf ihren Embedded-Systemen direkt implementieren.«

**Steffen Schmidt**, Leiter Konstruktion Steuerungstechnik, Festo



## Continental

»Die Verschmelzung von Automatisierungstechnik und Informationstechnologien benötigt 2 Schlüsselemente. Erstens – ein intelligentes, vernetztes System, welches regelbasierte Entscheidungen treffen kann und Daten speichert – also ein Manufacturing Execution System (MES) – und vielleicht wichtiger, zweitens – eine Kommunikationsschicht, die schnell, plattformunabhängig, skalierbar, sicher und sich horizontal sowie vertikal, von der Geräteebene bis in die ERP-Systeme integrieren lässt – OPC-UA. Per se haben wir dann – unabhängig von dem Ort der gespeicherten Daten – ein Industrie 4.0 fähiges System oder ein so genanntes Cyber-Physical-System (CPS).«

**Angelo Bindi**, Senior Manager Central Control and Information Systems  
Continental Teves – Gründungsmitglied und Vorstand MES DACH

## Vorreiter in der Automation



## BECKHOFF

»Industrie 4.0 vernetzt die Automatisierungswelt mit der IT- und Internetwelt und wird die daraus entstehenden Synergien praktisch nutzbar machen. Vernetzung bedeutet Kommunikation, Kommunikation benötigt Sprachen und darüber ausgelöste Funktionen und Dienste. OPC-UA bietet genau hierfür eine weltweit akzeptierte, äußerst leistungsfähige und anpassbare Standardbasis.«

**Hans Beckhoff**, Managing Director, Beckhoff Automation GmbH



»Industrie 4.0 heißt vertikale Integration aller Stufen der Wertschöpfungskette und horizontale Integration in Wertschöpfungsnetzwerken. Darum wird die Verwirklichung von Industrie 4.0 ganz entscheidend von den Schnittstellen abhängen. OPC-UA bietet hierfür viele Vorteile, nicht zuletzt den, dass es ein etablierter, breit akzeptierter Standard ist. Für die Einbindung möglichst vieler Teilnehmer, gerade auch kleiner und mittelständischer Unternehmen, ist dies unerlässlich. Mit dieser einheitlichen Schnittstelle, die sowohl echtzeitfähig ist und Sicherheitsaspekte zentral berücksichtigt, als auch die Einbindung von semantischen Anwendungen ermöglicht, liegt eine herstellerunabhängige Lösung vor, die sich für den Einsatz bei Industrie 4.0 natürlich anbietet.«

**Dr. Bernhard Diegner**, Leiter der Abt. Forschung, Berufsbildung, Fertigungstechnik ZVEI



»Standardisierung ist ein wirkungsvoller Hebel für Innovationen in vielen Wirtschaftsbereichen, so auch in der Anwendung von Industrie 4.0 bei produzierenden Unternehmen. Die neue Art der Wertschöpfungsnetzwerke mit dynamischen Geschäftsmodellen über Unternehmens- und Branchengrenzen hinweg und die vertikale Integration innerhalb des Unternehmens unter Einbeziehung der installierten Systeme erfordert eine Vielzahl von Schnittstellen und eine andere Strategie der Standardisierung. Das bestätigt auch die Umfrage der Plattform Industrie 4.0. Die Mitglieder des BITKOM, VDMA und ZVEI nannten die Standardisierung als größte Herausforderung zur Umsetzung von Industrie 4.0. Organisationen wie OPC Europe spielen dabei eine maßgebliche Rolle.«

**Wolfgang Dorst**, Bereichsleiter Industrie 4.0 im BITKOM, Mitglied der Projektleitung in der Plattform Industrie 4.0



»Um die Ziele von Industrie 4.0 zu erreichen, sind Lösungen nötig, die einer sicheren und effizienten Verbindung der Maschinen und Anlagen auch mit der Informationstechnik dienen. Alle bereits vorhandenen Lösungen – auch OPC-UA – bieten eine gute Chance, diese Aufgaben sachgerecht anzugehen und der Umsetzung der Ideen von Industrie 4.0 näher zu kommen.«

**Peter Früauf**, Elektrische Automation VDMA

---

## Empfehlungen der Verbände

---



»Mit Industrie 4.0 beschreiben wir den Wandel von automatisierten zu dezentral vernetzten, selbststeuernden Produktionsumgebungen, in denen Maschinen mit Maschinen, Werkstücken und Komponenten kommunizieren. Hierfür erfasst und verarbeitet das MES Prozessdaten sämtlicher Sensoren und Akteure in Echtzeit. MES nimmt eine Schlüsselrolle in Industrie 4.0-Fertigungsszenarien ein und wird zum „Nukleus“ der smarten Fabrik. Die MES-Anlagen-Integration hängt maßgeblich davon ab, Daten über offene Schnittstellen-Standards wie OPC-UA zwischen allen Systemen verfügbar zu machen. Die Vorteile dieses Protokolls sind, dass es von zahlreichen Automatisierungsherstellern unterstützt wird und plattformunabhängig eingesetzt werden kann. Aufgabe der Fertigungsindustrie ist es, diesen Standard zu implementieren – einen Prozess, den wir mit umfassendem Industrie 4.0-Know-how beratend begleiten.«

**Thomas Ahlers**, Mitglied der Geschäftsleitung Freudenberg IT  
Vorsitzender des BITKOM Arbeitskreises Industrie 4.0 Interoperabilität



»Die Komplexität industrieller Systeme steigt ständig. Zu ihrer Beherrschung werden in Entwurf und Betrieb Methoden und Technologien benötigt, die eine Modularisierung und Strukturierung ermöglichen. Die OPC Technologie und ihr neuer Vertreter OPC-UA haben sich in diesem Bereich bestens bewährt. Sie ist weit verbreitet und kann als ein Eintrittspunkt für die Kombination von Entwurf und Betrieb, wie sie in der Industrie 4.0 angedacht wird, dienen.«

**apl. Prof. Dr.- Ing. habil. Arndt Lüder**, Otto-v.-Guericke Universität, Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, 4. Vorstand AutomationML e.V.



»Kommunikation bezieht sich nicht auf den Austausch von Daten – es geht um den einfachen und sicheren Zugriff auf Informationen. Genau das ist der Schlüssel der Kooperation zwischen PLCopen und OPC Foundation. Die OPC-UA Technologie ermöglicht die transparente Kommunikation unabhängig vom Netzwerk – das ist die Basis eines neuen Kommunikationszeitalters im Bereich der Industriellen Steuerungen.«

**Eelco van der Wal**, Managing Director PLCopen



»Für neue Möglichkeiten der Integration zwischen Industrie- und Gebäudeautomation kooperieren BACnet und OPC-UA bereits: Energiedaten sind durch BACnet semantisch definiert und können bequem und interoperabel per OPC-UA an Enterprise-Systeme bereitgestellt werden: Eine ideale Standardisierung vom Sensor bis in die IT-Abrechnungssysteme.«

**Frank Schubert**, Mitglied Advisory Board der BACnet Interest Group Europe

---

## OPC-UA auf einen Blick – Sicherer, zuverlässiger und plattform- unabhängiger Informationsaustausch

---

### **SICHERER, ZUVERLÄSSIGER UND PLATTFORMUNABHÄNGIGER INFORMATIONSAUSTAUSCH**

OPC-UA ist die neue Technologiegeneration der OPC Foundation für sicheren, zuverlässigen und herstellerunabhängigen Transport von Rohdaten und vorverarbeiteten Informationen von der Sensor- und Feldebene bis hinauf zum Leitsystem und in die Produktionsplanungssysteme. Mit OPC-UA ist jede Art von Information zu jedem Zeitpunkt und an jedem Ort für jede autorisierte Anwendung und jede autorisierte Person verfügbar.

### **PLATTFORM- UND HERSTELLERUNABHÄNGIG**

OPC-UA ist unabhängig vom Hersteller oder Systemlieferanten, der die jeweilige Anwendung produziert bzw. liefert. Die Kommunikation ist unabhängig von der Programmiersprache in der die jeweilige Software programmiert wurde. Und es ist unabhängig vom Betriebssystem auf dem die Anwendung arbeitet. Es ist ein offener Standard ohne irgendeine Abhängigkeit oder Bindung zu proprietären Technologien oder einzelnen Herstellern.

### **STANDARDISIERTE KOMMUNIKATION ÜBER INTERNET & FIREWALLS**

OPC-UA erweitert den vorhergehenden OPC Industriestandard um einige wichtige Funktionen wie Plattformunabhängigkeit, Skalierbarkeit, Hochverfügbarkeit und Internetfähigkeit. OPC-UA basiert nicht länger auf der DCOM Technologie von Microsoft, es wurde aufbauend auf serviceorientierter Architektur (SOA) neu konzipiert. OPC-UA kann daher sehr einfach adaptiert werden. Bereits heute verbindet OPC-UA die Enterpriseebene bis hinunter in die eingebetteten Systeme der Automatisierungskomponenten – unabhängig von Microsoft, UNIX oder irgendeinem anderen Betriebssystem. OPC-UA verwendet ein TCP-basiertes, optimiertes, binäres Protokoll für den

Datenaustausch über einen bei IANA eingetragenen Port 4840. Webservice und HTTP werden optional zusätzlich unterstützt. Es ist ausreichend einen einzigen Port in der Firewall frei zu schalten. Die integrierten Verschlüsselungsmechanismen sorgen für sichere Kommunikation über das Internet.

### **SERVICEORIENTIERTE ARCHITEKTUR**

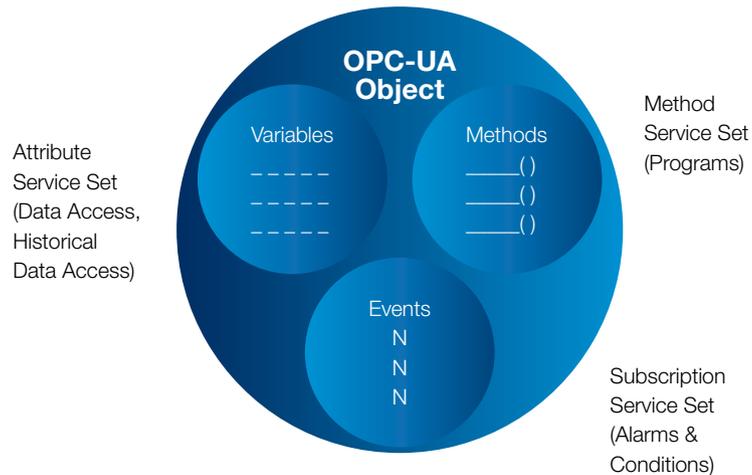
OPC-UA definiert generische Dienste und folgt dabei dem Designparadigma der Service Oriented Architecture (SOA), bei dem ein Dienstanbieter Anfragen (requests) erhält, diese bearbeitet und die Ergebnisse mit der Antwort (response) zurück sendet. Im Unterschied zu klassischen Webservices, die ihre Dienste über eine WSDL beschreiben, und somit bei jedem Dienstanbieter unterschiedlich sein können, sind bei OPC-UA bereits generische Dienste definiert. Eine WSDL ist somit nicht erforderlich, denn die Dienste sind standardisiert. Dadurch sind sie kompatibel und interoperabel, ohne das der Aufrufer ein spezielles Wissen über den Aufbau oder das Verhalten eines speziellen Dienstes wissen muss. OPC-UA definiert verschiedene Gruppen von Diensten für unterschiedlich Aufgaben (Lesen/Schreiben/Melden/Ausführen, Navigieren/Suchen, Verbindung/Sitzung/Sicherheit). Die Flexibilität entsteht über das Informationsmodell von OPC-UA. Aufsetzend auf ein Basismodell können beliebig komplexe, objektorientierte Erweiterungen vorgenommen werden, ohne das dadurch die Interoperabilität beeinträchtigt wird.

### **SCHUTZ VOR UNERLAUBTEM ZUGRIFF**

OPC-UA Technologie verwendet bewährte Sicherheitskonzepte, die Schutz vor unerlaubtem Zugriff bieten genauso wie Schutz vor Sabotage und Modifikation von Prozessdaten sowie Schutz vor unachtsamer Bedienung. Die OPC-UA Sicherheitskonzepte beinhalten Anwender- und Anwendungsauthentifikation, die Signierung von Nachrichten und die Verschlüsselung der übertragenen Daten selbst. OPC-



Vereinheitlichtes OPC-UA Objekt



UA-Sicherheit basiert auf anerkannten Standards, die auch für sichere Kommunikation im Internet verwendet werden, wie beispielsweise SSL, TLS und AES. Die Sicherheitsmechanismen sind Teil des Standards und verpflichtend für die Hersteller. Der Anwender darf die verschiedenen Sicherheitsfunktionen entsprechend seines Use-Cases frei kombinieren, somit entsteht skalierbare Sicherheit in Abhängigkeit der spezifischen Anwendung.

**ERREICHBARKEIT UND ZUVERLÄSSIGKEIT**

OPC-UA definiert eine robuste Architektur mit zuverlässigen Kommunikationsmechanismen, konfigurierbaren Timeouts und automatischer Fehlererkennung. Die Fehlerbehebungsmechanismen stellen automatisch die Kommunikationsverbindung zwischen OPC-UA Client und OPC-UA Server ohne Datenverlust wieder her. OPC-UA bietet Redundanzfunktionen, die sowohl in Client- und Serveranwendungen integrierbar sind, und somit die Implementierung von hochverfügbaren Systemen mit maximaler Zuverlässigkeit ermöglichen.

**VEREINFACHUNG DURCH VEREINHEITLICHUNG**

OPC-UA definiert einen integrierten Adressraum und ein Informationsmodell in welchem Prozessdaten, Alarme und historische Daten zusammen mit Funktionsaufrufen repräsentiert werden können. OPC-UA kombiniert dabei alle klassischen OPC Funktionalität

ten und erlaubt die Beschreibung von komplexen Prozeduren und Systemen in einheitlichen objektorientierten Komponenten. Informationskonsumenten, die lediglich die Basisregeln unterstützen, können auch ohne Kenntnis der Zusammenhänge der komplexen Strukturen eines Servers, die Daten verarbeiten.

**ANWENDUNGSBEREICHE**

Die universelle Anwendbarkeit der OPC-UA Technologie ermöglicht die Implementierung völlig neuer vertikaler Integrationskonzepte. Durch Kaskadierung von OPC-UA Komponenten wird die Information sicher und zuverlässig von der Produktionsebene bis hin ins ERP System transportiert. Eingebettete OPC-UA Server auf der Feldgeräteebene und integrierte OPC-UA Clients in ERP Systemen auf der Enterpriseebene werden direkt miteinander verbunden. Die entsprechenden OPC-UA Komponenten können dabei geografisch verteilt und durch Firewalls voneinander getrennt sein. OPC-UA ermöglicht anderen Standardisierungsgremien die OPC-UA-Dienste als Transportmechanismus für ihre eigenen Informationsmodelle zu nutzen. Die OPC Foundation kooperiert heute bereits mit vielen verschiedenen Gruppen aus unterschiedlichen Branchen, u.a. PLCopen, BACnet, ISA und FDI. Es werden Zusatzspezifikationen erarbeitet, die gemeinsame, semantische Definitionen von Informationsmodellen beinhalten.

# OPC-UA Technologie im Detail



**Karl-Heinz Deiretsbacher,**  
Industry Automation Division  
Siemens AG  
Leiter des OPC-UA Technical  
Advisory Boards



**Dr. Wolfgang Mahnke,**  
Software Architect R&D Fieldbus  
ABB Automation GmbH



Die Kommunikation bei Industrie 4.0 basiert nicht nur auf reinen Daten, sondern auf dem Austausch semantischer Informationen. Darüber hinaus spielt die Übertragungssicherheit eine herausragende Bedeutung. Diese beiden Aufgabenstellungen sind Kernpunkte der OPC Unified Architecture. OPC-UA enthält eine umfassende Beschreibungssprache und die erforderlichen Kommunikationsdienste für Informationsmodelle und ist damit universell nutzbar.

### EINFÜHRUNG

Der Trend in der Automatisierung geht dahin, auch die Semantik der Kommunikationsdaten zu standardisieren. Normen wie ISA 88 (auch IEC 61512, Chargenverarbeitung), ISA 95 (auch IEC 62264, MES Ebene), oder das Common Information Model (CIM) mit der IEC 61970 für Energiemanagement sowie IEC 61968 für Energieverteilung definieren die Semantik der Daten in denen von ihnen adressierten Domänen. Dies passiert zunächst unabhängig von der Spezifikation, wie die Daten übertragen werden.

Mit OPC-UA – auch veröffentlicht als IEC 62541 – können beliebig komplexe Informationsmodelle ausgetauscht werden – und zwar sowohl die Instanzen als auch die Typen (die Metadaten). Damit ergänzt es die oben genannten Standards und ermöglicht eine Interoperabilität auf semantischer Ebene.

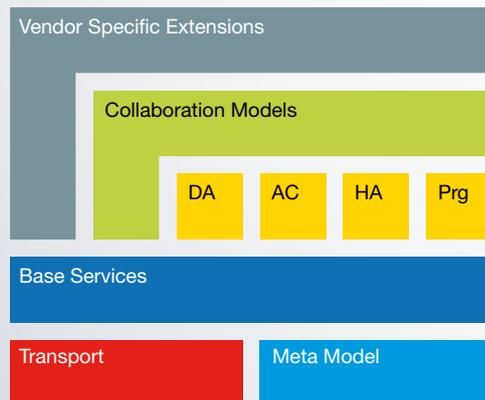
### ZIELSETZUNG BEI DER KONZIPIERUNG

OPC-UA wurde für die Unterstützung unterschiedlichster Systeme konzipiert: von der SPS in der Produktion bis zu den Servern des Unternehmens. Diese Systeme sind durch eine große Vielfalt hinsichtlich Größe, Leistung, Plattformen und funktionellen Fähigkeiten charakterisiert.

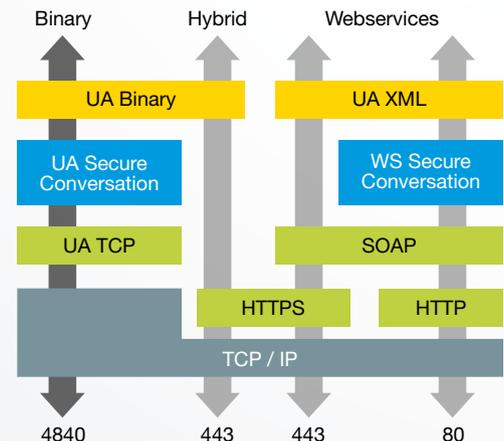
Um die Zielsetzung zu erreichen wurden für OPC-UA folgende Grundbestandteile spezifiziert:

- Transport – für die Mechanismen zum Datenaustausch zwischen OPC-UA Anwendungen. Verschiedene Transport Protokolle existieren für unterschiedliche Anforderungen (optimiert für Geschwindigkeit und Durchsatz = UA TCP mit UA Binary; firewall-friendly = HTTP + Soap).
- Meta Modell – spezifiziert die Regeln und Grundbausteine um ein Informationsmodell über OPC-UA zu veröffentlichen. Es beinhaltet auch verschiedene Einstiegsknoten und Basis Typen.
- Services – realisieren die Schnittstelle zwischen einem Server als Anbieter von Information und den Clients als Nutzer dieser Information.

Auch die Informationsmodelle sind schichtenweise aufgebaut. Jeder höherwertige Typ basiert auf bestimmten Basisregeln. Somit können Clients, die nur die Basisregeln kennen und implementieren trotzdem auch komplexe Informationsmodelle bearbeiten. Sie verstehen dann zwar nicht die Zusammenhänge, können aber z.B. durch den Adressraum navigieren und Datenvariablen lesen oder schreiben.



Schichtenmodell von OPC-UA



OPC UA Transport-Profil



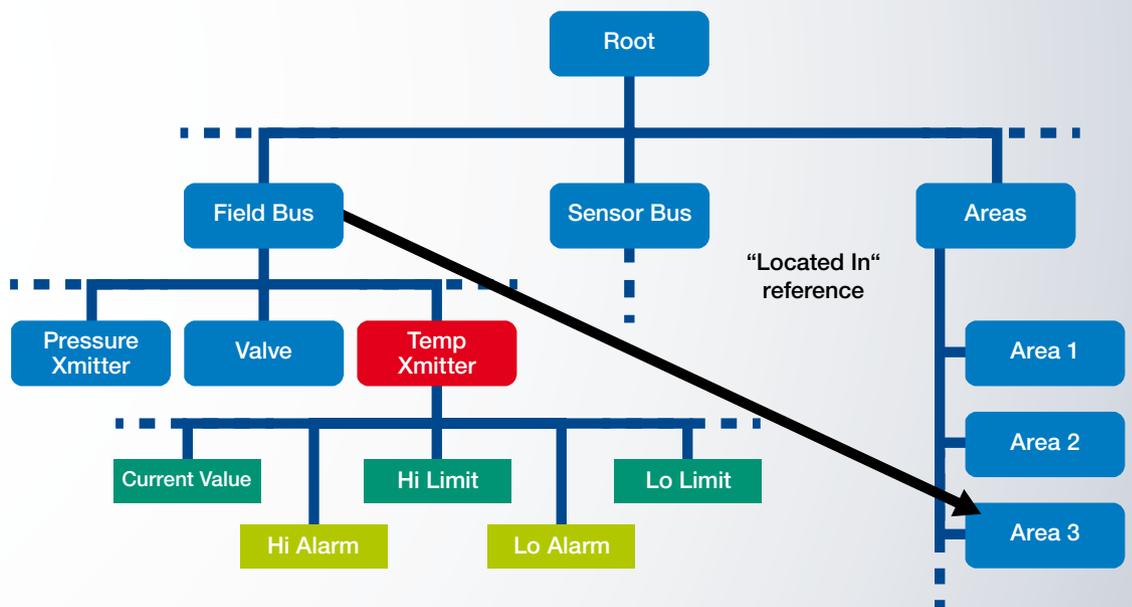
### INTEGRIERTES ADRESSRAUMMODELL

Das Objektmodell erlaubt es, Produktionsdaten, Alarme, Events und historische Daten in einen einzigen OPC-UA Server zu integrieren. Damit kann beispielsweise ein Messgerät für Temperatur als ein Objekt mit seinem Temperaturwert, Alarmparametern sowie entsprechenden Alarmgrenzen dargestellt werden.

OPC-UA integriert und vereinheitlicht die unterschiedlichen Adressräume und die Schnittstellen zum Zugriff, sodass OPC-UA Anwendungen nur noch eine Schnittstelle zum Navigieren benötigen.

Um die Interoperabilität von Clients und Servern zu fördern, ist der OPC-UA Adressraum hierarchisch aufgebaut; die oberen Ebenen sind für alle Server standardisiert. Alle Knoten im Adressraum sind über die Hierarchie erreichbar, können aber untereinander zusätzliche Referenzen haben, so dass der Adressraum ein zusammenhängendes Netzwerk von Knoten bildet.

Im Adressraum von OPC-UA sind nicht nur Instanzen (Instanzraum), sondern auch die Typen der Instanzen (Typraum) enthalten.



Einheitlicher Adressraum

### INTEGRIERTE SERVICES

OPC-UA definiert die notwendigen Dienste (Services) um durch den Namensraum zu navigieren, Variablen zu lesen oder zu beschreiben, oder sich für Datenänderungen und Events anzumelden.

Die OPC-UA Services werden in logischen Gruppierungen, so genannten Service Sets, organisiert. Service Request und Response werden durch Austausch von Nachrichten zwischen Clients und Servern übermittelt.

Der Austausch der OPC-UA Nachrichten erfolgt entweder über ein OPC-spezifisches binäres Protokoll auf TCP/IP oder als Web Service. Anwendungen werden meist beide Schnittstellenarten zur Verfügung stellen, so dass der Anlagenbetreiber die am besten geeignete Art wählen kann.

OPC-UA stellt insgesamt 9 Basis Service Sets zur Verfügung. Im Folgenden sind die einzelnen Sets mit einer kurzen Beschreibung aufgelistet. Da nicht alle Server alle Service Sets verwenden, kann über ihre Profile abgefragt werden, welche Services sie unterstützen. Profile werden hier nicht näher betrachtet.

#### → **SecureChannel Service Set**

Der Client kann damit die Sicherheitskonfiguration des Servers abfragen und einen Kommunikationskanal einrichten, bei dem die Vertraulichkeit und die Vollständigkeit (Integrität) der ausgetauschten Meldungen garantiert ist.

Diese Services werden nicht direkt in der OPC-UA Applikation implementiert sondern vom verwendeten Kommunikations-Stack zur Verfügung gestellt.

#### → **Session Service Set**

Dient zum Erstellen einer anwenderspezifischen Verbindung zu einer Applikation.

#### → **NodeManagement Service Set**

Damit können Knoten (Nodes) im Adressraum hinzugefügt, geändert oder gelöscht werden.

#### → **View Service Set**

Der Client kann damit durch den Adressraum (oder Teilen davon) browsen, also in der Hierarchie auf und ab navigieren oder Verweisen zwischen Knoten folgen. Es erlaubt dem Client auch die Struktur des Adressraums zu erkunden.

#### → **Attribute Service Set**

Diese Services werden vom Client zum Lesen und Schreiben von Werten (Attributen) benötigt.

#### → **Method Service Set**

Erlaubt das Aufrufen von Methoden, welche in einem Knoten im Adressraum enthalten sind.

#### → **MonitoredItem Service Set**

Mit diesem Dienst kann eingestellt werden, welche Attribute aus dem Adressraum für einen Client auf Wertänderungen überwacht werden sollen oder an welchen Events der Client interessiert ist.

#### → **Subscription Service Set**

Damit können für MonitoredItems Mitteilungen erzeugt, verändert oder gelöscht werden.

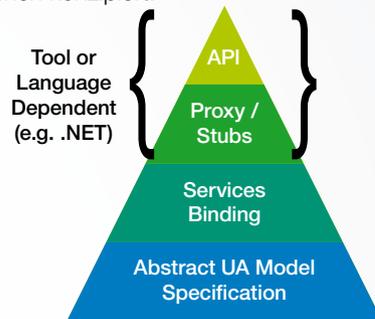
#### → **Query Service Set**

Diese Services erlauben dem Client Knoten nach bestimmten Filterkriterien aus dem Adressraum auszuwählen.



### PLATTFORM-UNABHÄNGIGKEIT

Im Gegensatz zu „Classic OPC“, das auf der DCOM Technologie basiert und deshalb zwangsläufig an die Windows Plattform und dort unterstützte Sprachen gebunden ist, wurde OPC-UA von Beginn an für den Einsatz auf beliebigen Plattformen und Programmiersprachen konzipiert.



Dienste sind unabhängig vom Modell

- **Auf der untersten Ebene** sind das abstrakte OPC-UA Modell und die Services. Darin enthalten ist das gesamte Adressraummodell, verschiedene Objekt- und Variablenstrukturen, Alarme, und mehr.
- **Auf der nächsten Ebene** (Services Binding) wird spezifiziert, wie die Services auf bestimmte Protokolle abzubilden sind. Zurzeit gibt es eine Abbildung für TCP (UA-TCP) und für HTTP (OPC-UA WebServices). In Zukunft – wenn sich neue Technologien etablieren – können weitere Abbildungen spezifiziert werden ohne das OPC-UA Modell und die Services zu ändern. Die Abbildungen basieren ausschließlich auf standardisierten Basisprotokollen die auf allen bekannten Plattformen bereits existieren.
- **Die folgenden Ebenen** sind Realisierungen für dedizierte Plattformen und Sprachen. Die OPC Foundation selbst bietet drei solche Realisierungen an, nämlich für Java, .NET und AnsiC/C++. Die letzte Variante enthält eine Plattform-Adaptionsschicht.

### PERFORMANCE

Die OPC-UA Services können auf unterschiedliche Technologien abgebildet werden. Zurzeit gibt es im Wesentlichen zwei Abbildungen: UA-TCP und HTTPS. Der Einsatz von UA-TCP über moderne Ethernet Technologien sichert sehr gute Performancewerte. Aber auch die Services selbst sind für hohen Datendurchsatz konzipiert. Mit einem einzelnen Leseaufruf kann z.B. auf tausende von Werten zugegriffen werden. Subscription Services ermöglichen die Notifizierung bei Änderung und Überschreitung von Schwellwerten.

### INFORMATIONSMODELLE MIT OPC-UA

#### DAS OPC-UA META MODELL

→ **Wichtig:** Das OPC-UA Modell beschreibt, wie Clients auf Informationen im Server zugreifen. Es spezifiziert in keiner Weise wie diese Information im Server zu organisieren ist. Sie könnte z.B. in einem unterlagerten Gerät oder in einer Datenbank liegen.

Das OPC-UA Objektmodell definiert einen Satz von einheitlichen Knotentypen, mit denen Objekte im Adressraum dargestellt werden können. Dieses Modell repräsentiert Objekte mit ihren Variablen (Daten/Eigenschaften), Methoden, Events und ihren Beziehungen zu anderen Objekten. Die Eigenschaften der Knoten werden durch OPC-UA definierte Attribute beschrieben. Attribute sind die einzigen Elemente eines Servers, die Datenwerte haben. Die Datentypen der Attribute können einfach oder auch komplex sein. OPC-UA ermöglicht die Modellierung beliebiger Objekt- und Variablentypen und Beziehungen zwischen diesen. Die Semantik wird vom Server im Adressraum angezeigt und kann von Clients (beim Navigieren) erfasst werden. Typdefinitionen können standardisiert oder herstellerspezifisch sein. Jeder Typ wird von der Organisation identifiziert, die für seine Definition verantwortlich ist.

## GENERISCHE OPC-UA INFORMATIONSMODELLE

Modelle für allgemein gültige Information (z.B. Alarme oder Automatisierungsdaten) sind bereits durch OPC-UA spezifiziert. Andere Informationsmodelle leiten sich davon ab um die allgemeinen Definitionen weiter zu spezialisieren. Clients, die gegen die allgemeinen Modelle programmiert sind, können daher in gewissen Umfang auch die spezialisierten Modelle bearbeiten.

### 1. DATA ACCESS (DA)

Data Access, kurz DA, beschreibt die Modellierung von Automatisierungsdaten. Es beinhaltet unter anderem die Definition von analogen und diskreten Variablen, Engineering Units und Quality Codes. Datenquellen sind Sensoren, Regler, Positionsgeber etc. und können entweder über direkt am Gerät liegende I/O's oder über serielle Verbindungen und Feldbusse auf entfernten Geräten angeschlossen werden.

### 2. ALARMS AND CONDITIONS (AC)

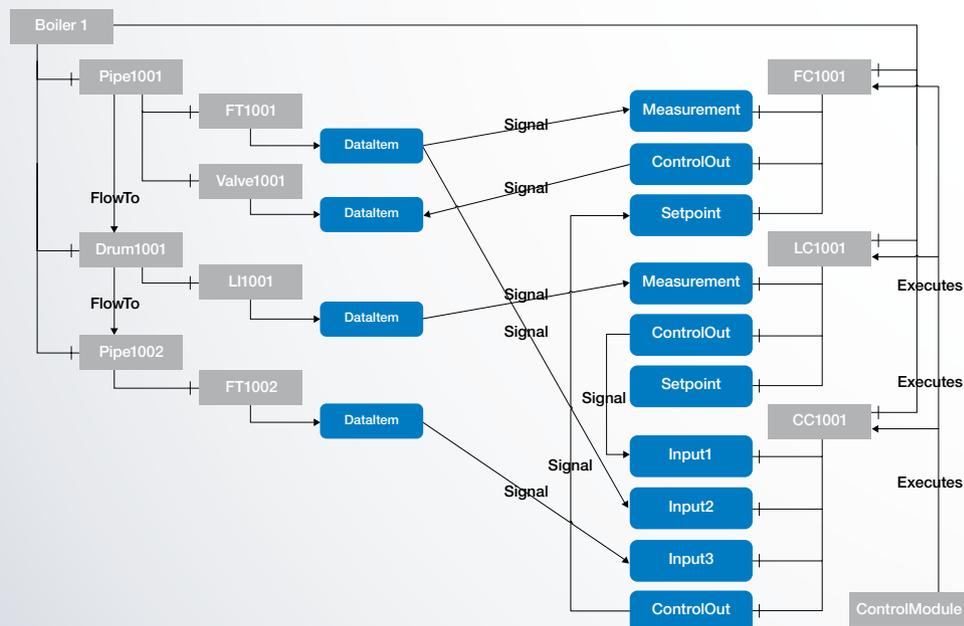
Dieses Informationsmodell definiert, wie Zustände (Dialoge, Alarme) gehandhabt werden. Eine Zustandsänderung löst ein Event aus. Clients können sich für solche Events anmelden und auswählen, welche der verfügbaren Begleitwerte sie als Teil des Eventreports erhalten wollen (z.B. Meldungstext, Quittierverhalten).

### 3. HISTORICAL ACCESS (HA)

HA ermöglicht dem Client Zugriff auf historische Variablenwerte und Events. Er kann diese Daten lesen, schreiben oder ändern. Die Daten können sich in einer Datenbank, in einem Archiv oder in einem anderen Speicher befinden. Vielfältige Aggregatfunktionen erlauben eine Vorverarbeitung im Server.

### 4. PROGRAMS

Ein ‚Program‘ repräsentiert eine komplexe Aufgabe, wie den Betrieb und die Bedienung von Batch Prozessen. Jedes Programm stellt sich durch einen Zustandsautomaten dar; die Zustandsübergänge lösen Meldungen an den Client aus.



Beispielhafte UA-Modellierung eines Kessels



### **TECHNOLOGIE-SPEZIFISCHE INFORMATIONSMODELLE**

Etliche Standardisierungsgremien der Leittechnik/Automatisierungstechnik erstellen technologie-spezifische Informationsmodelle. IEC61804 (EDDL), ISA SP 103 (Field Device Tool), ISA-S88, ISA-S95, und IEC-TC57-CIM seien als Beispiele genannt. Diese Spezifikationen sind wichtig, da sie jeweils die Bezeichnungen von Einheiten, Relationen und Arbeitsabläufen bestimmter Wissensgebiete vereinheitlichen.

Schon frühzeitig hat die OPC Foundation bei der Entwicklung des neuen Standards auf die Zusammenarbeit mit anderen Organisationen gesetzt. In gemeinsamen Arbeitsgruppen mit diesen Organisationen werden Abbildungsregeln für deren Informationsmodelle auf OPC-UA spezifiziert (= Companion Standards).

#### **Zurzeit gibt es oder entstehen folgende Companion Standards:**

- OPC-UA for Devices  
(IEC 62541-100)
- OPC-UA for Analyser Devices
- OPC-UA for Field Device Integration
- OPC-UA for Programmable Controllers  
based on IEC61131-3
- OPC-UA for Enterprise and Control  
Systems based on ISA 95
- OPC-UA for Machine Tool Connectivity  
(MTConnect)

## SECURITY MODELL

### ALLGEMEINES

Bei OPC-UA ist Security eine elementare Anforderung und sie wurde daher in die Architektur integriert. Die Mechanismen (vergleichbar dem Secure Channel Konzept der W3C) basieren auf einer detaillierten Analyse der Bedrohungen.

OPC-UA Security befasst sich mit der Authentifizierung von Clients und Servern, der Integrität und Vertraulichkeit der ausgetauschten Nachrichten und der Prüfbarkeit von Funktionsprofilen.

OPC-UA Security ergänzt die von den meisten webfähigen Plattformen bereitgestellte Sicherheitsinfrastruktur. Sie basiert auf der in der folgenden Abbildung gezeigten Architektur. Die drei Ebenen sind User Security, Application Security und Transport Security.

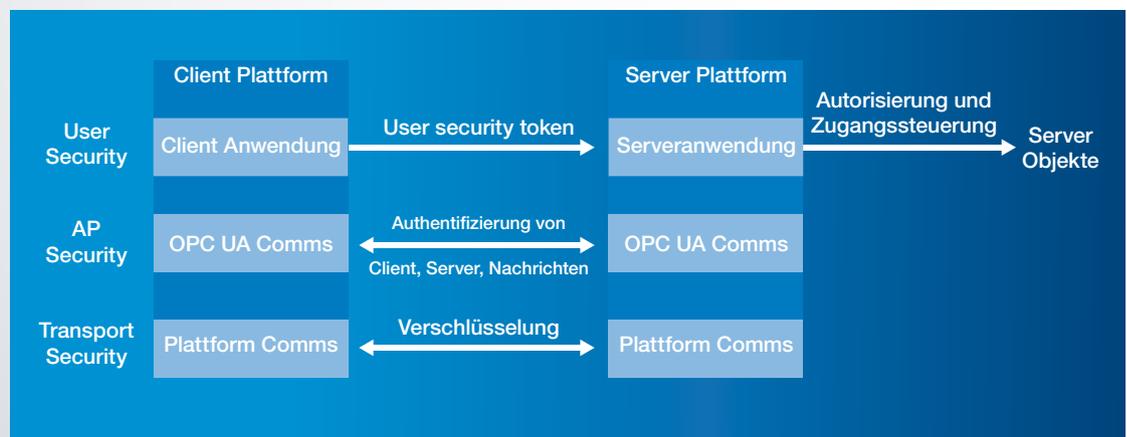
Die Mechanismen der OPC-UA User Level Security werden einmalig beim Aufbau einer Sitzung durchlaufen. Der Client übermittelt an den Server ein verschlüsseltes Security Token, das den Benutzer identifiziert. Der Server authentifiziert den Benutzer anhand des Tokens und autorisiert danach

den Zugang zu Objekten im Server. Autorisierungsmechanismen wie Access Control Lists werden in der OPC-UA Spezifikation nicht definiert. Sie sind anwendungs- und/oder systemspezifisch.

OPC-UA Application Level Security ist ebenfalls Teil des Sitzungsaufbaus und umfasst den Austausch digital signierter Zertifikate. Instanzzertifikate identifizieren die konkrete Installation. Software-Zertifikate identifizieren die Client- und Server-Software sowie die implementierten OPC-UA Profile. Sie beschreiben Fähigkeiten des Servers, wie z.B. die Unterstützung eines spezifischen Informationsmodells.

Sind User und Application Level Security nicht ausreichend, kann Transport Level Security eingesetzt werden, um ganze Nachrichten zu verschlüsseln. Diese Verschlüsselung verhindert die Offenlegung und sichert die Unversehrtheit der übertragenen Informationen.

Die UA Sicherheitsmechanismen sind als Teil der OPC-UA Stacks realisiert, d.h. sie gehören zu einem von der OPC Foundation bereit gestellten Softwarepaket, sodass Client und Server diese lediglich anwenden müssen.



Skalierbares Sicherheitskonzept



**SKALIERBARE SECURITY**

Security Mechanismen sind nicht umsonst und beeinträchtigen die Performance. Security sollte daher nur dort zur Anwendung kommen, wo sie auch benötigt wird. Diese Entscheidung soll aber nicht der Entwickler / Produktmanager treffen, sondern der Anlagenbetreiber (Systemadministration).

Die OPC-UA Security Mechanismen sind skalierbar konzipiert. OPC-UA Server stellen sogenannte Endpoints bereit, die unterschiedliche Security Stufen repräsentieren, unter anderem auch einen EndPoint ohne Security („NoSecurity“ Profil). In einer Anlage kann nun der Administrator bestimmte Endpoints vollständig abschalten (z.B. den mit dem NoSecurity Profil). Es kann aber auch im Betrieb durch den Operator eines OPC-UA Clients der für die jeweilige Aktion geeignete Endpoint beim Verbindungsaufbau gewählt werden.

Nicht zuletzt können OPC-UA Clients selbst sicherstellen, dass sie für den Zugriff auf sensible Daten immer Endpoints mit Security wählen.

**SECURE CHANNEL**

Mit dem SecureChannel legt man den SecurityMode und die SecurityPolicy fest. Der SecurityMode beschreibt wie die Nachrichten verschlüsselt werden. Es gibt die von OPC-UA definierten drei Möglichkeiten: „None“, „Sign“ und „SignAndEncrypt“. Die SecurityPolicy definiert Algorithmen zum Verschlüsseln der Nachrichten.

Für das Einrichten benötigt der Client den öffentlichen Schlüssel des Server Instanz-Zertifikates. Der Client übergibt danach sein eigenes Instanzzertifikat, anhand dessen der Server entscheidet ob er dem Client vertraut.

**INDUSTRIE 4.0: AUSBLICK**

OPC-UA ist ein ausgereifter Standard, durch den die Anforderungen von Industrie 4.0 bzgl. semantischer Interoperabilität gelöst werden können. OPC-UA stellt Protokoll und die Services bereit (das „Wie“), um reichhaltige Informationsmodelle (das „Was“) zu publizieren und komplexe Daten zwischen unabhängig entwickelten Anwendungen auszutauschen.

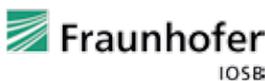
Obwohl bereits verschiedene wichtige Informationsmodelle existieren, gibt es hier noch Handlungsbedarf:

- Wie geben sich z.B. ein „Temperatursensor“ oder eine „Ventilsteuerung“ zu erkennen?
- Welche Objekte, Methoden, Variablen und Ereignisse definieren die Schnittstelle für Konfiguration, Initialisierung, Diagnose und Laufzeit.



Engineering: Interoperabilität durch AutomationML und OPC-UA

## Anforderungen an die Fabrik der Zukunft



**Dr. Olaf Sauer**, Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB),  
Mitinitiator der Arbeitsgruppe „AutomationML und OPC-UA“



Die Fabrik der Zukunft muss in der Lage sein, z.B. kundenindividuelle Produkte mit immer neuen Varianten herzustellen und kurze Produktlebenszyklen, schnelle Lieferzeiten, Null-Fehler-Produktion und ressourcenschonende Fertigung zu ermöglichen. Industrie 4.0 ist ein strategisches Rahmenprogramm, um die zunehmende „Informatisierung“ in der produzierenden Industrie zu verankern. Viele Einzeltechnologien sind schon vorhanden und müssen jetzt industrietauglich zusammengeführt werden.

Eine wesentliche Anforderung an die IKT-Architektur in der Industrie 4.0 ist die Fähigkeit, sich an Änderungen anzupassen – sei es, dass neue Anlagen oder Produktionsprozesse in das System eingebracht werden oder bestehende Produktionssysteme verändert werden, z.B. weil eine Produktvariante zusätzlich gefertigt werden soll. Diese Fähigkeit wird als wandlungsfähige IKT bezeichnet. Dabei ist die zentrale Idee, dass Mechanismen der Selbstbeschreibung in Bezug auf Funktionalität, Identifizierung, Selbstaufbau der Kommunikation und geregelter Datenaustausch genutzt werden, wenn neue Komponenten, Maschinen oder Anlagen in ein Produktionssystem eingebracht werden oder sich softwarerelevante Änderungen in der Produktion ergeben.

### AUTOMATIONML™ UND OPC-UA FÜR INDUSTRIE 4.0

Um Selbstkonfiguration zu ermöglichen, bieten sich AutomationML zur Beschreibung der Fähigkeiten von Komponenten und Maschinen und OPC-UA zu deren Kommunikation an.

Ziel der Kooperation von OPC-Foundation und AutomationML e.V. ist es, beide Technologien zu Methoden und Werkzeugen für Informations- und Softwarearchitekturen zu verknüpfen, die eine durchgängige, konsistente und gesicherte Datenbereitstellung und -kommunikation bei Änderungen in der Fabrik ermöglichen. Dazu werden Eigenschaften und Fähigkeiten als AutomationML-Objekte direkt auf den Komponenten gespeichert. Parallel zur physischen Integration stehen sie damit als OPC-UA Informationsmodell direkt in der Steuerung zur Verfügung. Die Komponentenhersteller ermitteln vorab die hierzu benötigten Informationen und hinterlegen sie auf den Bauteilen. Durch die physische und informelle Integration wird ein Zeitersparnis von rd. 20 % bei Erstinbetriebnahme, Instandhaltungstätigkeiten und Änderungen der Produktion möglich. Noch höhere Potentiale lassen sich ausschöpfen, wenn Daten, die zur Konfiguration eines MES benötigt werden, aus den vorgelagerten Engineering-Systemen als AutomationML-Objekte direkt in OPC-UA Informationsmodellen abgelegt werden.



**Skalierbarkeit: OPC-UA im Chip Level**

**»OPC-UA auf dem Chiplevel als Enabler für Industrie 4.0«**



**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite**, Institutsleiter, Institut für Industrielle Informationstechnik (inIT), Hochschule Ostwestfalen-Lippe und Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA)



Industrie 4.0 beschreibt die Vision von intelligenten technischen Systemen, die künftig mit Hilfe von Verfahren der Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration und der Selbstdiagnose adaptiv und vorausschauend werden und so mit ihrem Umfeld interagieren und sich diesem durch Lernen anpassen können. Hierdurch können neue Lösungen entstehen, die sich durch Wandlungsfähigkeit, Ressourceneffizienz und Benutzerfreundlichkeit auszeichnen. Neben Verfahren der kognitiven Informationsverarbeitung, die deutlich über die heutige übliche reflektorische Informationsverarbeitung in automatisierungstechnischen Systemen hinausgeht, kommt der intelligenten Vernetzung eine zentrale Bedeutung zu.

Während sich in der Automation heute vielfältige, für den Anwendungsfall optimierte, Kommunikationstechniken (z.B. Echtzeit-Ethernet, WLAN) etabliert haben, ist der vertikale Informationsfluß von der Sensorebene bis in das Internet häufig noch durch Technologiebrüche gekennzeichnet. Mit Hilfe von OPC-UA kann diese Aufgabe nun gelöst werden. 2012 hat das Fraunhofer-Anwendungszentrum IOSB-INA zusammen mit dem Institut für industrielle Informationstechnik der Hochschule OWL in einem EU-Projekt zum Internet der Dinge den Nachweis erbracht, dass OPC-UA derart skalierungsfähig ist, dass sich ein OPC-UA-Server mit nur 15 kByte RAM und 10kByte ROM direkt auf einem Chip implementieren lässt. Hierzu wurde das „Nano Embedded Device Server profile“ der OPC Foundation herangezogen. Der Protokollstapel wurde in ANSI C realisiert und umfasst ca. 2000 Codezeilen und setzt eine TCP/IP-Basisfunktionalität voraus. Mit Hilfe von am Markt verfügbaren OPC-Clients kann nun eine direkte Kommunikation mit Feldgeräten oder eine Aggregation von Servern zur Verdichtung von Informationen erfolgen. Wichtiger Bestandteil dieses Konzepts ist, dass für die zeitkritische maschinennahe Datenübertragung die OPC-UA-Kommunikation parallel zu der Echtzeitkommunikation stattfinden kann.

In einem nächsten Schritt sollen die OPC-UA Funktionalitäten auch für ein Plug-and-Play von Feldgeräten verwendet werden. Hierzu ist eine semantische Interoperabilität notwendig, die das Beschreiben, Auffinden und dynamische Orchestrieren von Diensten ermöglichen. Hierdurch kann der Umbau und die Inbetriebnahme von automatisierten Systemen deutlich reduziert werden und dadurch die Wandlungsfähigkeit für produzierende Unternehmen gesteigert werden.

## Skalierbarkeit: OPC-UA im Sensor

# »Die Integration von OPC-UA in unsere Messgeräte ermöglicht unseren Kunden eine übergreifende, gesicherte Kommunikation«



Alexandre Felt, Projektmanager der AREVA GmbH

### SKALIERBARKEIT: AREVA PROFITIERT VON SENSOR MIT INTEGRIERTEM OPC-UA PROTOKOLL

Eine allumfassende, durchgängige Vernetzung über alle Ebenen ist eine der Herausforderungen von Industrie 4.0. Als Evolutionsschritt auf dem Weg zur Umsetzung der 4. industriellen Revolution können Unternehmen bereits jetzt mit Embedded OPC UA einen entscheidenden Schritt in Richtung Zukunft setzen. Die Firma AREVA hat in Kooperation mit dem Partner MatrikonOPC frühzeitig das Potential von OPC-UA im Sensor erkannt und in Überwachungsgeräte (SIPLUG®) für Armaturen und deren elektrische Antriebe integriert. Die Lösung wird in der Nuklearbranche für die Überwachung kritischer Systeme in entfernten Umgebungen eingesetzt, ohne die Verfügbarkeit des Systems zu beeinflussen.

Zuvor nutzte SIPLUG® wie die meisten Anwendungen in der Kernenergiebranche traditionell ein proprietäres Datenaustauschprotokoll – nur schwer war so die Integration in bereits bestehende Anlagen-Infrastrukturen umsetzbar, der Aufwand für verschiedene Zwecke wie Datenpufferung oder Datenanalyse war stets mit Extrakosten zur Integration verbunden.

### VORTEILE VON EMBEDDED OPC-UA

Aus der Sicht des Endnutzers erlaubt die native OPC-UA Konnektivität die direkte Einbindung der AREVA-Produkte in die Infrastruktur, ganz ohne Bedarf an zusätzlichen Komponenten: Die Lösung, erlaubt es dem Reporting- und Trendüberwachungssystem von AREVA direkt auf die SIPLUG®-Daten



Bei AREVA können mit OPC-UA die Daten von SIPLUG® über einen offenen, internationalen Standard IEC62541 zuverlässig in die oberen Unternehmensebenen gelangen – die Herausforderung „durchgehende Datenverfügbarkeit“ wurde mit OPC-UA gelöst.

zuzugreifen. Der Bedarf an zusätzlichen Treibern und Infrastrukturen entfällt dadurch komplett. Des Weiteren können zusätzliche Werte, wie beispielsweise Druck und Temperatur die auf Werksebene verfügbar sind, einfach genutzt werden um die Genauigkeit der Datenauswertung zu verbessern.

### KLEINSTE SKALIERUNG – INTEGRIERTE SECURITY

Neben der Zuverlässigkeit der Daten war auch die integrierte Sicherheit ein wesentlicher Aspekt für den Einsatz von OPC-UA. Die geringe Speicherauslastung beginnend bei 240kB Flash und 35kB RAM kann in kleinste Geräte von AREVA integriert werden.



**Identifikation: OPC-UA im RFID**

**»RFID & OPC-UA als Baustein von Industrie 4.0«**



Dr. Jan Regtmeier, HARTING IT Software Development GmbH & Co. KG

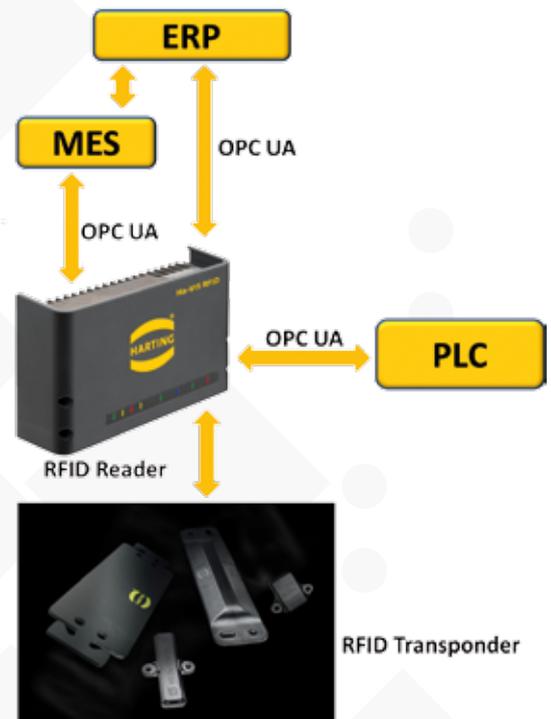
Die Vision der Industrie 4.0 zielt auf die nahtlose Kommunikation zwischen realen Objekten und verschiedenen Computersystemen ab. Ein Ziel ist es, dass ein Produkt seinen eigenen Produktionsprozess steuert.

Die erste Hürde tritt allerdings früh auf: wie identifiziert ein Softwaresystem ein reales Objekt, z.B. ein Werkzeug oder ein Bauteil? Hier hilft RFID. Mittels eines Transponders bekommt ein Objekt eine Identität. Zusätzlich erhält das Objekt ein Gedächtnis in Form von Speicher und falls gewünscht Fühler in Form von Sensoren, z.B. um die Umgebungstemperatur zu erfassen.

Damit kann direkt zu Beginn eines Produktionsprozess definiert werden, wie das fertige Produkt beschaffen sein soll und diese Information am Objekt gespeichert werden. Das Produkt bahnt sich dann selbstständig seinen Weg durch die verschiedenen Produktionsschritte.

Bei jedem Prozessschritt benötigen dabei unterschiedliche Systeme die RFID Daten des Produkts. Dies kann eine SPS sein, in anderen Fällen aber das MES oder ERP System. Alle Systeme sprechen aktuell aber unterschiedliche Sprachen. Beispiel SPS: Profinet, Ethernet/IP, EtherCAT, CC-Link usw. Dies treibt den Integrationsaufwand für den Kunden. OPC-UA erlaubt hier, dass jeder den anderen versteht.

Die wichtigste Aufgabe für die RFID Reader-Hersteller ist bislang aber nicht angegangen worden, und daher mein Ziel: „Die großen RFID-Hersteller sollen sich auf eine Semantik abgebildet in OPC-UA einigen.“





**Integration: OPC-UA-Client und -Server im Controller**

**»OPC UA: Mit semantischen Informationsmodellen vom Controller bis in die Cloud«**

**BECKHOFF**

**Stefan Hoppe**, Beckhoff Automation, Produkt Manager TwinCAT  
 Chairman der gemeinsamen Arbeitsgruppe PLCopen & OPC Foundation, President OPC Foundation Europe

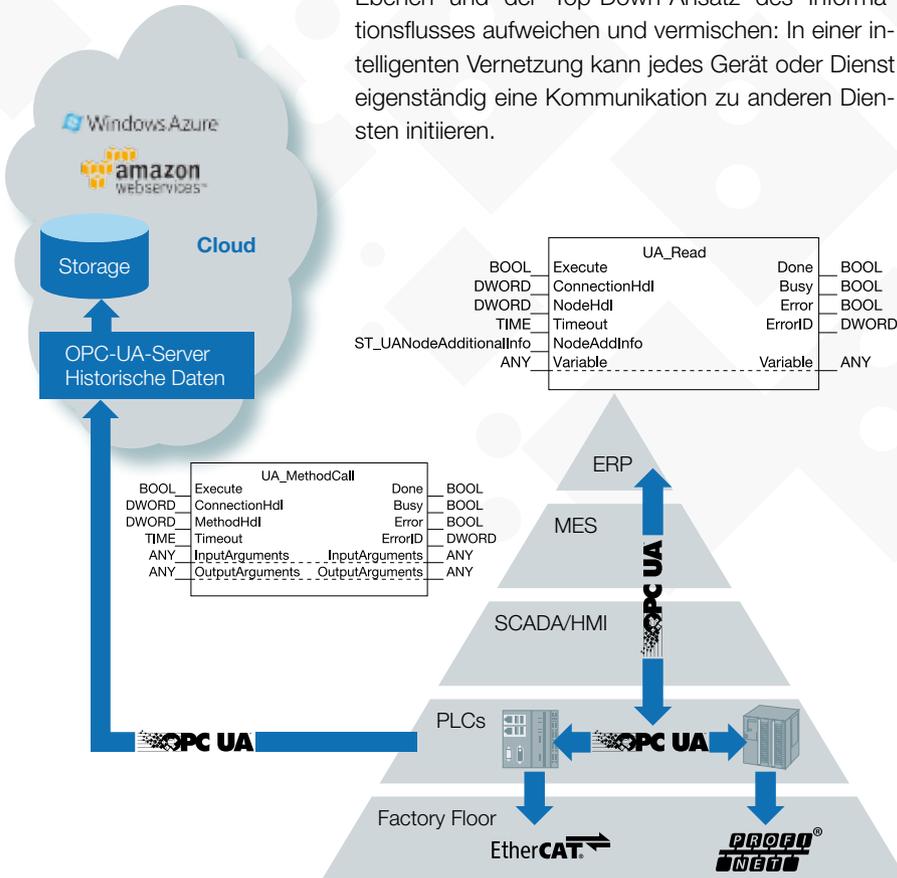
Die Interaktion zwischen der IT und der Automatisierungswelt ist sicher nicht revolutionär, sondern entspricht seit vielen Jahren dem etablierten Modell der Automatisierungspyramide: Die obere Ebene initiiert als Client eine Datenkommunikation zur darunter liegenden Ebene, diese antwortet als Server zyklisch oder ereignisgesteuert: z.B. lässt sich eine Visualisierung von der SPS die Statusdaten übermitteln oder gibt neue Produktionsrezepte in die SPS. Mit Industrie 4.0 wird sich diese strikte Trennung der Ebenen und der Top-Down-Ansatz des Informationsflusses aufweichen und vermischen: In einer intelligenten Vernetzung kann jedes Gerät oder Dienst eigenständig eine Kommunikation zu anderen Diensten initiieren.

**SPS CONTROLLER INITIIERT HORIZONTALE UND VERTIKALE KOMMUNIKATION**

Die PLCopen (Vereinigung der IEC61131-3 basierenden Steuerungshersteller) hat dazu in Zusammenarbeit mit der OPC-Foundation die OPC-UA-Client Funktionsbausteine definiert. Damit kann die Steuerung – zusätzlich oder alternativ zur bisherigen Rollenverteilung – auch den aktiven, führenden Part übernehmen. Die SPS kann somit komplexe Datenstrukturen horizontal mit anderen Controllern austauschen oder vertikal Methoden in einem OPC-UA Server in einem MES/ERP System aufrufen, um sich z.B. neue Produktionsaufträge abzuholen oder Daten in die Cloud zu schreiben. Es ermöglicht der Produktionslinie selbständig aktiv zu werden, in Kombination mit der integrierten OPC-UA Security ein entscheidender Schritt in Richtung Industrie 4.0.

**SEMANTISCHE INTEROPERABILITÄT**

Durch die Standardisierung der beiden Organisationen wird auch eine Abbildung des IEC61131-3 Softwaremodells auf den OPC-UA Server Adressraum definiert: Der Vorteil für Anwender ist, dass ein SPS Programm, ausgeführt auf verschiedenen Steuerungen verschiedener Hersteller, nach außen hin, für OPC-UA Clients unabhängig ihrer Funktion, ein semantisch identischer Zugriff ergibt: Die Datenstrukturen sind immer identisch und konsistent. Das Engineering einer Anlage vereinfacht sich dadurch ganz erheblich. Die branchenspezifische Standardisierung der Semantik wird bereits von anderen Organisationen genutzt und ist die eigentliche Herausforderung von Industrie 4.0.





**Horizontal: OPC-UA ermöglicht M2M und IoT**

**»Intelligente Wasserwirtschaft – M2M Interaktion basierend auf OPC-UA«**

Silvio Merz, Sachgebietsleiter Elektro-/Prozesstechnik  
Zweckverband Wasser und Abwasser Vogtland



Betrachtet man einige der Grundideen von Industrie 4.0 wie plattform- und herstellerunabhängige Kommunikation, Datensicherheit, Standardisierung, dezentrale Intelligenz, Engineering, so steht mit OPC-UA bereits eine Technologie für M2M- (Machine-to-Machine) bzw. IoT- (Internet of Things) Anwendungen zur Verfügung.

Für die intelligente Vernetzung von dezentralen, autark agierenden kleinsten embedded Steuerungen, sprich jeweils ca. 300 trinkwasser- bzw. abwassertechnischen Anlagen (Pumpwerke, Wasserwerke, Hochbehälter...), verteilt auf ca. 1.400 km², wird OPC-UA für die direkte M2M Kommunikation zwischen den Anlagen genutzt:

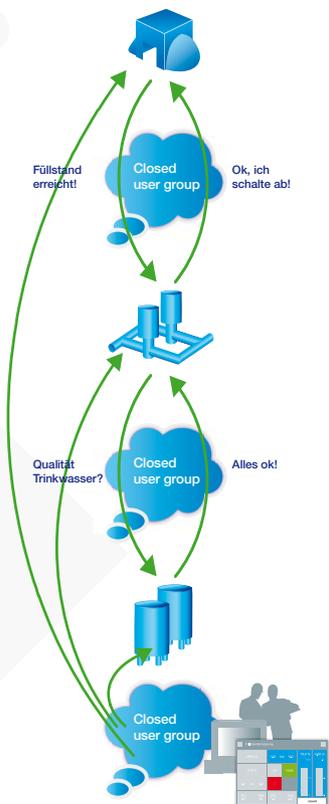
Reale Objekte (z.B. eine Pumpe) wurden in der IEC61131-3 SPS-Steuerung als komplexes Objekt mit Interaktionsmöglichkeiten modelliert, durch den in die Steuerung integrierten OPC-UA Server stehen diese Objekte automatisch für semantische Interoperabilität als komplexe Datenstruktur der Außenwelt zur Verfügung.

Das Ergebnis ist eine dezentrale Intelligenz, die eigenständig Entscheidungen trifft und Informationen an seine Nachbarn übermittelt bzw. Stati und Prozesswerte für den eigenen Prozess abfragt, um einen ungestörten Prozessablauf zu gewährleisten. Mit den standardisierten Function Blocks der PLCopen initiieren die Geräte als OPC-UA Client ei-

genständig die Kommunikation aus der SPS heraus zu anderen Prozessteilnehmern, während sie gleichzeitig als OPC-UA Server auf deren Anfragen oder auf Anfragen übergeordneter Systeme (SCADA, MES, ERP) antworten können. Die Geräte sind per Mobilfunkrouter verbunden: eine physikalische Verbindungsunterbrechung führt dabei nicht zu einem Informationsverlust, da Informationen automatisch im OPC-UA Server für eine Zeit gepuffert werden und abrufbar sind, sobald die Verbindung wieder hergestellt wurde – eine sehr wichtige Eigenschaft für die zuvor hoher proprietärer Engineeringaufwand betrieben wurde. Für die Integrität dieser zum Teil sensiblen Daten wurden neben einer geschlossenen Mobilfunkgruppe die in OPC-UA integrierten Sicherheitsmechanismen Authentifizierung, Signierung und Verschlüsselung genutzt.

Der herstellerunabhängige Interoperability Standard OPC-UA eröffnet uns als Endanwender die Möglichkeit, die Auswahl einer Zielform der geforderten Technologie unterzuordnen, um so den Einsatz proprietärer bzw. nicht anforderungsgerechter Produkte zu umgehen.

Der Ersatz einer proprietären Lösung durch eine kombinierte OPC-UA-Client/Server Lösung erbrachte uns beispielsweise eine Einsparung der Lizenz-Initialkosten von mehr als 90 % je Gerät.





**Vertikal: OPC-UA von der Produktion bis in das SAP**

# Die nahtlose MES Integration von Anlagen mit OPC-UA vereinfacht die Shop Floor Programmierung

Roland Essmann, Elster GmbH, Projektleiter Manufacturing Execution System (MES)

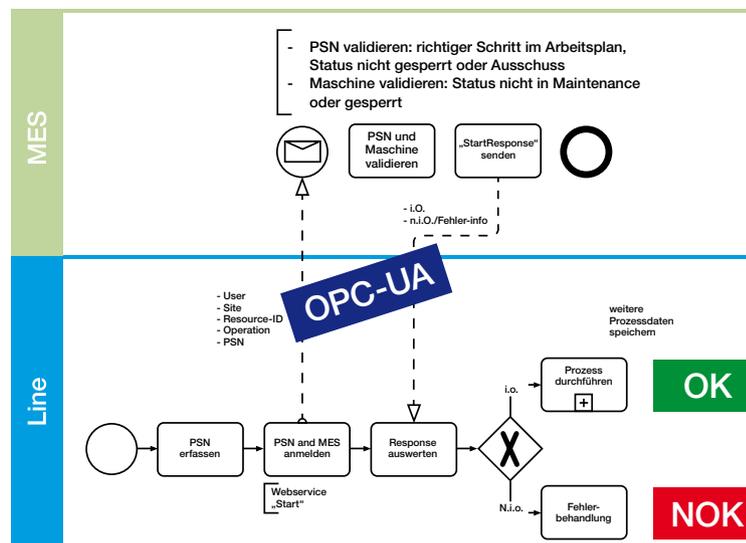
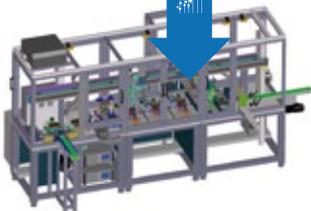
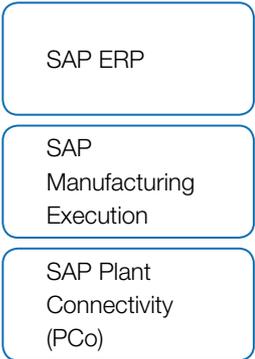
Das Produkt bestimmt selber die Art und Weise, wie es produziert werden soll und ermöglicht damit im Idealfall eine variantenreiche Fertigung ohne manuelles Rüsten der Anlage. Diese Vision von Industrie 4.0 ist bei Elster bereits heute in ersten Linien verfügbar. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die nahtlose Integration zwischen Shop Floor, MES und ERP auf der Basis von OPC-UA.

An jedem Arbeitsschritt wird das Produkt anhand seiner eindeutigen Produktsteuerungsnummer (PSN) identifiziert. OPC-UA ermöglicht, dass die Steuerung der Anlage direkt mit dem MES System gekoppelt ist, um flexible Abläufe und individuelle Qualitätsprüfungen im One-Piece-Flow zu realisieren. Dabei werden praktisch ohne Zusatzaufwand SPS Variablen als OPC Tags veröffentlicht und einfach auf die MES Schnittstelle gemappt. Selbst komplexe Strukturen können auf diese Weise schnell und Daten

konsistent übertragen werden. Das MES System erhält die QM Vorgaben über Aufträge aus dem ERP und meldet die fertigen Produkte an das ERP zurück. Die vertikale Integration ist somit keine Einbahnstraße, sondern stellt einen geschlossenen Kreislauf dar.

Intelligente Produkte mit eigenem Datenspeicher bieten künftig die Chance, weitaus mehr als nur eine Produktsteuerungsnummer mit der Anlage auszutauschen. Arbeitspläne, Parameter und Qualitätsgrenzen könnten auf das Produkt geladen werden, um eine autarke Fertigung zu ermöglichen.

Bis zur durchgängigen Umsetzung sind noch Herausforderungen bezüglich der Semantik (Terminologie) zu klären. Ein wichtiger Punkt ist in der Industrie 4.0 Debatte jedoch defacto bereits gesetzt: die Kommunikation zwischen Produkt und Anlage wird über OPC-UA erfolgen.





**Vertikal: OPC-UA plus UMCM – Der „USB-Stecker“ zwischen SPS und MES**

## Vertikal: Semantische Informationsmodelle für MES



**Angelo Bindi**, Senior Manager Central Control and Information Systems Continental Teves –  
Gründungsmitglied und Vorstand MES DACH

### Der Weg ist das Ziel ...

Für jeden ist es begreiflich, dass es notwendig ist einen Weg zu haben, wenn man von A nach M gehen möchte. In der Automatisierungstechnik ist das nicht anders. Wir müssen von der Maschine (Automatisierungsebene) mit überlagerten Systemen (MES – Manufacturing Execution System) kommunizieren. Der MES D.A.CH Verband hat es sich zur Aufgabe gemacht MES begreiflich – im wahrsten Sinne des Wortes – zu machen. Dafür ist es notwendig, dass Daten in ihrer Form und Gestalt – also durch ein Datenmodell – und durch ihrem Inhalt – also im gesamten durch ihre Semantik– beschrieben werden müssen.

Das haben wir im MES D.A.CH Verband mit UMCM (Universal Machine Connectivity for MES) – also eine einheitliche auf den kleinsten gemeinsamen Nenner optimiertes Kommunikationsmodell für die Maschinendaten in Richtung der überlagerten Systeme – gemacht.

Dies allein reicht aber nicht aus. Es ist notwendig einen sicheren, schnellen, standardisierten, einfach zu erkennenden und wenn nötig erweiterbaren Weg zu gehen. Mit OPC-UA haben wir ein einheitlichen, über die verschiedenen Security Layer sicheres und dennoch – wenn notwendig – erweiterbares System zur Verfügung, welches konkurrenzlos ist. Hiermit ist zukünftig sichergestellt, dass eine optimale bidirektionale Kommunikation möglich ist.

Der MES D.A.CH Verband stellt zusammen mit der OPC Foundation auf Basis von OPC-UA Bausteine nach IEC 61131-3 für verschiedene SPS Lieferanten und auf Hochsprachen Ebene zur Verfügung, die eine einfache und schnelle Implementierungen ermöglichen. Dies ist eine effiziente und einfache Art und Weise Systeme „Industrie 4.0“ fähig zu machen.





## Mensch-zu-Maschine: OPC-UA im Browser

»OPC-UA bietet eine durchgängige Kommunikation bis in den WebBrowser und schafft damit beste Voraussetzungen für diejenige Flexibilität, die im Umfeld von Industrie 4.0 und dem Internet-of-Things gefordert wird.«

PD Dr.-Ing. Annerose Braune, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik Institut für Automatisierungstechnik  
Technische Universität Dresden

Am Institut für Automatisierungstechnik der TU Dresden wurde frühzeitig erkannt, dass auch im Bereich industrieller SCADA-Systeme der Trend hin zu mobilen Anwendungen geht. Aufgrund der ständig steigenden Gerätevielfalt bieten sich hier vor allem Browser-basierte Lösungen an.

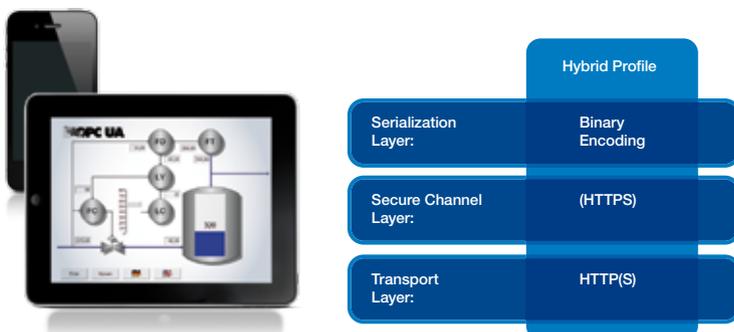
In einer Kooperation mit der Firma ascolab GmbH wurde daraufhin bereits im Jahr 2009 ein Projekt gestartet, welches die Untersuchung des direkten Zugriffs auf OPC-UA-Server mittels JavaScript zum Inhalt hat. Die Nutzung von JavaScript hat dabei den Vorteil, dass im Browser keine speziellen Plug-Ins notwendig sind.

Gute Voraussetzungen für eine performante Lösung bietet dabei das hybride Profil des OPC-UA-Kommunikationsstacks, welches eine optimale Kombination zwischen Leistungsfähigkeit und Geschwindigkeit bietet. Dies wird durch die Nutzung einer binären Kodierung in Verbindung mit einer Nachrichtenübertragung über HTTPS erreicht. Da HTTPS von jedem Browser nativ unterstützt wird, müssen

rechenintensive Verschlüsselungsalgorithmen nicht per JavaScript ausgeführt werden.

Der im Projekt entstandene Prototyp macht sich diese Vorteile zunutze und ermöglicht das einfache Erstellen von JavaScript-basierten OPC-UA-Clients. Dabei ist eine breite Unterstützung auch auf mobilen Browsern gegeben (s. Tabelle). Über einen Proxy-Server oder direkt über einen integrierten (minimalen) Webserver liefert der OPC-UA Server die Oberfläche und den ScriptCode an den Browser.

Zeitmessungen zeigen, dass eine Web-basierte Anwendung zwar nicht mit der Performance nativer Lösungen mithalten kann, allerdings für normale Anwendungen durchaus ausreichend ist. Dies gilt auch bei der Verwendung moderner Mobilgeräte wie Smartphones oder Tablets, die einen Zugriff auf die Daten eines OPC-UA-Servers direkt aus der Anlage heraus ermöglichen (z.B. zu Wartungszwecken). Weitere Entwicklungen betreffen die Integration zusätzlicher Funktionalitäten wie z.B. der Unterstützung von Alarmen und von Authentifizierungsmechanismen.



Desktop		Mobil	
Chrome 30	✓	Android Browser 4.3	✓
Firefox 25	✓	Opera Mini 7.5 (Andr.)	✗
Opera 17	✓	Opera 16.0 (Andr.)	✓
IE 11	✓	Chrome 30 (Andr.)	✓



**Smart Metering: Verbrauchsinformationen vom Zähler bis in IT-Abrechnungssysteme**

**Sicher und flexibel:  
 Meter Data Collection mit OPC-UA**

Carsten Lorenz, Leiter AMR (Automated Meter Reading) der Elster GmbH



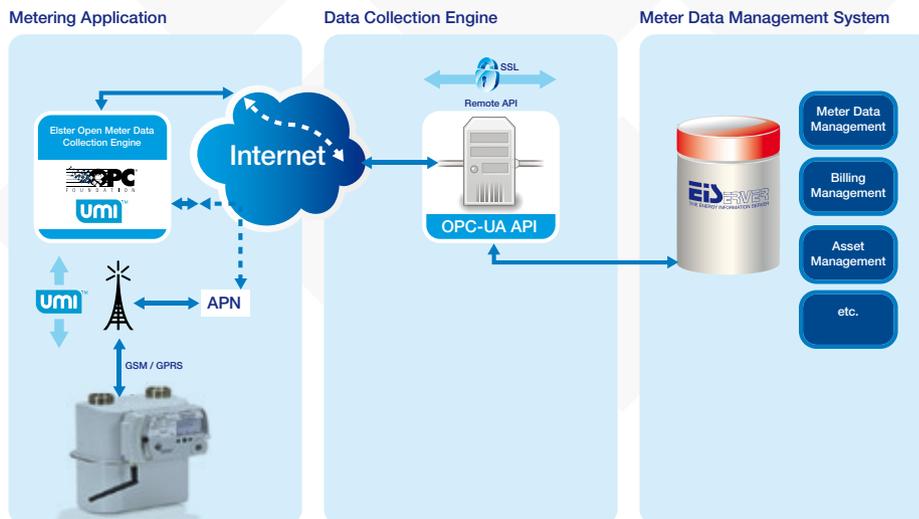
„Ein sicheres und zuverlässiges Kommunikationsprotokoll spielt bei Smart Metering eine wichtige Rolle“ sagt Carsten Lorenz, Leiter AMR (Automated Meter Reading) der Elster GmbH, einem führenden Anbieter von Smart Meter Produkten für Gas, Wasser und Strom. „Innerhalb der Netze sorgt unser UMI Protokoll (Universal Metering Interface) für optimale Energieeffizienz und lange Batterielebensdauer. Für unsere eigenen als auch für andere Head-End Systeme bietet Elster eine Software mit OPC-UA Schnittstelle an, da bereits viele Systeme der Versorgungsunternehmen diesen etablierten Standard unterstützen. Besonders die integrierte Verschlüsselung der sensiblen Zählerdaten ist ein wichtiges Argument für OPC-UA“.

Die Sicherheit und Verschlüsselung von personenbezogenen Daten ist unter allen Umständen ein Muss bei der Einführung von Smart Metering. Das heißt: Entsprechende Sicherheitskonzepte müssen mit Smart Metering Einzug in vorhandene und neue Systeme halten und neue Prozesse wie z.B. den Austausch von Verschlüsselungsmechanismen

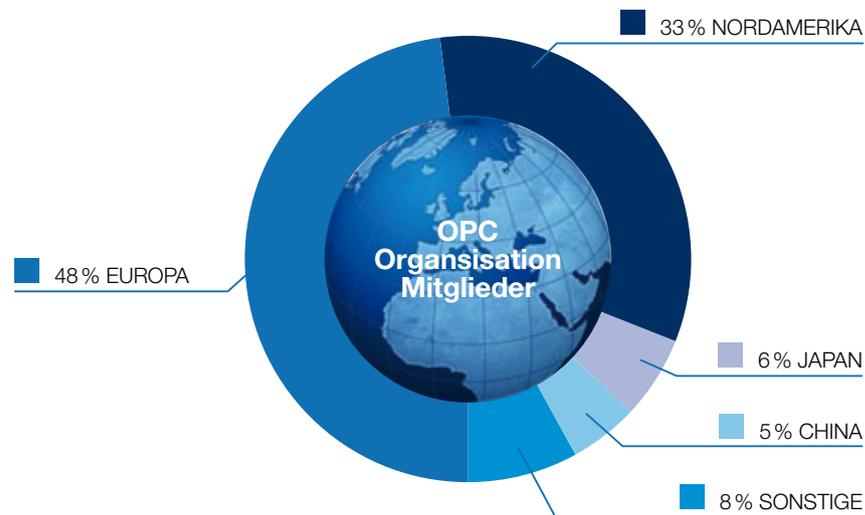
zwischen Herstellern und Energieversorgern berücksichtigen.

Bezogen auf Gaszähler werden Kommunikationsprotokolle verschlüsselt übertragen. Das heißt: Personenbezogene Daten und kritische Kommandos wie z.B. das Schließen und Öffnen eines im Zähler integrierten Ventils sind für Dritte nicht sichtbar und können auch nicht abgefangen oder simuliert werden. Die Kommunikationsprotokolle unterstützen asymmetrische als auch symmetrische Verschlüsselungsverfahren nach aktuellem Stand der Technik wie z.B. nach Advanced Encryption Standard (AES) an. Die AES-Verschlüsselung ist in den USA für staatliche Dokumente mit höchster Geheimhaltungsstufe zugelassen.

Smart Metering ist Wegbereiter für die Energie-Infrastruktur der Zukunft. Die transparente Online-Darstellung der Verbräuche bietet dem Kunden die Möglichkeit, seinen Energiekonsum zu optimieren und flexible Tarife basierend auf Geräte- und Energiemix zu nutzen.



## OPC Foundation – Organisation



Mit mehr als 450 Mitgliedern ist die OPC Foundation die weltweit führende Organisation für Interoperabilitätslösungen basierend auf den OPC Spezifikationen. Alle Mitglieder, inklusive Firmenmitglieder, Endanwender und nicht-wählende Mitglieder, engagieren sich für eine durchgängige, kompatible Kommunikation zwischen softwaregetriebenen Geräten u.a. CPS im Umfeld industrieller Automatisierung. Speziell für Hersteller von Automatisierungslösungen und Anbietern der OPC Technologie bietet die OPC Foundation ein Marketingprogramm mit Newsletter, Webseitenauftritt und verschiedenen Schulungs- und Informationsveranstaltungen. Für die Gruppe der Endanwender der OPC Technologie werden Veranstaltungen und Ausbildungsprogramme von Mitgliedsfirmen angeboten. Die Zusammenarbeit von Entwicklern und Anwendern in Arbeitsgruppen ist entscheidend, um die Anforderungen aus der Praxis und Rückmeldung der Anwender in den Spezifikationen zu berücksichtigen.

### UNABHÄNGIGKEIT

Die OPC Foundation ist eine non-profit Organisation, unabhängig von einzelnen Herstellern oder speziellen Technologien. Die Mitarbeiter in den Arbeitsgruppen werden unentgeltlich von den Mitgliedsfirmen gestellt. Die Organisation finanziert sich vollständig aus Mitgliedsbeiträgen und bezieht keine staatlichen Zuschüsse. Die Organisation operiert weltweit und

stellt auf allen Kontinenten regionale Ansprechpartner bereit. Unabhängig von ihrer Größe haben alle Mitglieder identische Stimmrechte.

### MITGLIEDERVERTEILUNG

Obwohl sich der Hauptsitz in Phönix, Arizona USA befindet, sind mit knapp 50% die meisten Mitglieder aus dem europäischen Raum. Nordamerika stellt etwa 1/3 der Mitglieder. Alle namhaften deutschen Hersteller von Automatisierungstechnik sind Mitglied in der OPC Foundation und bieten bereits OPC Technologien in ihren Produkten an.

### VORTEILE DER MITGLIEDSCHAFT

Mitglieder der OPC Foundation haben vollen Zugriff auf die neusten OPC Spezifikationen und Vorabversionen. Sie können in allen Arbeitsgruppen mitarbeiten und Anforderungen und Lösungsvorschläge einbringen. Mitglieder haben kostenlosen Zugriff auf Kernimplementierungen und Beispielcode. Zusätzlich werden scriptbasierte Test- und Analysetools bereitgestellt. Hersteller von OPC-fähigen Produkten können diese in akkreditierten Testlaboren zertifizieren lassen. Die Entwickler- und Anwendergemeinschaft trifft sich auf Veranstaltungen zum Erfahrungsaustausch und Networking. Pro Jahr werden drei jeweils einwöchige Interoperability Workshops (IOP) veranstaltet bei denen die neusten Produkte miteinander getestet werden.

## OPC Foundation liefert Spezifikationen und Informationen

### RESSOURCEN

Die Verbreitung einer Technologie basiert auf der Überzeugung der Anwender und deren Verständnis der Funktionalität und der technischen Details sowie einer möglichst einfachen Umsetzung und deren Verifikation und Zertifizierung. Die OPC Foundation bietet Anwendern und speziell ihren Mitgliedern daher eine Reihe von Informationen, Dokumenten, Tools und Beispielimplementierungen.

### OPC-UA SPEZIFIKATIONEN UND IEC 62541

Die wichtigste Informationsquelle sind die Spezifikationen. Sie sind öffentlich zugänglich und auch als IEC Normenreihe (IEC 62541) verfügbar. Die derzeit insgesamt 13 OPC-UA Spezifikationen sind in drei Gruppen unterteilt.

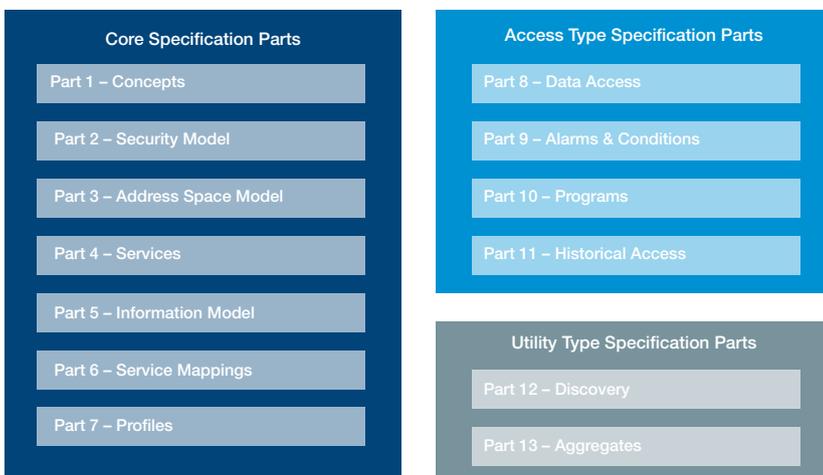
→ **1. Basis-Spezifikationen.** Diese enthalten die Basiskonzepte der OPC-UA Technologie und des Sicherheitsmodells, sowie eine abstrakte Beschreibung des OPC-UA Metamodells und der OPC-UA Dienste. Zusätzlich wird hier auch das konkrete UA Informationsmodell und seine Modellierungsregeln beschrieben. Die konkrete Abbildung auf Protokollebene ist ebenso beschrieben wie das Konzept der Profile zu Skalierung der Funktionalität.

→ **2. Zugriffsmodelle.** Diese enthalten die Erweiterungen des Informationsmodells für die typischen Zugriffe auf Daten, Alarme und Meldungen, historische Daten und Programme.

→ **3. Erweiterungen.** Diese enthalten zusätzliche Konzepte zum Finden von OPC-UA fähigen Komponenten und deren Zugangspunkten in einem Netzwerk sowie die Beschreibung der Aggregatfunktionen und Berechnungen für die Verarbeitung von historischen Informationen.

### WEBSEITE UND VERANSTALTUNGEN

Als weitere Informationsquelle dient die globale Webseite der OPC Foundation sowie weitere regionale Seiten für Europa, Japan und China. Hier werden u. a. die verfügbaren Produkte der Mitglieder und deren Zertifizierungsergebnisse veröffentlicht. Es stehen Informationen über Technologie und Kollaborationen in verschiedenen Sprachen zur Verfügung. Weiterhin werden Informationsveranstaltungen der OPC Foundation selbst und Veranstaltungen ihrer Mitglieder bekannt gegeben und organisiert.



## Quellcode und Zertifizierung für Mitglieder

### QUELLCODE UND TESTTOOLS

Zur Sicherstellung der Kompatibilität stellt die OPC Foundation ihren Mitgliedern zum einen die Implementierung der Kommunikationsprotokolle zur Verfügung. Zum anderen steht ein Zertifizierungsprogramm breit, inklusive der erforderlichen Tools, um bei Applikationen die Konformität zur Spezifikation zu verifizieren und zu testen.



→ **1. OPC-UA Stack.** Die Kommunikations-Stacks stehen in drei Programmiersprachen bereit. ANSI C für skalierbare Implementierung auf nahezu allen Geräten, in managed C# zur Verwendung mit dem .NET Framework von Microsoft, sowie einer Implementierung in Java für Anwendungen in entsprechender Interpreterumgebung. Diese drei Implementierungen stellen die Basiskommunikation auf dem Netzwerk sicher, sie sind untereinander kompatibel und werden von der OPC Foundation gewartet und gepflegt. Mitglieder haben kostenlosen Zugang zu den Stacks und zu deren Quellcode.



→ **2. Zertifizierungsprogramm.** Zum Test und zur Zertifizierung des logisch korrekten Verhaltens, bietet die OPC Foundation ihren Mitgliedern eine Testsoftware (Compliance Test Tool). Hiermit wird das logisch korrekte und spezifikationskonforme Verhalten einer OPC-UA Anwendung verifiziert. In unabhängigen Zertifizierungslabors können Hersteller ihre OPC-UA Produkte nach einer definierten Prozedur zertifizieren lassen, hierbei wird neben der Konformität auch das Verhalten in Fehlerszenarien und die Interoperabilität mit anderen Produkten getestet.



### INTEROPERABILITY WORKSHOPS

Die OPC Foundation veranstaltet dreimal jährlich einen einwöchigen Interoperability-Workshop (IOP). Mitglieder können dort ihre Produkte miteinander testen. Der IOP Europa findet jedes Jahr im Herbst bei der Siemens AG in Nürnberg statt. In Nordamerika und in Japan werden ebenfalls IOPs veranstaltet. Diese Treffen bieten eine große Testumgebung mit ca. 60–100 Produkten und bringen Entwickler und Tester zusammen.

## OPC-UA Starthilfe

### CODE UND BERATUNG

Die OPC Foundation verwaltet die drei OPC-UA Kommunikationsstacks (C, .NET und Java), um eine Interoperabilität auf Protokollebene zu gewährleisten. Obwohl den Mitgliedern diese Stacks auch im Quellcode zur Verfügung stehen, entscheiden sich viele für ein kommerzielles Toolkit da neben der reinen Kommunikationsschicht für einen OPC-UA Server noch weitere verwaltungsspezifische Funktionalitäten zu implementieren sind. Hier setzen die Toolkits an und fassen generische Funktionen wie Verbindungsmanagement, Verwaltung von Zertifikaten und Sicherheitsfeatures zusammen.

Die Verwendung von Toolkits und Entwicklerframeworks steht auch Nicht-Mitgliedern offen und bringt Vorteile bei der Implementierung und Time-to-Market mit sich.

### EXPERTENWISSEN

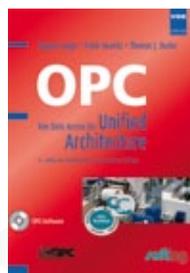
Zur Integration von OPC-UA Kommunikationstechnologie in bestehenden Produkte ebenso wie zur Umsetzung von neuen Produkten bieten in Deutschland verschiedene Firmen kommerzielle Un-

terstützung an. Diese reicht von Beratung und Entwicklerschulung über den Vertrieb von Softwarebibliotheken bis hin zu Entwicklungsunterstützung sowie Langzeitsupport und Pflege.

Die Entwicklerframeworks bzw. Toolkits können günstig als binäre „Black box“ Komponente oder aber auch inklusive dem vollen Source erworben werden. Neben dem Source des OPC-UA-Stacks der OPC Foundation bieten kommerzielle Toolkits Vereinfachungen und Komfortfunktionen, die allgemeine OPC-UA Funktionalität wird hinter einer API gekapselt. Somit ist beim Anwendungsentwickler kein spezifisches OPC-UA Know-How erforderlich, da die eine stabile, getestete Bibliothek ermöglicht sich auf eigene Kernkompetenz zu konzentrieren.

### QUALITÄT UND FUNKTION

OPC-UA Toolkits werden für verschiedenste Anwendungsszenarien im industriellen Umfeld eingesetzt und sind dadurch robust, zertifiziert und werden stetig gepflegt, weiter verbessert und erweitert. Für verschiedene Programmiersprachen bieten die Toolkitanbieter spezialisierte und optimierte Entwicklerframeworks. Die Toolkits unterscheiden sich in ihrem OPC-UA spezifischem Funktionsumfang und bezüglich ihrer Anwendung sowie der Einsatzumgebung. Begleitend zu allen Toolkits wird professioneller Support und Entwicklungsunterstützung angeboten. Weitere Informationen erhalten Sie bei den Toolkit-Herstellern.



OPC  
From Data Access to  
Unified Architecture  
ISBN 978-3-8007-3217-3



OPC  
Unified  
Architecture  
ISBN: 978-3-5406-8898-3

### WEITERE INFORMATIONEN ÜBER TOOLKITS FINDEN SIE BEI...

→ Matrikon OPC, Softing Industrial Automation GmbH, Unified Automation GmbH



#### **HEADQUARTERS / USA**

OPC Foundation  
16101 N. 82nd Street  
Suite 3B  
Scottsdale, AZ 85260-1868  
Phone: (1) 480 483-6644  
[office@opcfoundation.org](mailto:office@opcfoundation.org)

#### **OPC EUROPE**

Eiserstrasse 5  
33415 Verl  
Germany  
[stefan.hoppe@opcfoundation.org](mailto:stefan.hoppe@opcfoundation.org)

#### **OPC JAPAN**

c/o Microsoft Japan Co., Ltd  
2-16-3 Konan Minato-ku, Tokyo  
1080075 Japan  
[opcjapan@microsoft.com](mailto:opcjapan@microsoft.com)

#### **OPC CHINA**

A-807, Jia Hao International Center, No 116  
Zizhuyuan Road, Haidian District  
Beijing, 100097  
P.R.China  
[opcchina@opcfoundation.org](mailto:opcchina@opcfoundation.org)

v2

[www.opcfoundation.org](http://www.opcfoundation.org)