



Prof. Dr. Jürgen Jasperneite, Arne Neumann, Florian Pethig

OPC UA versus MTConnect

Während hierzulande OPC UA als der künftige Kommunikations- beziehungsweise Schnittstellenstandard im Kontext von Industrie 4.0 gehandelt wird, rückt insbesondere in Nordamerika ein weiterer Standard immer stärker in den Fokus: MTConnect. Was verbirgt sich konkret dahinter? Welche Vor- und Nachteile bietet diese Lösung verglichen mit OPC UA? Gibt es einen ‚gemeinsamen Nenner‘?

Zur Plattform-Strategie für Industrie 4.0 sind mit dem Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0) bereits Entscheidungen zur Nutzung von OPC UA getroffen worden. Unabhängig davon bringen diverse Automatisierungstechnik-Anbieter – insbesondere aus dem Werkzeugmaschinenumfeld – in letzter Zeit immer wieder den Begriff MTConnect ins Spiel, wenn es darum geht, die Datenzugänge für Maschinen zu definieren. Soviel vorab: Das Augenmerk ist bei MTConnect oft weniger auf die Technologie gerichtet als viel-

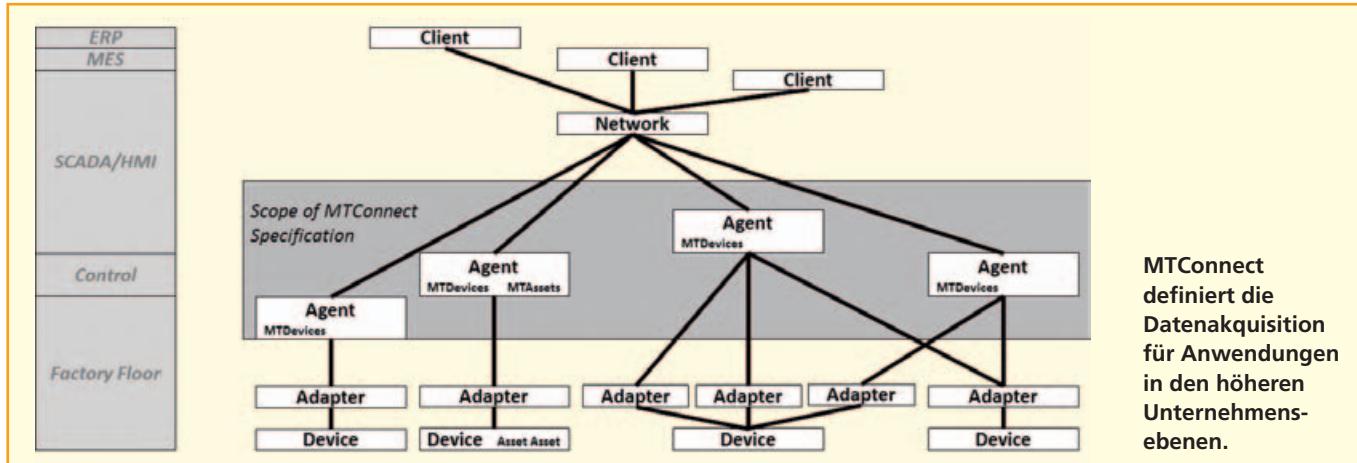
mehr auf die Bottom-up-Strategie, sprich mit schlanken Spezifikationen für zunächst eng begrenzte Einsatzfelder schnell anwendbare De-facto-Standards zu etablieren.

Der Startschuss für das Projekt MTConnect fiel im Jahr 2006 auf der Jahrestagung der US-amerikanischen Association for Manufacturing Technology (AMT), einer mit dem deutschen VDMA vergleichbaren Organisation. Dort wurde festgestellt, dass das Problem der Fertigungswirtschaft nicht die Fertigung an sich ist, sondern eine fehlende einheitliche

Sprache der Werkzeugmaschinen mit dem Rest der Produktionstechnik. Bereits zwei Jahre später lag der entsprechende MTConnect-Standard in der Version 1.0 zur Erfassung von Maschineninformation in höheren Unternehmensebenen vor. Im Jahr 2009 wurde schließlich das MTConnect Institute als gemeinnützige Einrichtung zur Weiterentwicklung der Spezifikation gegründet.

Die Anfänge von OPC reichen zurück bis in die 1990er Jahre, als Microsoft-Betriebssysteme die Automatisierungslandschaft prägten und die ersten Her-

(Bilder: inT)



steller anfingen, COM/DCOM in ihre Produkte zu integrieren. Aus diesem Grund entstand damals die Bezeichnung OLE (Microsoft Object Linking & Embedding) for Process Control (OPC). Die erste Spezifikation 'OPC Specification for Data Access (DA) v1.0' wurde 1996 veröffentlicht. Dies ist auch das

Gründungsjahr der OPC Foundation, deren Mission es ist, die Interoperabilität in der industriellen Automatisierung sicherzustellen. Unter anderem führten die Abkündigung der COM/DCOM, Anforderungen an Sicherheit und die Modellierung komplexer Informationsmodelle im Jahr 2006 zur Veröffentli-

chung der OPC Unified Architecture (UA). Durch die Skalierbarkeit von OPC UA lässt sich hierbei die Automatisierungspyramide in Richtung einer dynamischeren Struktur aufbrechen und eine durchgehende horizontale und vertikale Integration vom Sensor bis in die ERP-Anwendungen erreichen.



Flexibler und effizienter Automatisieren mit IndraDrive Mi

Mit dem intelligenten Antriebssystem IndraDrive Mi verlagern Sie die komplette Antriebstechnik vom Schaltschrank direkt in Ihre Maschinen. Das spart Platz, reduziert den Verkabelungsaufwand um bis zu 90 % und optimiert Ihre Energiebilanz. Dank der integrierten Motion-Logic realisieren Sie komplexe Bewegungsabläufe rein auf Antriebsebene. IndraDrive Mi punktet mit umfangreichen zertifizierten Sicherheitsfunktionen und Multiprotokollfähigkeit, die ihn universell einsetzbar machen. Nutzen Sie die Intelligenz dieses Antriebssystems für modulare Maschinenkonzepte und Ihren Einstieg in Industrie 4.0.



IndraDrive Mi

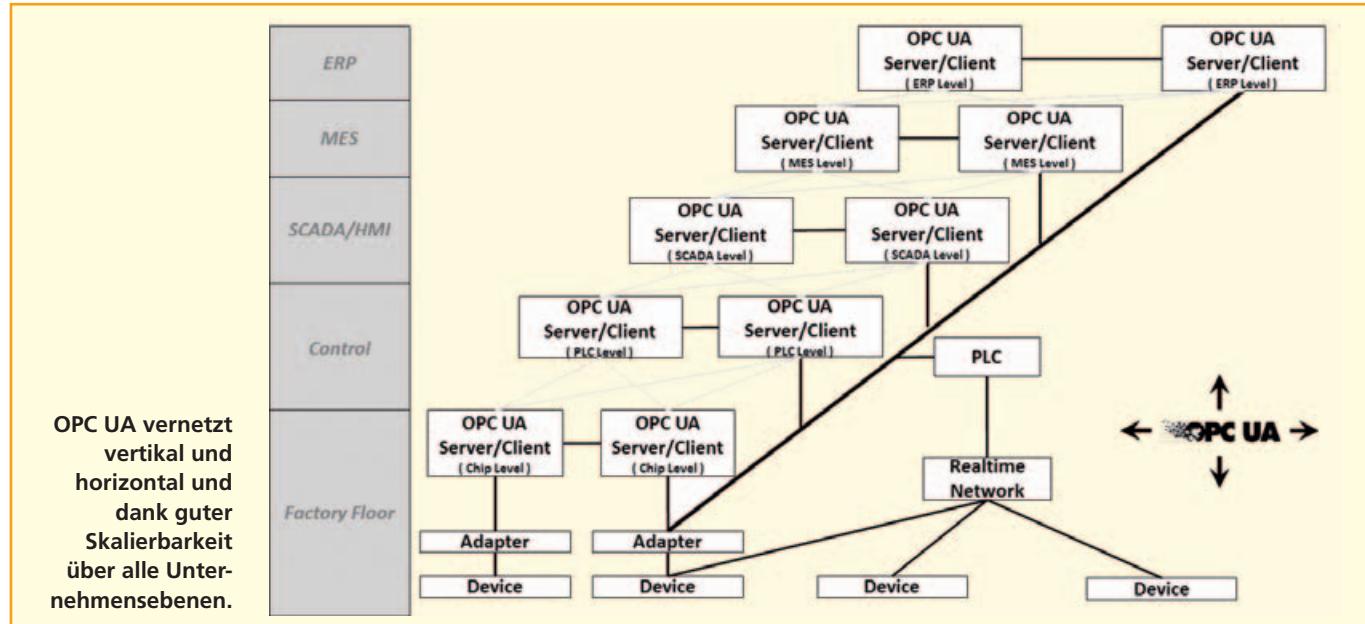


Bosch Rexroth AG

Bgm.-Dr.-Nebel-Str. 2, 97816 Lohr, Deutschland
www.boschrexroth.de/indradrive-mi

The Drive & Control Company

Rexroth
Bosch Group



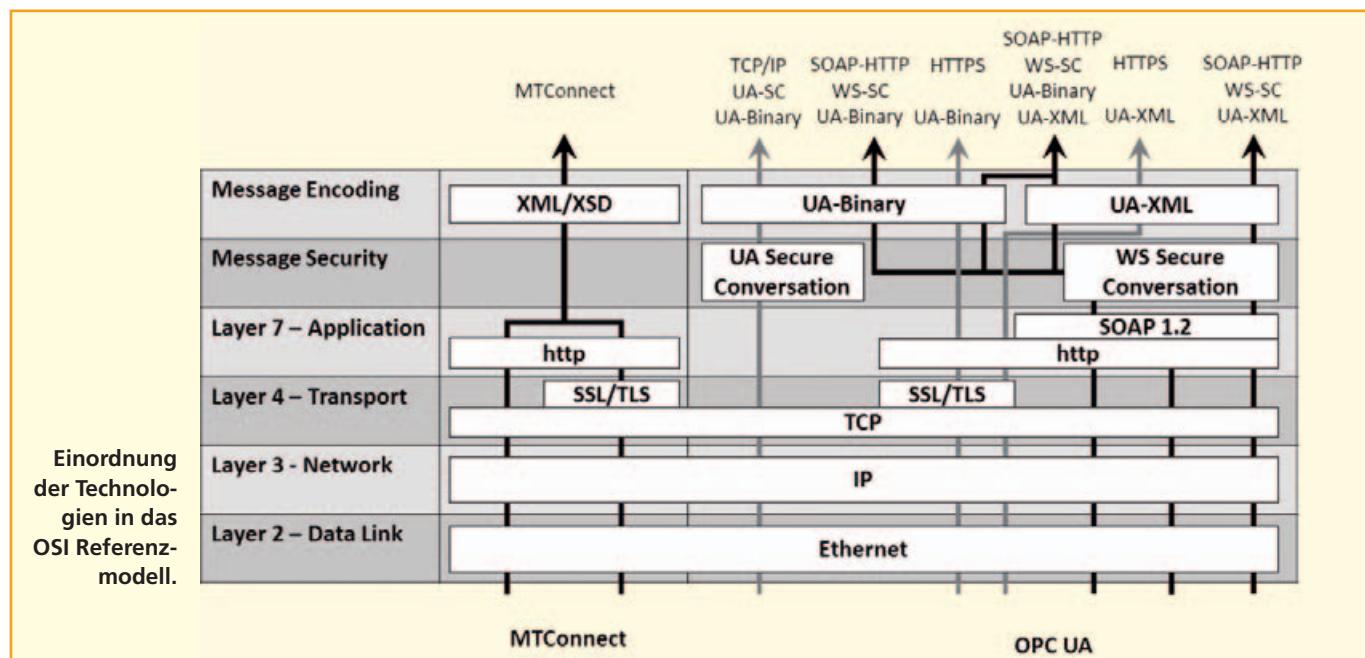
Die Protokoll-Elemente

Im Rahmen der MTConnect-Spezifikation ist die Kommunikation zwischen dem MTConnect-Client und dem MTConnect-Agent beschrieben. Der Kommunikationsweg von Devices und Components zum Agent wird mittels Adapters realisiert und bleibt proprietär. Die Schnittstelle zwischen Client und Agent ist als RESTful Interface auf Basis von HTTP (ab Version 1.0) definiert. Das Paradigma REST (Representational State Transfer) bedeutet, dass Mehrfachaufrufe an die gleiche Web-Adresse immer dieselbe Information liefern und dass

keine Methoden-Information im Aufruf transportiert wird. Es bietet dabei zwei Vorteile: Zum einen erfüllen HTTP-fähige Server und Clients REST per se die Anforderungen, zum anderen handelt es sich um ein zustandsloses Verfahren. Damit wird der Server um die Aufgabe der Sitzungsverwaltung entlastet, was der Einfachheit dient, jedoch das Sicherheitsmerkmal der Nutzer-Authentifizierung während des Sitzungsaufbaus ausschließt. Aus dem Portfolio der HTTP-Anfragemethoden wird ausschließlich die Methode GET verwendet. GET dient der Informationsbeschaffung ohne jegli-

che Nebeneffekte. Dadurch wird die Einfachheit und Effizienz des Datentransports zusätzlich erhöht. Die mittels GET angeforderten Anwendungsdaten des Agents werden bei MTConnect vollständig im XML-Format übertragen.

Die IEC 62541-6 wiederum definiert Technologie-Mappings der protokollunabhängigen Beschreibungselemente von OPC UA. Dazu gehören das Sicherheits-Modell, Service-Definitionen und zugehörige Datenstrukturen auf aktuelle Sicherheits- und Transportprotokolle. In der aktuellen Fassung sind die Transportprotokolle TCP/IP, SOAP-HTTP und



HTTPS spezifiziert. Die direkt auf der Transportschicht und somit auf TCP/IP des ISO/OSI-Referenzmodells aufsetzende Variante ermöglicht die Kommunikation über den im UA-Stack definierten SecureChannel (UA Secure Conversation). SOAP beschreibt eine XML-basierte Syntax und ermöglicht einen HTTP-basierten Nachrichtenaustausch nach dem Request-Response-Pattern. Die eigentlichen OPC-UA-Nachrichten werden nach dem OPC UA Binary Encoding (Base64 Data, RFC 3548) via WS-Secure-Conversation und SOAP übertragen. Base64 stellt hierbei eine Codepage-unabhängige Codierung mittels ASCII-Zeichen dar, was letztlich Effizienzeinbußen gegenüber einer Binärcodierung bedeutet, jedoch effizienter als reines XML genutzt werden kann. WS-Secure-Conversation ist Teil der WS-Spezifikationsreihe, welche eine Klasse von Spezifikationen im Kontext von Webservices mit SOAP/WSDL bereitstellen. Letztlich ermöglicht HTTPS die Übertragung von OPC UA Binary und XML über eine gesicherte Verbindung via SSL/TLS. OPC UA bietet demnach viele Transportvarianten mit unterschiedlichen Codierungs- und Sicherheitsoptionen. Die passende Protokollvariante für einen konkreten Anwendungszweck auszuwählen, erfordert nicht nur entsprechendes Know-how im Bereich der Netzwerktechnik, sondern gerade auch bezüglich IT-Security. Im Sinne der Protokolleffizienz bietet die Übertragung der UA-Binary-Codierung mittels TCP/IP die größten Vorteile. Optimierungspotenzial bietet sich hier zum Beispiel noch bei der Implementierung der UA Secure Conversation. Im Vergleich zu MTConnect bietet OPC UA nicht zuletzt eine Anzahl von Diensten, die weit über die Möglichkeit des Auslesen von Daten hinausgehen. Dazu zählen unter anderem Methodenaufrufe, Subscriptions mit Deadband und Aggregaten, Bearbeitung historischer Daten und die Gewährung der Typ-Sicherheit.

Die Datenmodelle

Der Standard MTConnect stellt ein sehr detailliertes Datenmodell für den Bereich der Werkzeugmaschinen dar. Die Struktur des Modells ist in XML-Schemata umfassend beschrieben, ist über-

sichtlich und eindeutig durch die Verwendung eines einheitlichen Begriffs-kataloges. Ein Nachteil ist jedoch die Starrheit dieser Vorgehensweise. Eine Erweiterung oder Änderung des Modells kann nur über eine Änderung oder Erweiterung des Standards erfolgen. Austauschbare Einzelteile und Werkzeuge sind unabhängig von den sie aufnehmenden Maschinen beschrieben. So weit wie möglich ist auch das Datenmodell auf bestehende Standards aufgesetzt, wie zum Beispiel auf der ISO 13399 (Werkzeugdatendarstellung und -austausch), womit Doppelnormung vermieden wird.

Die IEC 62541-3 beschreibt das auf Objekten basierende Address Space Model von OPC UA, welches jeglichem Informationsmodell zugrundeliegt. Die einzelnen Elemente der Objekte werden durch Nodes repräsentiert, bei denen es sich um Variable, Methoden und Referenzen zu weiteren Objekten handeln kann. Dies ermöglicht eine objektorientierte Modellierung von eigenen, komplexen Datentypen und Strukturen. In der IEC 62541-5 standardisierte Nodes dienen zu diagnostischen Zwecken sowie als Einstiegspunkte für Browse Operationen innerhalb des Server-spezifischen AddressSpace. Somit wird durch die IEC 62541-5 das Informationsmodell eines ‚leeren‘ OPC-UA-Servers spezifiziert. Folglich erhält der Anwender bei OPC UA maximale Freiheit bei der Definition des applikationsspezifischen Modells. Dieses kann zum Beispiel auf den in den Teilen IEC 62541-8 (Data Access), IEC 62541-9 (Alarne), IEC 62541-10 (Programme) und IEC 62541-11 (Historische Daten) vordefinierten Modellen aufbauen. Außerdem lässt sich das Informationsmodell zur Laufzeit des Servers ändern (Nodes hinzufügen und löschen), was Vorteile bezüglich der dynamischen Konfiguration von Maschinen und Anlagen bietet.

Kurzum: Prinzipiell lässt sich jedes Datenmodell mit OPC UA abbilden. Das Implementieren eines eigenen Datenmodells auf einem Server bedeutet jedoch einigen Aufwand. Dieser Prozess wird durch die OPC Foundation durch das Angebot von implementierten Beispielen und von Companion Standards für verschiedene Bereiche beschleunigt.



NEU

FAULHABER BX4

Integrierte Kommunikation für flexible Automatisierung

Motion Control Systems mit CANopen-Schnittstelle

- Volle CANopen-Funktionalität nach CiA 402 zum Betrieb an übergeordneten Steuerungen wie SPS
- Sehr effiziente Vernetzung durch dynamisches PDO Mapping
- Beliebige Achsen können synchron angesteuert werden
- Einfache Konfiguration über FAULHABER Motion Manager 5

www.faulhaber.com

LASER
World of
PHOTONICS

München, 22. – 25.06.2015
Halle A2 · Stand 420



WE CREATE MOTION

Mitgliedernutzen der Organisationen

	 www.mtconnect.org	 www.opcfoundation.org
Mitgliedschaft		
• ohne Stimmrecht	kostenlos ¹⁾	900 \$
• mit Stimmrecht	kostenlos ¹⁾	1800 \$
• Vollmitgliedschaft	–	ab 3000 \$ ²⁾
• Fördermitgliedschaft	ab 1000 \$/Jahr	–
Mitgliederzugriff auf die Spezifikation	kostenlos	kostenlos
Mitgliederzugriff auf Implementierungen	Vielfältige Projekte in Source Code sind verfügbar (https://github.com/mtconnect)	Beispiel-Implementierungen sind verfügbar, Source Code Projekte nur für Vollmitglieder
Unabhängige Anbieter (freie und kommerzielle)	zum Beispiel TechSolve, System Insights	zum Beispiel Unified Automation, Softing, open62541
Test und Zertifizierung	nein	Zertifizierung und Zugriff auf Test-Tools für Vollmitglieder
Mitgliederzahl (Stand 04/2015)	127	437

¹⁾ vorbehaltlich der Zustimmung zu Lizenzvereinbarungen

²⁾ abhängig vom Firmenjahresumsatz

Datenlokalisierung und -zugriff

Für das Auffinden von MTConnect-fähigen Devices durch eine Client-Applikation wird der Einsatz eines LDAP-Servers (Lightweight Directory Access Protocol) und damit ebenfalls ein Standardverfahren empfohlen, bei dem die Agents alle bei ihnen angeschlossenen Devices anmelden. MTConnect definiert den Aufruftyp „probe“ zum Auslesen der Struktur der Komponenten und Datenpunkte innerhalb eines Device, wodurch eine Art Browsen des Device unterstützt wird. Weitere Aufruftypen dienen dem Auslesen von Momentanwerten, einschließlich Ereignissen und Zuständen, sowie dem Auslesen verschiedener Historien. Ein Agent speichert die gesammelten Daten in einem Ringpuffer, wobei Überschreiben sowie ein damit verbundener Datenverlust möglich ist und die Anwendung auf der Seite des Clients die

Verantwortung für ein rechtzeitiges Auslesen trägt.

Grundsätzlich besitzt jeder OPC-UA-Server einen Discovery Endpoint, welcher von Clients genutzt werden kann, ohne eine komplette Verbindung zu dem Server aufzubauen zu müssen. Über diesen Endpoint können Clients die Konfiguration des Servers erfahren – zum Beispiel bezüglich genutzter Sicherheitsoptionen. Existieren mehrere OPC-UA-Server auf einem Gerät, so kommt der Local Discovery Server (LDS) zum Einsatz, bei dem OPC-UA-Server ihre Endpoints registrieren. Das Auffinden von OPC-UA-Servern in einem Subnetz kann außerdem mittels Multicast-DNS (mDNS, RFC 6762) erfolgen. Hierzu ist etwa ein LDS mit Multicast-Erweiterung (LDS-ME) verwendbar, der die bei dem LDS registrierten OPC-UA-Server im Netzwerk bekannt macht. Eingebettete Server – zum Beispiel in SPSEN oder direkt in der Sensorik – nutzen unter Umständen auch direkt mDNS, um ihre Dienste im Subnetz anzubieten.

Zusätzlich definiert OPC UA einen Global Directory Service (GDS) als zentralen, eigenständigen OPC-UA-Server mit Methoden zur Verzeichnisverwaltung. OPC-UA-Server registrieren sich

bei diesem Service und OPC-UA-Clients können Listen von Servern abrufen und durchsuchen. Der GDS kann wiederum mittels mDNS im Subnetz bekannt gemacht werden oder ist mit global verfügbarer und bekannter URL zu erreichen. Ein GDS ermöglicht das netzwerkweite Auffinden von OPC-UA-Servern, während mittels mDNS schnell ein Ad-Hoc-Discovery-Konzept in einem lokalen Subnetz realisierbar ist.

Die Sicherheitskonzepte

Im Umfeld von MTConnect wird das Thema IT-Security mit einer geringeren Priorität betrachtet. Das dabei hervorgebrachte Argument, es würden nur Daten aus der Anlage geliefert und durch dieses Read-only-Paradigma sei Schaden ausgeschlossen, greift etwas kurz. So ist der Schutzbedarf bezüglich der Datenintegrität durchaus angemessen zu betrachten, damit die datenkonsumierenden Instanzen wie MES nutzbringend agieren können. Zum Erhalt der Vertraulichkeit von Daten als weiterem Schutzziel wird bei MTConnect die Verschlüsselung des Datentransports und der Datenspeicher durch Standardverfahren empfohlen, zum Beispiel SSL/TLS für den Transport und AES oder RSA für die Speicherung.

Bei OPC UA ist IT-Security hingegen integraler Bestandteil der Spezifikation und damit auch der Kommunikations-Stacks. Die Definition erfolgt im Part 2 „Security Model“ des Standards. OPC UA stellt sich damit den Herausforderungen an den Schutz von Industrieanlagen, die aus zufälligen Fehlerzuständen oder aus zielgerichteten Attacken entstehen können. Auf verschiedenen Ebenen sind dementsprechend Security-Funktionen definiert; und zwar nicht als optionale Erweiterung, sondern als fest vorgeschriebener Bestandteil des Protokolls. Die Sicherheitsfunktionen adressieren dabei alle IT-Security-Aspekte wie Authentizität, Autorisierung, Integrität sowie Vertraulichkeit.

Auf der Anwendungsebene findet bei OPC UA ein Austausch von Zertifikaten zur Identifizierung von Applikationsinstanzen statt, um die Glaubwürdigkeit anhand einer eindeutigen Identität sicherzustellen. Einzelnen Datenpunkten können granular Zugriffsrechte zugewiesen werden. Daten werden zudem vertraulich, das heißt verschlüsselt, übertragen. Hier können sowohl SSL/TLS, die WS Secure Conversation (für UA XML) oder die eigene UA Secure Conversation (für UA Binary) zum Einsatz kommen.

Die Zusammenarbeit – Companion Standards

Bereits kurz nach Inkrafttreten der beiden Spezifikationen erfolgte eine gemeinsame Initiative des MTConnect Institute und der OPC Foundation. Im Ergebnis gab es nicht nur ein Memorandum of Understanding, sondern mit der MTConnect-OPC UA Companion Specification auch ein Dokument zur Verknüpfbarkeit der beiden Standards. Darin wird insbesondere das Zusammenführen der Datenmodelle beschrieben, indem Root-Elemente der Datenmodelle aufeinander abgebildet werden. Zu den Transportmechanismen enthält diese Spezifikation keine Vorgaben, da OPC-UA-Companion-Standards nur das Informationsmodell beschreiben, welches über OPC-UA-Protokolle transportiert wird. In praktischen Anwendungen kann es dann durchaus

ein über Gateways gekoppeltes Nebeneinander der Protokolle von OPC UA und MTConnect geben. Das Prinzip der Companion-Standards zur Definition von OPC-UA-Informationsmodellen verfolgt die OPC Foundation im Übrigen auch mit anderen Organisationen wie PLCOpen und AutomationML.

Auf den Punkt gebracht: Wer eine Lösung für die unidirektionale, vertikale Konnektivität im Bereich der Werkzeugmaschinen sucht, kann MTConnect verwenden. Verlässt man die Domäne der Werkzeugmaschinen oder wird mit Kommunikationsanforderungen wie Wechselseitigkeit oder Ereignisorientiertheit konfrontiert, dann kommen die Vorteile des universellen Ansatzes von OPC UA schnell zum Tragen. Der Preis für die Flexibilität ist eine steigende Komplexität. Daraus ergibt sich die Anforderung an Technologie-Anbieter, dem Anwender trotz hoher Komplexität eine einfache Bedienbarkeit zu ermöglichen.

Da die Systeme äußerst verschieden sind – auf der einen Seite ein Protokoll für eine Gruppe von Maschinentypen, auf der anderen Seite eine Architektur zum Daten- und Informationsaustausch –, ist ein direkter Vergleich mit quantifizierbaren Mess-Ergebnissen jedenfalls nicht sinnvoll. *gh*



**Prof. Dr.
Jürgen Jasperneite**

ist Leiter des inIT der Hochschule Ostwestfalen-Lippe und Leiter des Fraunhofer IOSB-INA.



**Arne
Neumann**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für industrielle Informationstechnik (inIT) der Hochschule Ostwestfalen-Lippe in Lemgo.



**Florian
Pethig**

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Anwendungszenrum Industrial Automation (IOSB-INA) in Lemgo.



Zukunftssichere Automatisierung

- ◎ Intelligente und vernetzte Systeme
- ◎ Innovative Hard- und Software-Entwicklungen
- ◎ Offene Kommunikationsplattformen
- ◎ Langfristiges Lifecycle-Management

 **BAUMÜLLER**

www.baumueller.de



be in motion