

# Industrie 4.0

## Kommunikation mit OPC UA

Leitfaden zur Einführung in den Mittelstand



in Kooperation mit

 **Fraunhofer**  
IOSB-INA

 **VDMA**



## Editorial



Hartmut Rauen

Innovationen, Lösungskompetenz und Spitzenqualität sind zentrale Merkmale der deutschen Maschinenbau-Industrie und auch Industrie 4.0 steht genau dafür. Es geht darum, Informations- und Internettechnologien Schritt für Schritt in die Produkte und in die Fabriken zu integrieren. Dem deutschen Maschinen- und Anlagenbau kommt dabei als Anbieter und Anwender von Industrie-4.0-Technologien eine Schlüsselrolle zu. Denn er integriert neueste Technik in Produkte und Prozesse. Zugleich ist er Datenquelle für Industrie 4.0: Er erfasst die Daten, interpretiert sie, innoviert damit und entwickelt neue Geschäftsmodelle.

Wichtige Grundlage für die erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 und zugleich zentrale Herausforderung ist der herstellerunabhängige Austausch von Daten durch die Festlegung einheitlicher Schnittstellen in der Produktion.



Dr. Christian Mosch

Im Maschinen- und Anlagenbau etabliert sich hierfür zunehmend der Standard „Open Platform Communications Unified Architecture“ (OPC UA). Hierbei handelt es sich um einen offenen Schnittstellenstandard, der die Mechanismen der Zusammenarbeit im industriellen Umfeld definiert. Er befähigt den Maschinen- und Anlagenbau, seine Produktion digital zu vernetzen. Maschinen und Anlagen können so per Plug & Work nach Bedarf umgestaltet werden – unabhängig von welchen Herstellern die Maschinen und Komponenten in der Produktion stammen. Was heute im Büro-Umfeld mit Netzwerkschnittstellen und USB-Steckern schon lange üblich ist, wird in Zukunft auch in der Produktion Realität. Ebenso werden Zustandsüberwachung (Condition Monitoring), die vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) und die Optimierung der Produktion herstellerunabhängig umsetzbar.

Der VDMA priorisiert seine Aktivitäten auf den Schnittstellenstandard OPC UA und gibt dem Maschinen- und Anlagenbau eine wichtige Orientierung. Vor diesem Hintergrund versteht sich der vorliegende VDMA-Leitfaden „Industrie-4.0-Kommunikation mit OPC UA“ als praxisorientiertes Werkzeug. Er zeigt Maßnahmen auf, die dazu beitragen, die Industrie-4.0-Kommunikation erfolgreich im eigenen Unternehmen einzuführen. Denn Industrie 4.0 ist ein Entwicklungspfad auf dem Weg in die Zukunft der Produktion. Der VDMA realisiert mit diesem Leitfaden einen weiteren Umsetzungsbaustein für die Praxis und erweitert die erfolgreiche VDMA-Leitfaden-Serie.

Ausdrücklicher Dank gebührt Prof. Dr. Oliver Niggemann und Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite vom Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA) für die wissenschaftliche Aufbereitung des Leitfadens. Zudem gilt es, den beteiligten VDMA-Mitgliedern für ihr Engagement zu danken.

Der VDMA-Leitfaden ist damit auch ein Beispiel für das hervorragende Miteinander und Netzwerk des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus.

Wir wünschen Ihnen eine interessante und inspirierende Lektüre.

**Hartmut Rauen**

Stellvertretender VDMA-Hauptgeschäftsführer

**Dr. Christian Mosch**

VDMA-Forum Industrie 4.0

## Leitfaden Industrie 4.0 – Kommunikation mit OPC UA Orientierungshilfe für den deutschen Mittelstand



Prof. Dr. Oliver Niggemann

Der Maschinenbau- und Anlagenbau sowie die produzierenden Unternehmen erleben aktuell eine Welle von Innovationen, und zwar sowohl durch Technologien als auch durch datenbasierte Geschäftsmodelle. So werden neue Methoden wie Predictive Maintenance oder Selbstoptimierung eingeführt, Standard-IT-Systeme sowie Big-Data-Plattformen werden Teil der Automatisierungssysteme und datenbasierte Dienstleistungen ermöglichen neue Geschäftsmodelle.

Grundlage all dieser Ansätze ist ein standardisierter und durchgängiger Austausch von Informationen über alle Schichten der Automatisierungssysteme hinweg. Ohne diese Grundlage können Informationen nicht analysiert, Anlagen nicht automatisch optimiert und Aufbau- und Umbauphasen nicht verkürzt werden.



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite

Der IEC-Standard Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) ist ein vielversprechender Ansatz, um diese Qualität des Informationsaustausches zu realisieren und kristallisiert sich daher als wichtiger Bestandteil zukünftiger Industrie-4.0-Standards heraus. Dieser Leitfaden möchte die Eigenschaften von OPC UA und mögliche Migrationsstrategien vorstellen.

OPC UA ist dabei kein weiterer Kommunikationsstandard für die Echtzeitkommunikation in der Automation. Vielmehr schafft OPC UA einen zusätzlichen Kommunikationskanal zwischen bislang getrennten Kommunikationsinseln. Die Hauptaufgabe von OPC UA wird die Übermittlung von Informationen für neue Industrie-4.0-Dienste und nicht der Ersatz bestehender Protokolle sein.

Aus diesem Grund ist es sicherlich auch wenig sinnvoll, auf explizite Kundenwünsche nach OPC UA zu warten, da OPC UA nur ein Werkzeug zur Umsetzung von neuen Kundenszenarien ist. Gerade Maschinen- und Anlagenbauer sollten dabei berücksichtigen, dass viele dieser Kundenszenarien nur durch einen herstellerübergreifenden interoperablen Informationsaustausch möglich werden und dass der Integrationsaufwand dabei vertretbar bleiben muss. OPC UA ist für diese Anforderungen entwickelt worden. In vorangegangenen Projekten am Fraunhofer IOSB-INA konnten wir darüber hinaus nachweisen, dass OPC UA in Bezug auf die benötigten Ressourcen sehr skalierungsfähig ist, so dass auch einfache Sensoren oder Feldgeräte künftig mit einer entsprechenden Funktionalität ausgestattet werden können.



Neben der Umsetzung der OPC-UA-Basisfunktionalität liegt der Schwerpunkt für die Implementierung in der Nutzung und Erstellung von Informationsmodellen. Informationsmodelle stellen Anlageninformationen standardisiert zur Verfügung, wobei sie nicht nur die Daten, sondern auch Metadaten, wie z.B. Datenherkunft, Datenqualität und Datenquerverbindungen, beinhalten. Erst hierdurch lassen sich OPC-UA-basierte Automationssysteme schneller und ohne große Integrationsaufwände zusammenschließen und in Datenanalyse- und Optimierungssysteme einbinden. Diese Informationsmodelle lassen sich von jedem Anbieter individuell gestalten, wobei oft eine branchenspezifische Einigung auf standardisierte Modelle sinnvoll ist. Aktuell laufen bereits diverse solcher Standardisierungsbemühungen.

OPC UA ist eine Chance für eine schnelle Umsetzung von neuen Kundenanforderungen und von neuen Mehrwertdiensten für den Maschinen- und Anlagenbau, die Produzenten sowie die Ausrüster. Gerade mittelständische Unternehmen erhalten dadurch die Chance, schnell und effizient neue Märkte zu erschließen und neue Produkte zu entwickeln.

Wir hoffen, durch diesen Leitfaden Unternehmen zu diesem Weg zu ermutigen.

**Prof. Dr. Oliver Niggemann**

Fraunhofer-Anwendungszentrum  
Industrial Automation (IOSB-INA)

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite**

Fraunhofer-Anwendungszentrum  
Industrial Automation (IOSB-INA)

## Management Summary

**Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus sowie Betreiber sehen sich heute mit abstrakten Industrie-4.0-Konzepten konfrontiert, die mehr Effizienz und Flexibilität versprechen, jedoch keine konkreten Handlungsempfehlungen geben. Sie verwenden heute viele unterschiedliche industrielle Kommunikationslösungen mit dem damit verbundenen Aufwand für die Systemintegration. Wozu benötigen Unternehmen jetzt noch Industrie 4.0-Kommunikation?**

Industrie-4.0-Kommunikation bezeichnet keine weitere industrielle Kommunikationslösung für den Transport echtzeitkritischer Prozess- und Steuerungsdaten. Sie ergänzt die bestehenden Lösungen und basiert auf grundlegend neuen Konzepten, wie einer serviceorientierten Architektur (SOA) und Informationsmodellen zur Beschreibung von Geräten und ihren Fähigkeiten. Eine SOA ermöglicht es, Komponenten, Maschinen und Anlagen flexibler zu agieren, da diese nicht für eine spezifische Produktionsaufgabe konfiguriert und programmiert werden, sondern ihre grundsätzlichen Fähigkeiten als Dienste anbieten. Dienste von Komponenten können hierbei zu abstrakteren Maschinen- und Anlagen-Diensten orchestriert werden.

**Industrie-4.0-Kommunikation vereinfacht die Integration von Komponenten, Maschinen und Anlagen.**

Industrie-4.0-Kommunikation vereinfacht die Integration von Komponenten, Maschinen sowie Anlagen und realisiert Effizienzsteigerungen durch eine feldbusunabhängige Anbindung von Condition Monitoring und Optimierungssystemen. Außerdem ermöglicht sie einen flexibleren Auf- und Umbau von Maschinen, Anlagen und Fabriken in dem Anwendungsfall Plug & Work. Diese Fähigkeit spart Zeit und somit Kosten.

Der in der IEC 62541<sup>[1]</sup> spezifizierte offene Standard Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) erfüllt alle Anforderungen an die Industrie-4.0-Kommunikation und etabliert sich zunehmend auch im Maschinen- und Anlagenbau.

**Die Einführung von Industrie-4.0-Kommunikation auf Basis von OPC UA kann schrittweise erfolgen.**

### Erster Migrationsschritt

Die Einführung von Industrie-4.0-Kommunikation auf Basis von OPC UA kann schrittweise erfolgen. Grundvoraussetzung für den Einsatz von OPC UA zur Industrie-4.0-Kommunikation ist ein auf dem Internet Protokoll (IP) basierendes Netzwerk. Ist ein IP-fähiges Netzwerk vorhanden, kann OPC UA bereits als einheitliche Schnittstelle für den maschinenübergreifenden Informationszugriff, z. B. von Condition-Monitoring-Systemen, genutzt werden. Hierbei werden für die Überwachung einer Maschine oder Anlage relevante Parameter in einem ersten Schritt manuell in das Condition-Monitoring-System eingebunden. Dies bietet bereits einen großen Mehrwert im Vergleich zu der heutigen Integration über viele unterschiedliche Kommunikationslösungen.

### Zweiter Migrationsschritt

In einem nächsten Migrationsschritt ermöglicht die Erstellung von standardisierten Informationsmodellen (Companion Specifications) bei OPC UA den Anwendungsfall Plug & Work: Die Kernfunktionalität von Maschinen und Anlagen ist bei unterschiedlichen Herstellern auf die gleiche Art im Informationsmodell beschrieben. Sie lassen sich auf die gleiche Weise integrieren und verwenden. Diese Interoperabilität wird von mehr und mehr Betreibern, z. B. von Kunststoff- und Gummimaschinen und Geräten zur automatischen Identifikation (RFID), gefordert.

### Dritter Migrationsschritt

In einem dritten Migrationsschritt kann ein erweitertes Informationsmodell über den Standard hinausgehende Funktionen beinhalten. So können sich Maschinen und Anlagen unterschiedlicher Hersteller auch bei der Industrie-4.0-Kommunikation in puncto Leistung und Effizienz unterscheiden. Nicht alles kann und soll standardisiert werden. Know-how von Maschinen- und Anlagenbauern, z. B. Funktionen zur Optimierung, kann durch die rollenbasierten Berechtigungen von OPC UA granular geschützt werden.

### Rahmenbedingungen stimmen

Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) bestätigt, dass mit OPC UA IT-sichere Industrie-4.0-Kommunikation umgesetzt werden kann.<sup>[2]</sup>

Einige Komponentenhersteller, Maschinen- und Anlagenbauer haben sich bereits in Richtung Industrie-4.0-Kommunikation aufgemacht. Ein erstes Ergebnis ist die Companion Specification EUROMAP77, die ein einheitliches Informationsmodell für Kunststoff- und Gummimaschinen beinhaltet. EUROMAP77 ist dabei geeignet, gerade kleineren Unternehmen den Mehrwert von Informationsmodellen begreifbar zu machen und die hierfür erforderlichen Schritte zu erläutern.

**Industrie-4.0-Kommunikation ist kein abstraktes Zukunftskonzept.**

**Sie existiert bereits in Form von OPC UA.**

Selbstverständlich fügt sich die Industrie-4.0-Kommunikation auf Basis von OPC UA in das Referenzarchitekturmodell für Industrie 4.0 (RAMI4.0) der Plattform Industrie 4.0 ein. Dabei ist Industrie-4.0-Kommunikation mit OPC UA nicht nur auf dem Communication Layer, sondern mit ihrem Informationsmodell ebenfalls auf dem Information Layer verortet.

Industrie-4.0-Kommunikation ist kein abstraktes Zukunftskonzept. Sie existiert bereits in Form von OPC UA. Der Maschinen- und Anlagenbau muss sich den Aufgaben der Zukunft stellen, die mehr und mehr aus dem IT- und Software-Umfeld kommen. Begriffe wie IP-basierendes Netzwerk, Informationsmodell und SOA dürfen nicht mehr nur Fremdwörter für Maschinen- und Anlagenbauer sein.

## Einleitung und Zielsetzung

Dieser Leitfaden richtet sich an Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus sowie an Betreiber. Neben dem stetigen Ziel der Optimierung der Gesamtanlageneffektivität steht der Betreiber heute vor den Herausforderungen, Kunden stärker in den Produktionsprozess einbinden und immer individueller produzieren zu müssen.

Die Anbindung von Services, die die Gesamtanlageneffektivität erhöhen, wie z. B. Condition Monitoring oder Funktionen zur Optimierung der Systeme, ist heute noch mit einem hohen Aufwand in Bezug auf die Konfiguration der industriellen Kommunikation verbunden. Auch die kundenindividuelle Produktion erfordert eine im Vergleich zu heute flexiblere und feldbusunabhängige Kommunikationstechnik.

Ein Beispiel für heutige industrielle Kommunikation ist in Abbildung 1 dargestellt: Innerhalb von zwei Produktionszellen werden unterschiedliche Kommunikationslösungen 1 und 2 eingesetzt. Für eine zellenübergreifende Kommunikation wird eine dritte Lösung verwendet. Diese unterschiedlichen Schnittstellen erschweren heute die Systemintegration, die dadurch Zeit kostet und fehleranfällig ist.

### Industrie-4.0-Kommunikation basiert auf standardisierter serviceorientierter Architektur

Aus diesen Gründen fordern Betreiber von den Maschinen- und Anlagenbauern eine standardisierte, robuste, IT-sichere, zellenübergreifende Industrie-4.0-Kommunikation. Industrie-4.0-Kommunikation unterscheidet sich von bisheriger Kommunikation im Wesentlichen dadurch, dass sie auf einer standardisierten serviceorientierten Architektur (SOA) beruht und die Übertragung von sich selbstbeschreibenden Informationen ermöglicht. Anders als bei heutiger zellenübergreifender Kommunikation steht die Übertragung von Geräte- und Fähigkeitsbeschreibungen im Vordergrund. Diese Selbstauskunftsfähigkeit reduziert den Konfigurationsaufwand und erleichtert das Benutzerverständnis.

**Die Selbstauskunftsfähigkeit von Industrie-4.0-Kommunikation reduziert den Konfigurationsaufwand und erleichtert das Benutzerverständnis.**

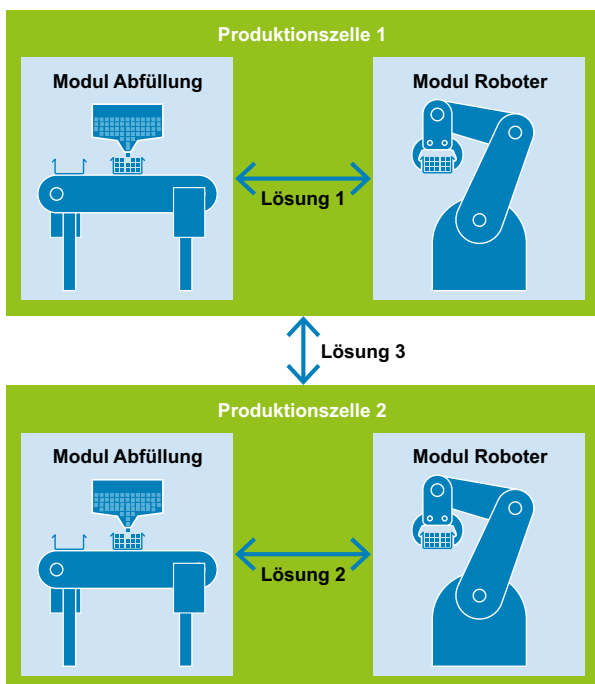


Abbildung 1: Beispiel für heutige industrielle Kommunikation



### OPC UA erfüllt Anforderungen

Der in der IEC 62541<sup>[1]</sup> spezifizierte offene Standard Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) erfüllt diese Anforderungen und etabliert sich zunehmend für die Industrie-4.0-Kommunikation im Maschinen- und Anlagenbau. OPC UA bietet die Möglichkeit, Geräte- und Fähigkeitsbeschreibungen in Form von Informationsmodellen zu erstellen. Branchenspezifische Informationsmodelle können standardisiert werden und werden dann als „Companion Specification“ bezeichnet.

### Leitfaden unterstützt Anbieter und Anwender

Dieser Leitfaden soll Maschinen- und Anlagenbauer sowie Betreiber bei der Einführung von

Industrie-4.0-Kommunikation unterstützen. Die Unternehmen stehen heute auf der einen Seite vor den genannten Herausforderungen und sehen sich auf der anderen Seite mit unterschiedlichen und abstrakten Industrie-4.0-Konzepten konfrontiert. Dieser Leitfaden versucht, diese Lücke zu schließen.

Das folgende Kapitel stellt Anwendungsfälle für Industrie-4.0-Kommunikation vor. Anschließend wird der OPC-UA-Werkzeugkasten für die Industrie-4.0-Kommunikation eingeführt, der für die Einführung der Anwendungsfälle verwendet wird. EUROMAP77 und AutoID werden als Beispiele für OPC UA „Companion Specifications“ vorgestellt. Zum Schluss erfolgt eine Einordnung in das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0).

## Anforderungen

**Dieses Kapitel definiert Anforderungen von Betreibern sowie Maschinen- und Anlagenbauern an Industrie-4.0-Kommunikation. Die Anforderungen bilden die Basis für die Migrationsstrategie hin zu Industrie-4.0-Kommunikation.**

Ein im folgenden zentraler Begriff und Basis für Industrie-4.0-Kommunikation ist das Informationsmodell. Es kann als Betriebsanleitung verstanden werden, welche die Nutzung von Komponenten, Maschinen und Anlagen beschreibt. Die Nutzung kann dabei sowohl durch den Menschen als auch durch andere Geräte erfolgen. Das Informationsmodell besteht aus einem Netz von unterschiedlichen Objekten, die sowohl Nutzdaten als auch Meta- und Laufzeit-Informationen repräsentieren können. So kann das Informationsmodell z. B. Geräteinformationen,

Prozessvariablen oder Fähigkeiten von Maschinen beschreiben. Andere Geräte oder Benutzer können diese Objekte abfragen und interpretieren. Neben dem lesenden oder schreibenden Zugriff auf Objekte existieren Methodenaufrufe, die es ermöglichen, Aktionen, wie z. B. „Einschalten“, auszuführen. Außerdem besteht die Möglichkeit, mittels Ereignissen über Änderungen benachrichtigt zu werden.

**Das Informationsmodell ist die „Betriebsanleitung“, welche die Nutzung von Komponenten, Maschinen und Anlagen beschreibt.**

### **Anforderung „IT-Sicherheit“**

Industrie-4.0-Kommunikation muss sicher sein. Mittels Mechanismen der IT-Sicherheit lassen sich Daten vor unberechtigtem Zugriff oder Manipulation schützen und so Urheberrechte wahren und Schäden verhindern. Bei der Entwicklung eines Informationsmodells wird vorab festgelegt, dass nur die für die Interoperabilität notwendigen Informationen ausgetauscht werden. Durch die Vergabe von Zugriffsrechten kann außerdem definiert werden, welche Informationen nur von bestimmten Nutzern gesehen, gelesen und geschrieben werden dürfen. Mindestanforderungen an die IT-Sicherheit sind auch in dem VDMA-Leitfaden „Industrie 4.0 Security – Handlungsempfehlungen für den Mittelstand“ beschrieben<sup>[3]</sup>.

### **Anforderung „Menschen unterstützen“**

Eine zentrale Anforderung an Industrie-4.0-Kommunikation ist die Reduzierung der heute vorhandenen Komplexität, die zu hohen Aufwänden bei der Inbetriebnahme und dem Umbau von Systemen führt. Die Unterstützung des Menschen durch eine einheitliche Schnittstelle im Produktionsumfeld ist elementar.

### **Anforderung „Fabriken effizient betreiben und flexibel umbauen“**

Der Status Quo in der Fabrik des Betreibers erschwert die Steigerung der Gesamtanlageneffektivität bei gleichzeitiger Realisierung einer kundenindividuellen Massenproduktion. Betreiber fordern eine einfachere Integration von Maschinen und Anlagen in Systeme zur Überwachung (Condition Monitoring) und Optimierung durch Konzepte wie Plug & Work. Diese ist heute mit viel Aufwand verbunden.

### **Anforderung „Maschinen einfach in die Anlage integrieren“**

Maschinen und Systeme verfügen über viele unterschiedliche Schnittstellen und müssen aufwändig in Anlagen integriert werden. Anlagenbauer fordern Maschinen mit einheitlichen Schnittstellen und Informationsmodellen.

### **Anforderung „Strukturiert auf Maschinen- und Zelleninformationen zugreifen“**

Maschinen und Produktionszellen stellen ihre Informationen heute in keiner einheitlichen Struktur zur Verfügung. Anlagenbauer fordern eine einheitliche maschinen- und zellenübergreifende Kommunikation.

### **Anforderung „Interoperabel und sicher auf Services und Daten von Steuerung und Feldgeräten zugreifen“**

Komponenten, wie Steuerungen und Feldgeräte, müssen heute aufwändig in Maschinen integriert werden. Sie beinhalten unterschiedliche Informationsmodelle und Kommunikationstechnologien, die oftmals keine IT-Sicherheit berücksichtigen. Maschinenbauer fordern Komponenten, die Services über einheitliche, sichere Schnittstellen anbieten.

## Anwendungsfälle

Dieses Kapitel definiert Anwendungsfälle für Industrie-4.0-Kommunikation. Diese Anwendungsfälle bilden zusammen mit den im letzten Kapitel beschriebenen Anforderungen den Kern der später beschriebenen Migrationsstrategie für Industrie-4.0-Kommunikation.

### Anwendungsfall „Condition Monitoring“:

Maschinenbauer können die Fähigkeiten der Industrie-4.0-Kommunikation nutzen, um den Zustand ihrer Maschinen zu überwachen (Data Analytics, Condition Monitoring). Dazu haben sie standardisiert Zugriff auf eine Vielfalt an Informationen auf Basis aktueller Daten, z. B. Energieverbrauch, Umgebungstemperatur, Prozesswerte oder auch den Auftragsstatus. Sie können außerdem alle verfügbaren Informationen für (mobile) Endgeräte ihrer Kunden zur Verfügung stellen. Dadurch wird die Wartung und Einstellung der Maschine vereinfacht, sodass die Gesamtanlageneffektivität erhöht werden kann. Dies zeigt Abbildung 2.

### Beispiel „Condition Monitoring“:

Die zur Verfügung stehenden Informationen über Prozesswerte können von intelligenten Datenanalyseverfahren genutzt werden, um Verhaltensmodelle zu extrahieren und diese im laufenden Betrieb mit der Realität zu vergleichen. Abweichungen, die auf einen fehlerhaften Betrieb oder einen sich anbahnenden Fehler hindeuten, können so erkannt werden. Diese Verfahren und Funktionen nutzen die standardisierte feldbusunabhängige Industrie-4.0-Kommunikation, um alle benötigten Eingaben zu erhalten und Rückmeldungen weiterzuleiten.

### Anwendungsfall „Plug & Work“:

Industrie-4.0-Kommunikation erhöht die Interoperabilität von Maschinen und Systemen in der Fabrik. Insbesondere Konfigurationsaufwand kann durch Plug-&-Work-Mechanismen zur automatischen Konfiguration reduziert werden. Dieses Technologiekonzept ermöglicht es, einfach neue Geräte in Netzwerke aus Feldgeräten, Steuerungen, Condition-Monitoring- und Optimierungssystemen einzubringen, sodass diese automatisch in den bestehenden Anlagenbau eingebunden werden. Hierzu ist eine standardisierte Informationsbeschreibung zur effektiven Kommunikation zwingend erforderlich, damit sich die Geräte untereinander verstehen.

**Industrie 4.0-Kommunikation basiert auf einer einheitlichen Kommunikationsschnittstelle.**

Heute wird die gleiche Information von verschiedenen Herstellern oft unterschiedlich bezeichnet. Die Einbindung der benötigten Information in übergeordnete Systeme ist deshalb trotz einheitlicher Kommunikationsschnittstelle mit Aufwand verbunden. Abbildung 3 soll dies an einem Beispiel verdeutlichen: Das dargestellte

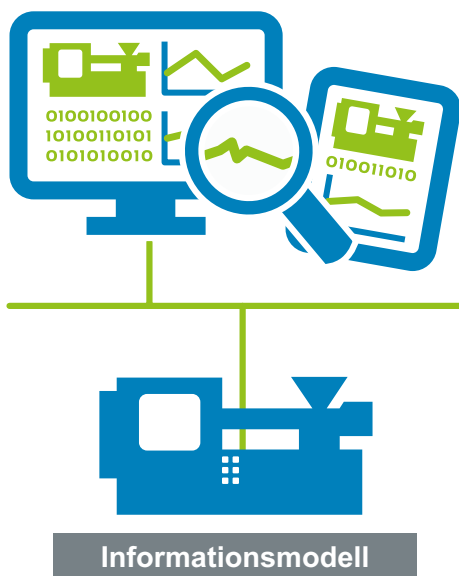


Abbildung 2: Condition Monitoring

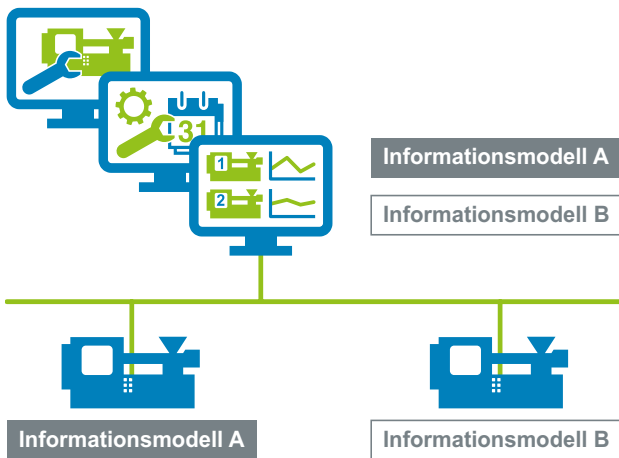


Abbildung 3: Einheitliche Kommunikationsschnittstelle

Produktionssystem beinhaltet zwei Maschinen und übergeordnete Systeme zur Produktionssteuerung, -überwachung und -optimierung. Die Maschinen verwenden unterschiedliche Informationsmodelle A und B. Um die Maschinen in übergeordnete Systeme zu integrieren, müssen dort beide Informationsmodelle bekannt sein. Ist das Informationsmodell für die Maschinen standardisiert, muss lediglich dieses eine Informationsmodell in übergeordneten Systemen bekannt sein. Dies zeigt Abbildung 4.

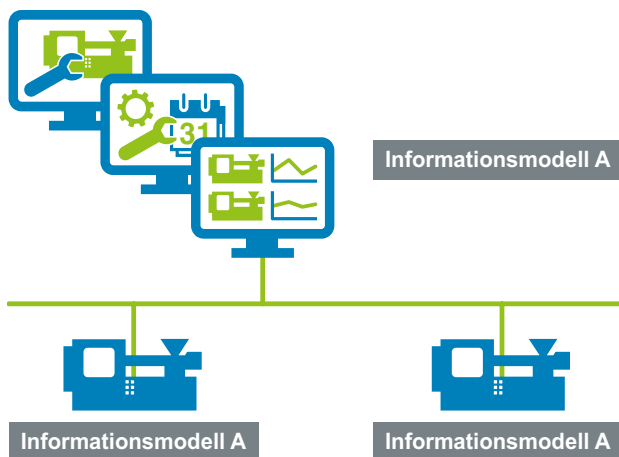


Abbildung 4: Einheitliche Kommunikationsschnittstelle und einheitliches Informationsmodell

Industrie-4.0-Kommunikation beginnt nicht erst auf Maschinenebene. Auch die einzelnen Komponenten einer Maschine, d. h. die Steuerung und Feldgeräte, können an einer Industrie-4.0-Kommunikation teilnehmen. Industrie-4.0-Kommunikation erleichtert dem Maschinenbau-Unternehmen die Integration dieser Komponenten in seine Maschine. Somit kann beispielsweise ein Energiemessgerät sehr einfach in die Maschine integriert werden, welches seine Messwerte im Anschluss standardisiert zur Verfügung stellt.

### Anwendungsfall Optimierung:

In einem weiteren Migrationsschritt können Funktionen zur Optimierung, z.B. von Energie und Taktzeit, implementiert werden. Messwerte für eine energieoptimierte Maschinensteuerung können hierbei einfach über Industrie-4.0-Kommunikation integriert werden. Intelligente Datenanalyseverfahren können das charakteristische Energieverhaltensverhalten von Komponenten, Maschinen und Prozessschritten lernen und daraus Parameter für einen optimierten Betrieb ermitteln.

### Beispiel

#### „Optimierung eines Hochregallagers“:

In einem automatisierten Hochregallager sind mehrere Steuerungen der Regalbediengeräte eingesetzt. Es treten Leistungsspitzen auf, die hohe Kosten verursachen und zu Störungen führen. Mit einer Datenanalysesoftware sollen die Steuersignale der Antriebe und der Energiemesswerte untersucht werden. Es ist ein Informationszugriff auf Steuerungen und Energiemessgeräte von unterschiedlichen Herstellern notwendig. Diesen Informationszugriff zu realisieren, bedeutet heute viel Aufwand. Mit Industrie-4.0-Kommunikation kann diese Integration wesentlich vereinfacht werden. Sobald die Informationen verfügbar sind, kann ein Datenanalyseverfahren z. B. den Energieverbrauch in dem Hochregallager analysieren und optimierte Steuerungsparameter berechnen. Der berechnete Weg wird dem Hubfahrzeug mitgeteilt, welches die notwendigen Bewegungen ausführt (Abbildung 5).

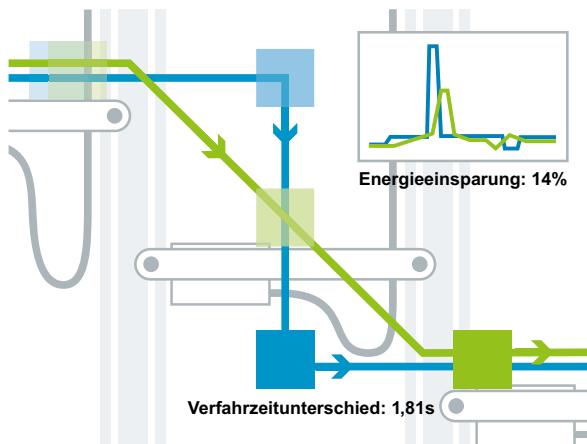


Abbildung 5: Energieoptimierung eines Hochregallagers

**Beispiel****„Optimierung von Druckluftherzeugung“:**

Eine Maschine benötigt Druckluft, die von einem Kompressor zur Verfügung gestellt wird. Die Maschine beinhaltet Komponenten, die ihren Energiebedarf der nächsten Minuten prognostizieren und über Industrie-4.0-Kommunikation mitteilen. Der Kompressor nutzt diese Informationen, um zu überprüfen, ob er den Bedarf erfüllen kann oder ob ggf. ein Reservegerät hinzugeschaltet werden muss. Im Gegenzug meldet der Kompressor, wenn er an seine Leistungsgrenze geht. Somit kann die Produktion an die zur Verfügung stehende Druckluft angepasst werden. Eine standardisierte Kommunikation kann so ohne zusätzlichen Konfigurationsaufwand ein optimiertes Zusammenspiel der vernetzten Komponenten ermöglichen.

**Ausblick:****Fabrikübergreifende Kommunikation**

In der Vision von Industrie 4.0 endet die Kommunikation nicht auf Fabrikebene. Das in Abbildung 6 dargestellte Anwendungsszenario „Auftragsgesteuerte Produktion“ der Plattform Industrie 4.0 basiert auf der Vernetzung mit anderen Fabriken über die Grenzen des eigenen Werks hinaus, um Produktionsfähigkeiten und Kapazitäten an sich schnell verändernde Markt- und Auftragsbedingungen anpassen zu können. Eine standardisierte Industrie-4.0-Kommunikation erlaubt die automatisierte Auftragsplanung, -vergabe und -steuerung zur Einbindung aller benötigten Fertigungsschritte und Produktionsmittel. Einzelne Prozessmodule können so wesentlich flexibler als früher miteinander kombiniert und ihre spezifischen Fähigkeiten genutzt werden<sup>[4]</sup>. Wie in Abbildung 6 dargestellt, kann Industrie-4.0-Kommunikation in diesem Anwendungsszenario beispielsweise über eine Cloud realisiert werden.

Industrie-4.0-Kommunikation bindet außerdem den Kunden stärker als heute in die Entwicklung und Produktion mit ein. Im einfachsten Fall erhält der Kunde Informationstransparenz, in weiteren Schritten aktive Gestaltungsmöglichkeiten, die er bisher nur in früheren Phasen vor der Produktion hatte. Hier ergeben sich somit neue Möglichkeiten zur Steigerung der Kundenzufriedenheit und durch die zusätzlichen Dienste vor allem auch eine erhöhte Kundenbindung.

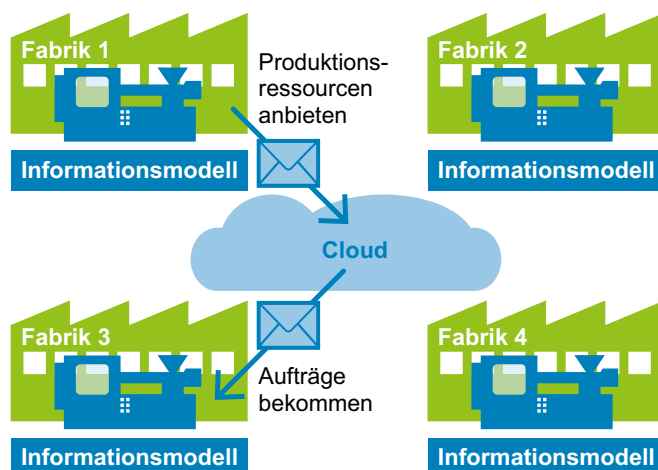


Abbildung 6: Fabrikübergreifende Kommunikation im Anwendungsszenario „Auftragsgesteuerte Produktion“

# Der Werkzeugkasten OPC UA für die Industrie-4.0-Kommunikation

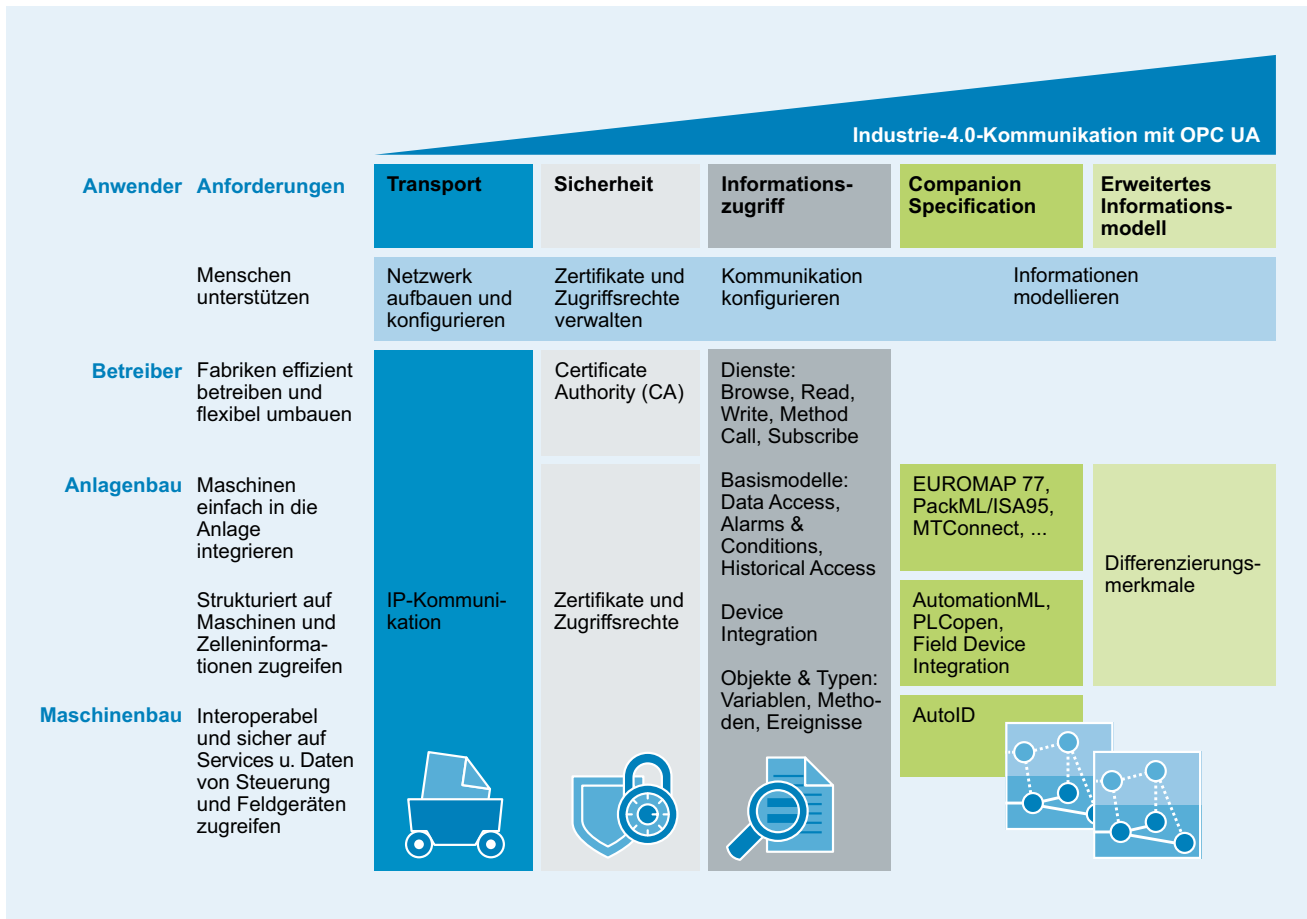


Abbildung 7: Der Werkzeugkasten OPC UA für die Industrie-4.0-Kommunikation

Der Werkzeugkasten OPC UA ist in Abbildung 7 dargestellt und enthält von links nach rechts die Spalten:

- Transport
- Sicherheit
- Informationszugriff
- Companion Specification
- Erweitertes Informationsmodell

Der Erfüllungsgrad der Industrie-4.0-Kommunikation steigt hierbei von links nach rechts.

Die Zeilen des Werkzeugkastens OPC UA beinhalten für den Maschinenbau, Anlagenbau und Betreiber relevante Elemente.

OPC UA ist eine SOA und ermöglicht einen standardisierten Datenaustausch von Maschinendaten, wie z.B. Gerätebeschreibungen, Messwerten, Parametern und Regelgrößen. OPC UA ersetzt dabei nicht die deterministische Kommunikation innerhalb von Maschinen, sondern ermöglicht eine einheitliche Kommunikation zwischen Anlagen, Maschinen und Kompo-

zenten unterschiedlicher Hersteller. OPC UA ist der Nachfolger der klassischen OPC-Variante und erweitert diese um standardisierte Transportprotokolle, wie z. B. Webservices, um Sicherheitsmechanismen und um die Fähigkeit, Informationen in einem Informationsmodell semantisch zu beschreiben. Die OPC Foundation ist ein Industriekonsortium und verwaltet die Standardisierung von OPC UA.

Nachfolgend werden die Elemente des Werkzeugkastens OPC UA detailliert beschrieben.

### Transport



Die Transportschicht realisiert den Informationszugriff technisch mit unterschiedlichen Kommunikationsprotokollen und Kommunikationsarten, die jedoch alle auf dem Internet Protokoll (IP) basieren. OPC UA benötigt daher eine Netzwerkinfrastruktur, die IP-Kommunikation ermöglicht. OPC UA ist IPv4 und IPv6 kompatibel. Zukünftig unterstützt OPC UA deterministische Kommunikation mittels Time-Sensitive Networking (TSN).

Aktuell basiert OPC UA auf den in Abbildung 8 dargestellten Kommunikationsarten Client-Server und Publish-Subscribe. In OPC-UA-Anwendungen können beide Kommunikationsarten parallel verwendet werden. Eine OPC-UA-Anwendung kann zugleich Server, Client, Publisher und Subscriber sein. Eine Discovery-Funktionalität ermöglicht es, OPC-UA-Server mit ihren Funktionalitäten zu finden.

Die Client-Server-Kommunikation realisiert einen direkten Datenaustausch zwischen Client und Server, bei dem der Empfang einer Nachricht dem Sender der Nachricht bestätigt wird. Die Kommunikationsart Publish-Subscribe eignet sich für den indirekten Datenaustausch, bei dem sich Sender und Empfänger nicht kennen müssen und auch nicht zur gleichen Zeit aktiv sein müssen. Publish-Subscribe ist geeignet für

Szenarien, bei denen entweder viele Sender mit einem Empfänger (z. B. Condition-Monitoring- und Optimierungsdienste in der Cloud) oder ein Sender mit vielen Empfängern kommunizieren. In letzterem Szenario könnte z. B. eine Spritzgießmaschine grundsätzlich Materialdurchsatz und Energiemessungen zur Verfügung stellen, die von unterschiedlichen Services im Unternehmen verwendet werden können (z. B. Visualisierung, MES oder Energiebilanzierung).

### Sicherheit



Sicherheit ist ein zentrales Element von OPC UA und wurde bei der Entwicklung von Anfang an berücksichtigt. Sicherheitsmechanismen decken die Transportschicht, den Informationszugriff und den Discovery-Mechanismus ab. Für die Sicherheitsmechanismen wird eine Verwaltung von Zertifikaten und Zugriffsrechten benötigt. Zertifikate ermöglichen die Authentifizierung von

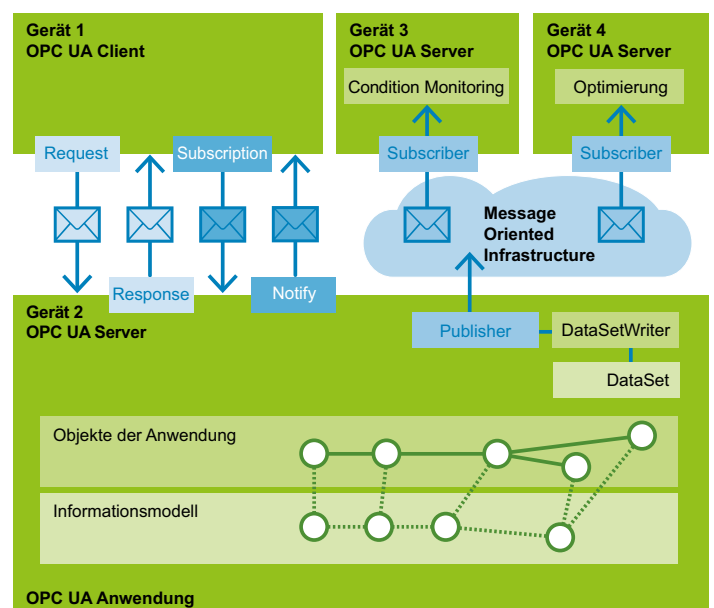


Abbildung 8: OPC-UA-Kommunikationsarten

OPC-UA-Anwendungen, um ihre Identität nachzuweisen. Zertifikate können entweder für jede OPC-UA-Anwendung oder aber mittels einer unternehmensweiten Public Key Infrastructure (PKI) verwaltet werden. Eine PKI kann Zertifikate ausstellen, verteilen und prüfen. Die Ausstellung von unternehmensweiten Zertifikaten übernimmt hierbei die in Abbildung 7 dargestellte Certificate Authority (CA). Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) bestätigt, dass mit OPC UA IT-sichere Industrie-4.0-Kommunikation umgesetzt werden kann<sup>[2]</sup>. Zur sicheren Implementierung von Industrie-4.0-Technologien bietet außerdem der VDMA-Leitfaden „Industrie 4.0 Security – Handlungsempfehlungen für den Mittelstand“ detaillierte Informationen<sup>[3]</sup>.

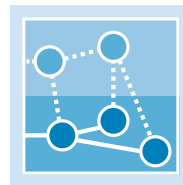
**Informationszugriff**



Der Informationszugriff ermöglicht es, Methoden aufzurufen, Variablen zu lesen und zu schreiben und Ereignisse zu beobachten.

**Beispiel:** Eine Spritzgießmaschine liefert Informationen über Materialdurchsatz und Energieverbrauch (Variablen), den Maschinenstatus (Ereignis) und bietet die Ausführung von Aufträgen an (Methoden).

**Companion Specification und erweitertes Informationsmodell**



Ein Informationsmodell ist ein Netz aus Knoten und Beziehungen zwischen diesen Knoten. Die Knoten können unterschiedliche komplexe Objekte mit unterschiedlichen Eigenschaften repräsentieren, wie z. B. Geräte, Maschinen und Anlagen. Bei OPC UA können Objekte Variablen, Methoden und Ereignisse beinhalten.

In dem OPC-UA-Informationsmodell können beliebige Hierarchien abgebildet werden. Darüber hinaus gibt es Typen und Instanzen von Knoten. Knoten können mit Typen standardisiert werden. Dies ermöglicht einen Informationszugriff unabhängig von speziellen Knoten-Instanzen. So kann z. B. ein Typ „Spritzgießmaschine“ standardisiert werden, der alle allgemeingültigen Variablen, Methoden und Ereignisse einer Spritzgießmaschine beinhaltet. Der Typ ist genauso Teil des Informationsmodells wie Instanzen dieses Typs. Dadurch ist eine OPC-UA-Anwendung in der Lage, beliebig komplexe Knoten zu verstehen, ohne diese bereits im Vorfeld kennen zu müssen.

**Beispiel:** Ein Hersteller A und ein Hersteller B implementieren den gleichen Typ Spritzgießmaschine. Die zwei Implementierungen sind zwei unterschiedliche Instanzen. Der Informationszugriff kann einheitlich über den Typ für beide Hersteller A und B erfolgen. Ein herstellereinspezifischer Informationszugriff ist nicht notwendig. Dadurch können Anwendungen unabhängig von Geräten, Maschinen und Anlagen entwickelt werden. Eine Spritzgießmaschine kann z. B. eine Methode „Auftrag starten“ besitzen sowie

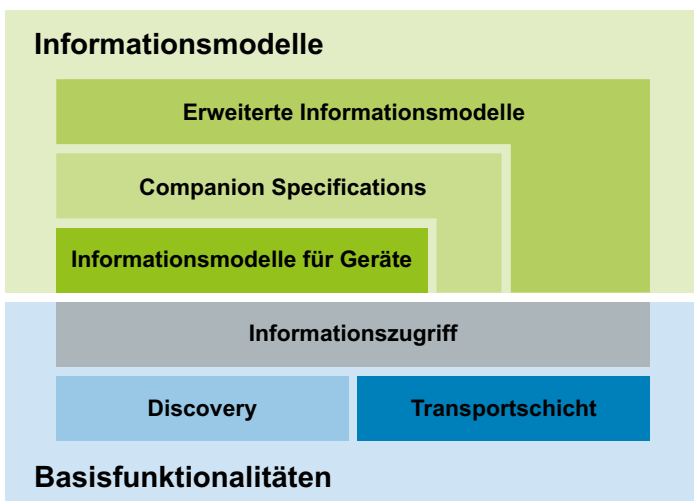


Abbildung 9: Logische Ebenen von OPC UA



Companion Specification	Beschreibung
Automatische Identifikationssysteme (AutoID)	AutoID ist ein Informationsmodell für automatische Identifikationssysteme wie z.B. Barcode, RFID, NFC Lese- und Schreibgeräte.
CNC Systems, Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW)	OPC UA Information Model zum Anschluss und Datenaustausch von rechnergestützten numerischen Steuerungssystemen (Computerized Numerical Control Systems, kurz: CNC Systems).
EUROMAP77, VDMA Kunststoff- und Gummimaschinen	Standardisierte Schnittstelle zwischen Spritzgießmaschinen und Leitrechner/MES.
EUROMAP79, VDMA Kunststoff- und Gummimaschinen	Schnittstelle zwischen Spritzgießmaschinen und Robotern.
Feldgeräteintegration (FDI)	Feldgeräte, die über unterschiedliche Protokolle kommunizieren, können über das Informationsmodell Field Device Integration (FDI) beschrieben werden.
Industrielle Bildverarbeitung, VDMA Robotik + Automation	Standardisierte Schnittstelle zwischen einem industriellen Bildverarbeitungssystem und dessen Produktionsumgebung.
Integrated Assembly Solutions, VDMA Robotik + Automation	Standardisierte Schnittstelle zwischen einem Handhabungsgerät und dessen Produktionsumgebung.
PLCopen	Das PLCopen Informationsmodell bildet IEC 61131-3 auf das OPC UA Informationsmodell ab.
Robotik, VDMA Robotik + Automation	Standardisierte Schnittstelle zwischen einem Roboter und dessen Produktionsumgebung.

Tabelle 1: Überblick einiger ausgewählter Companion Specifications

Weitere Companion Specifications können auf der Webseite der OPC Foundation unter „Markets & Collaboration“ gefunden werden (<https://opcfoundation.org/markets-collaboration/>).

eine Variable „aktuelle Leistungsaufnahme“ und ein Ereignis „Temperatur erreicht“ aufweisen. Abbildung 9 ordnet die zuvor erläuterten Elemente des Werkzeugkastens in logische Ebenen der OPC-UA-Spezifikation ein. Informationsmodelle werden über den zuvor beschriebenen Informationszugriff verfügbar gemacht. OPC-UA-Anwendungen können Informationsmodelle als Server oder Publisher bereitstellen und als Client oder Subscriber verwenden. Die Transportschicht-Ebene beschreibt die technische Realisierung der Informationszugriff-Ebene und die Discovery-Ebene beschreibt die Möglichkeiten, OPC-UA-Server aufzulisten. OPC-UA-Server werden auf Geräten wie z. B. Feldgeräten, Steuerungen, Desktop-Rechnern oder IT-Servern implementiert.

Abbildung 9 zeigt drei Kategorien von OPC-UA-Informationsmodellen: Das Informationsmodell

### Das Informationsmodell für Geräte (Device Integration) bildet die Basis für Companion Specifications und erweiterte Informationsmodelle.

für Geräte, die Companion Specifications sowie die erweiterten Informationsmodelle. Das Informationsmodell für Geräte und deren Integration (Device Integration) bildet die Basis für Companion Specifications und erweiterte Informationsmodelle. Es beinhaltet ein Gerätemodell (Eigenschaften und Funktionalitäten), ein Kommunikationsmodell (Topologie der Kommunikation) und ein Integrationsmodell (Regeln für die Integration von Geräten). Tabelle 1 listet einige Beispiele für Companion Specifications auf. Aufgrund der Vielzahl von Companion Specifications handelt es sich hierbei lediglich um einen Auszug.

# Migrationsstrategie für die Industrie-4.0-Kommunikation

Die Umsetzung der Industrie-4.0-Kommunikation muss nicht in einem Schritt erfolgen. Sie kann in sinnvolle Teile zerlegt werden. Dieses Kapitel zeigt Umsetzungs- und Migrationsbeispiele für die eingangs definierten Anwendungsfälle auf.

Die Umsetzung basiert auf den zuvor definierten Anforderungen an Industrie-4.0-Kommunikation sowie den Funktionalitäten des Werkzeugkastens OPC UA aus dem vorigen Kapitel. Abbildung 10 zeigt Condition Monitoring als ersten Schritt hin zu Industrie-4.0-Kommunikation. Die Ordinate in Abbildung 10 zeigt die Anforderungen an Industrie-4.0-Kommunikation und die Abszisse stellt Funktionalitäten des Werkzeugkastens OPC UA dar.

Die Umsetzung der Industrie-4.0-Kommunikation muss nicht in einem Schritt erfolgen.

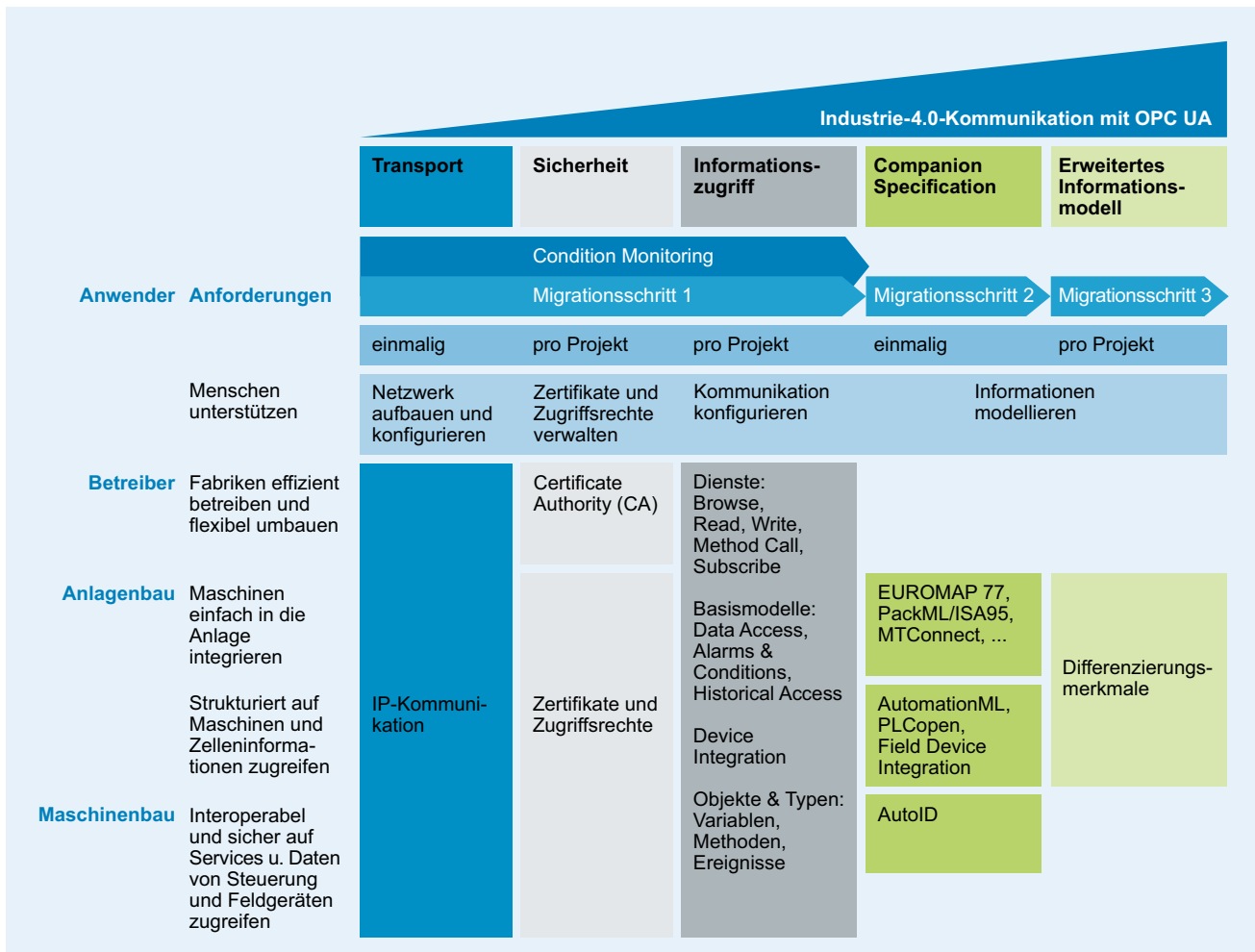


Abbildung 10: Condition Monitoring als erster Schritt hin zu Industrie-4.0-Kommunikation

### Migrationsschritt 1: Informationszugriff

In einem ersten Schritt wird OPC UA als einheitliche Kommunikationsschnittstelle für den Informationszugriff verwendet. Informationszugriff bedeutet, dass von Maschinen und Anlagen zur Verfügung gestellte Variablen manuell gefunden und abonniert werden.

### Von Maschinen und Anlagen zur Verfügung gestellte Variablen können manuell gefunden und abonniert werden.

Maschinenbauer können auf Basis dieser Variablen beispielsweise den Anwendungsfall Condition Monitoring implementieren. Damit werden Stillstandzeiten reduziert. Dieser Anwendungsfall bietet bereits einen klaren Mehrwert für den Endanwender und ist in Abbildung 10 Anforderungen und Elementen des Werkzeugkasten OPC UA zugeordnet.

Für die Implementierung des Informationszugriffs sind die ebenfalls in Abbildung 10 dargestellten technischen Grundvoraussetzungen zu erfüllen. Hierbei stehen Aufbau und Konfiguration eines IP-fähigen Netzwerks an erster Stelle. Dieses kann beispielsweise auf Ethernet oder drahtlosen Technologien, wie WLAN oder 5G-Mobilfunk, basieren. Der Aufbau des Netzwerks muss in der Regel nur einmal erfolgen.

### Der erste Schritt für die Implementierung ist der Aufbau und die Konfiguration eines IP-fähigen Netzwerks.

Ein lokaler Discovery Mechanismus (LDS) ermöglicht das Auffinden eines OPC-UA-Servers, z. B. auf einer Maschine oder Anlage. Serverseitig muss der LDS üblicherweise nicht weiter konfiguriert werden. Er wird von OPC UA Clients, z. B. auf MES-Systemen oder anderen Maschinen, verwendet, um zur Verfügung stehende Server zu finden und ihre Sicherheitsoptionen auszulesen. Auf Basis dieser Informationen kann der OPC UA Client eine Verbindung zum Server aufbauen.

Um die IT-Sicherheit zu gewährleisten, müssen pro Projekt Zugriffsrechte für das Informationsmodell konfiguriert und Zertifikate verwaltet werden. Diese werden benötigt, um die Identität von OPC-UA-Anwendungen zu verifizieren zu können. OPC-UA-Anwendungen müssen sich vertrauen, damit Verbindungen zwischen diesen aufgebaut werden können. In einem ersten Schritt können die Zertifikate von Hand kopiert werden. Später kann es sinnvoll sein, über eine unternehmensweite Verwaltung von Zertifikaten, eine sogenannte Certificate Authority (CA), nachzudenken. Durch die zentrale Verwaltung von Zertifikaten müssen diese nicht mehr für jede OPC-UA-Anwendung einzeln verwaltet werden.

### Später kann es sinnvoll sein, eine unternehmensweite Verwaltung von Zertifikaten, eine sogenannte Certificate Authority (CA), einzuführen.

Ab diesem Punkt können OPC-UA-Anwendungen sicher über die SOA miteinander kommunizieren. Der Anwender kann die abgebildeten Basismodelle erkunden (Browse), Variablen lesen und schreiben (Read/Write), Methoden aufrufen (Method Call) und Wertänderungen sowie Ereignisse abonnieren (Subscribe). Über diese Basisfunktionalität können Kommunikationsbeziehungen, z. B. zwischen Systemen wie ERP, MES und SPS, manuell konfiguriert werden. So kann z. B. eine SPS einen Energiemesswert zyklisch an ein MES übermitteln.

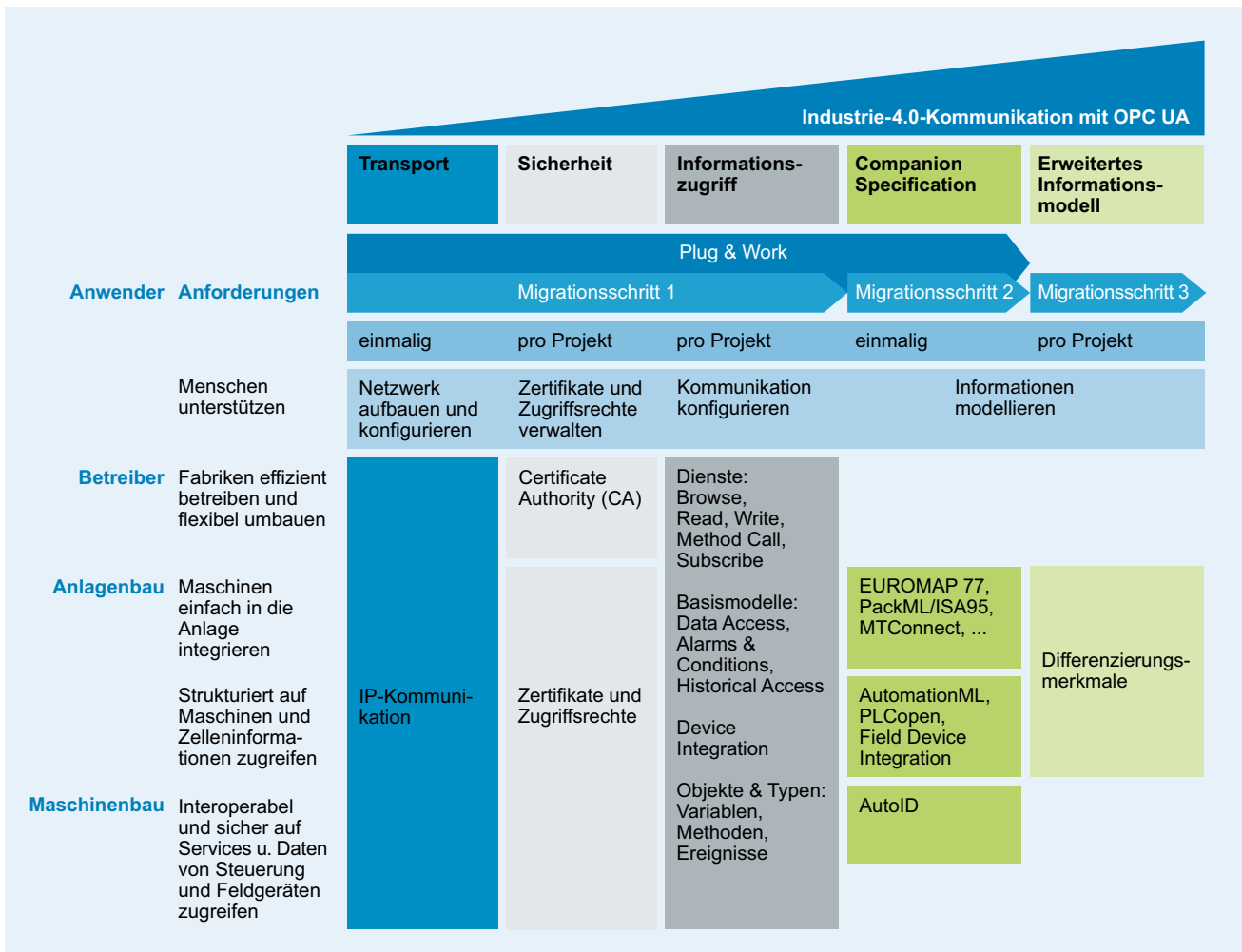


Abbildung 11: Plug & Work auf Basis von Companion Specifications

**Migrationsschritt 2: Companion Specification**

Im vorigen Migrationsschritt wurde der Werkzeugkasten OPC UA von einem Maschinenbauer oder Endanwender eingesetzt, um einen Informationszugriff zu implementieren. Im zweiten Migrationsschritt kann der Werkzeugkasten OPC UA von mehreren Maschinenbauern und Endanwendern einer Branche genutzt werden, um ein gemeinsames Informationsmodell zu erarbeiten. Das gemeinsam standardisierte Informationsmodell wird im Werkzeugkasten OPC UA als Companion Specification bezeichnet. Als Basis für eine Companion Specification

dient hierbei stets das Informationsmodell für Geräte. Es beschreibt allgemeine Eigenschaften und Funktionalitäten von Geräten und in welchen Topologien sie betrieben werden können. Die Companion Specifications definieren branchenspezifische Geräte und ihre Anwendung, d. h. beispielsweise Feldgeräte, Steuerungen oder Maschinen.

**Als Basis für eine Companion Specification dient stets das Informationsmodell für Geräte (Device Integration).**

Die Verwendung von Companion Specifications erhöht die Interoperabilität und ermöglicht den in Abbildung 11 dargestellten Anwendungsfall Plug & Work. Bei Inbetriebnahme und Umbau passen Systemintegratoren und Automatisierer heute manuell Steuerungsprogramme an, wozu sie üblicherweise auf Handbücher, Datenblätter und informell festgehaltene Informationen, die sich von Hersteller zu Hersteller unterscheiden, angewiesen sind. Zukünftig verwenden Maschinen- und Anlagenbauer die Companion Specification, um einen herstellerübergreifenden Informationsaustausch zu ermöglichen. Eine neue Maschine kann so einfacher in eine Anlage integriert werden, da standardisierte Informationen bei unterschiedlichen Herstellern gleichermaßen vorhanden sind. So können sich Komponenten, Maschinen und Anlagen einfach in Systeme des Endanwenders, wie z. B. MES, integrieren. Das Prinzip ähnelt dabei der bekannten USB-Schnittstelle.

### Einheitliche Aufträge können an Maschinen unterschiedlicher Hersteller gestellt werden.

**Beispiel:** Die später in diesem Leitfaden noch im Detail vorgestellte Companion Specification EUROMAP 77<sup>[6]</sup> spezifiziert Informationen für Spritzgieß- und Gummimaschinen. Ein Informationsobjekt standardisiert z. B. Produktionsaufträge. Somit können einheitliche Aufträge an Maschinen unterschiedlicher Hersteller gestellt werden. Dies erleichtert die Implementierung adaptiver Produktionsplanungssysteme und die Integration in MES- und ERP-Systeme.

**Beispiel:** Die Companion Specification für AutoID-Geräte, wie z. B. Barcode-, RFID- und NFC-Leser. Diese Geräte können über die in der OPC UA Companion Specification spezifizierten Methoden einheitlich angesprochen und somit einfacher in Maschinen integriert werden. Der Leser sollte sich anhand des Werkzeugkastens OPC UA einen Überblick über existierende Companion Specifications verschaffen. Existiert bereits eine Companion Specification für seine Branche, kann diese verwendet werden. Existiert noch keine Companion Specification, kann ein eigenes Informationsmodell erstellt werden. Dieses kann perspektivisch in Form einer Companion Specification standardisiert werden.

### Der VDMA bündelt die Interessen seiner Mitglieder und entwickelt gemeinsam mit der OPC Foundation Companion Specifications.

Der Leser sollte hierzu Kontakt mit dem VDMA aufnehmen, der die Interessen seiner Mitglieder bündelt und gemeinsam mit der OPC Foundation Companion Specifications entwickelt.

Grundsätzlich existieren Companion Specifications auf der Ebene von Geräten und Steuerungen (z.B. AutoID und PLCOpen) und auf Maschinenebene (z.B. EUROMAP 77).

Tabelle 1 listet weitere Companion Specifications im Werkzeugkasten OPC UA auf.

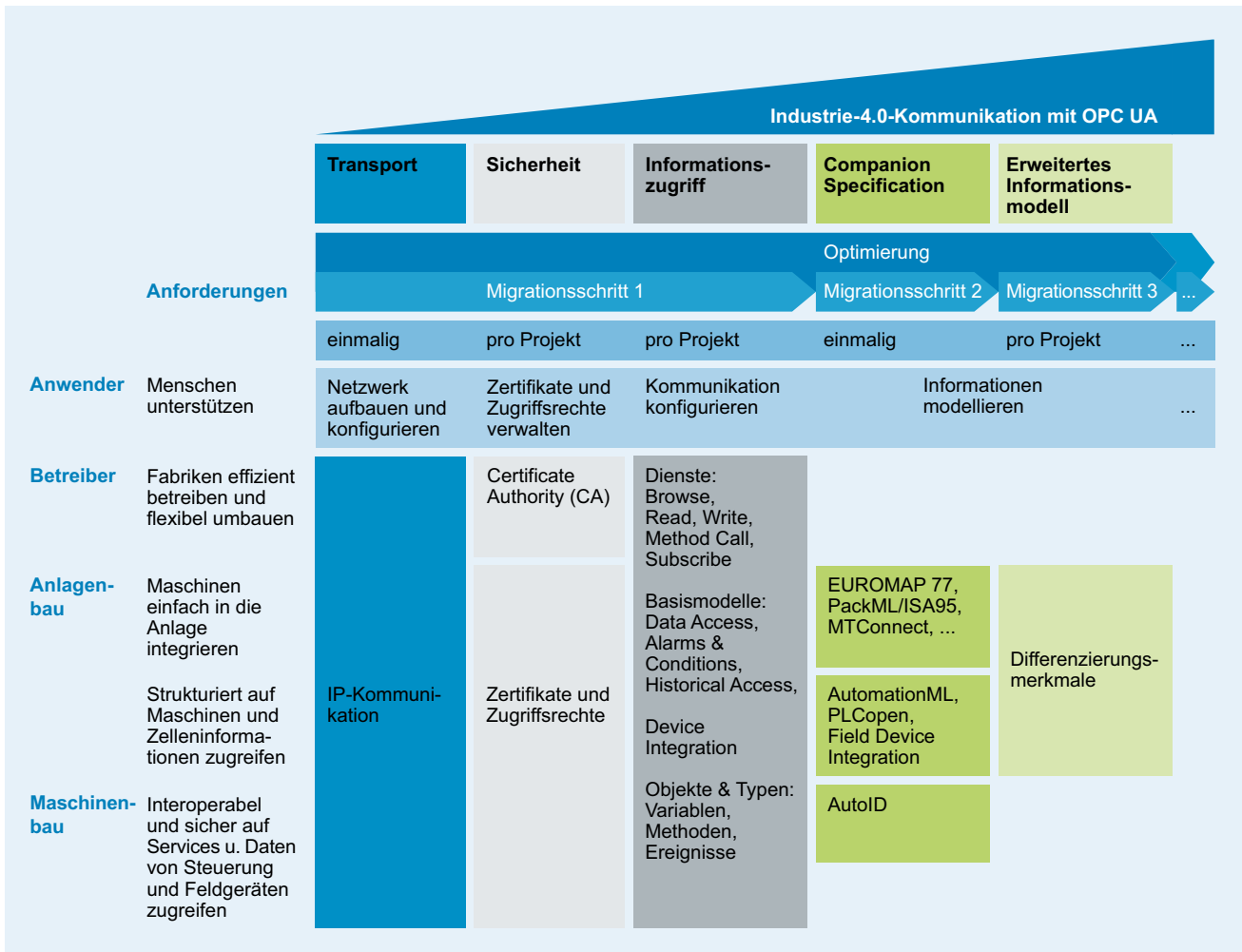


Abbildung 12: Optimierung auf Basis erweiterter Informationsmodelle

**Migrationsschritt 3:  
Erweitertes Informationsmodell**

Eine OPC-UA-Anwendung kann mehrere Informationsmodelle beinhalten. Dies können neben mehreren Companion Specifications auch herstellereinspezifische Erweiterungen sein. Obwohl ein standardisiertes Informationsmodell und eine herstellerunabhängige Grundmenge an Informationen vorliegen, kann es auch bei Industrie-4.0-Kommunikation Differenzierungsmerkmale geben.

So können Maschinen beispielsweise über den Standard hinausgehende Funktionen wie Energie- oder Taktzeitoptimierung anbieten. Diese Funktionen können auf Erfahrungen und geschütztem Wissen der Hersteller basieren, die nicht in die Standardisierung eingebracht werden sollen. Das erweiterte Informationsmodell beinhaltet dabei nur die Informationen, die der Hersteller explizit anbieten möchte. Informationen können in einem OPC-UA-Informationsmodell explizit vor unberechtigtem Zugriff geschützt werden.

**Das erweiterte Informationsmodell bildet produktspezifische Differenzierungsmerkmale ab.**

Wie in Abbildung 12 rechts angedeutet, wird Industrie-4.0-Kommunikation weiterentwickelt. Die Implementierung zukünftiger Anwendungsfälle wird weitere Migrationsschritte erfordern.

## Implementierungsnahe Fragestellungen

### Implementierungsmöglichkeiten für Industrie-4.0-Kommunikation auf Basis von OPC UA

Der offene Standard OPC UA kann kostenlos bezogen werden. Dies gilt für die Spezifikationen genauso wie für Beispiel-Implementierungen in verschiedenen Programmiersprachen. Es ist jedoch festzuhalten, dass sich OPC-UA-Implementierungen teilweise stark in ihrer Funktionalität unterscheiden. Der Anwender kann eine Implementierung am einfachsten anhand der in Tabelle 2 aufgelisteten Profile und der jeweiligen unterstützten Funktionalitäten einordnen. So unterstützen auch einige Implementierungen IT-Security-Mechanismen von OPC UA (UA-Security) und Methoden.

Die von der OPC Foundation kostenlos bereitgestellte Beispiel-Implementierung kann von Anwendern zur Evaluierung der Technologie genutzt werden. Sie erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Produktreife.

Eine Nutzung in eigenen anwendungsspezifischen Lösungen ist daher mit erhöhtem Aufwand verbunden.

### OPC-UA-Implementierungen unterscheiden sich teilweise signifikant in ihrer Funktionalität.

Zahlreiche Unternehmen bieten kommerzielle Unterstützung zur Implementierung von OPC-UA-Lösungen. Diese reichen von Trainings und Workshops über Consulting und Support bis hin zu professionell gepflegten und produktreif getesteten Toolkits. Die Toolkits erleichtern dem Anwender den Einstieg in die Technologie und abstrahieren Funktionalitäten über einfache Schnittstellen. Sie garantieren dabei zumeist getestete Konformität (Conformance Tests) zu der OPC-UA-Spezifikation durch eine Zertifizierung bei der OPC Foundation. Die Nutzung von Development- und Toolkits kann mit Lizenzkosten verbunden sein.

---

#### OPC UA Profile (FullFeatured)

Nano Embedded Device Server Profile	Stark eingeschränkte Funktionalität nur für kleinste Geräte wie z. B. Sensoren und Aktoren zulässig. Nur eine Verbindung, aber ohne UA-Security, keine Subscriptions und keine Methodenaufrufe möglich.
Micro Embedded Device Server Profile	Eingeschränkte Funktionalität, mindestens zwei parallele Verbindungen, zusätzlich Subscriptions/Datenmonitoring, aber keine UA-Security und keine Methodenaufrufe.
Embedded UA Server Profile	Basisfunktionalitäten von OPC UA sind vorhanden, zusätzlich UA-Security und Methodenaufrufe.
Standard UA Server Profile	Beinhaltet alle Funktionalitäten für den sicheren Informationszugriff inklusive UA-Security. Keine Alarmer und keine Historie. PC-basierte Server sollten mindestens dieses Profil unterstützen.

---

Tabelle 2: OPC UA Profile (FullFeatured)

### **Companion Specifications aktiv mitgestalten**

Wie dieser Leitfaden zeigt, ist es für den Anwender ratsam, sich an der Entwicklung von Companion Specifications zu beteiligen, um Industrie-4.0-Kommunikation für die jeweilige Branche voranzutreiben. Die OPC-Foundation ermöglicht den Zugang zu Arbeitsgruppen und bietet einen frühen Einblick in neue Trends und Erweiterungen, inklusive der aktiven Mitwirkung an der Definition von Companion Specifications.

Darüber hinaus unterstützt der VDMA die Entwicklung von Companion Specifications für seine Branchen. Die OPC-Foundation strebt zukünftig gemeinsam mit dem VDMA eine Zertifizierung von OPC UA Companion Specifications an, um auch an dieser Stelle Interoperabilität zu garantieren.

### **OPC UA Development- und Toolkits erleichtern dem Anwender die Implementierung.**

### **Kooperationen mit Forschungspartnern eingehen**

Industrie-4.0-Kommunikation ist Gegenstand aktueller Forschung. Um frühzeitig von Entwicklungen und Ergebnissen dieser Forschung profitieren zu können, bietet sich eine Kooperation mit Forschungspartnern an. Weitere Unterstützung erhalten Unternehmen vom VDMA-Forum Industrie 4.0, von den vom BMWi ins Leben gerufenen „Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren“ und den Industrie-4.0-Forschungsfabriken.

Kontakte hierzu stellen der VDMA und die übergeordnete Allianz „Labs Network Industrie 4.0“ (LNI4.0) zur Verfügung<sup>[5]</sup>.



## Checkliste

Dieser Abschnitt soll Maschinen- und Anlagenbauern sowie Betreibern helfen, sich in die Migrationsstrategie dieses Leitfadens einzuordnen und nächste Schritte zu identifizieren. Die folgenden Fragen sollen auf notwendige Kompetenzen hinweisen. Die Fragen sollten jeweils mit „Ja“ beantwortet werden können.

### Sicht des Maschinenbauers

#### Migrationsschritt 1 vorbereiten

- Besitzen Softwaresysteme und Endgeräte eine OPC-UA-Schnittstelle?
- Können OPC UA und Echtzeit-Protokolle in den Maschinen zugleich betrieben werden?

#### Migrationsschritt 1 sicher gestalten

- Sieht die Architektur der Maschinen Konzepte zur Informationssicherheit und zur Verwaltung von Zertifikaten vor?
- Sind Rollen und Rechte in und für Maschinen definiert?

#### Migrationsschritt 1 nutzen

- Kann mit OPC UA auf Informationen von Komponenten zugegriffen werden?
- Integrieren von mir verwendete Hersteller OPC UA in ihre Komponenten?

#### In Migrationsschritt 2 zusammenarbeiten

- Werden gemeinsam Companion Specifications standardisiert, um Kunden Plug & Work zu ermöglichen?
- Ist Know-how im Bereich der objekt-orientierten Modellierung vorhanden?

#### In Migrationsschritt 3 Optimierung ermöglichen

- Werden erweiterte Informationsmodelle entworfen?

### Sicht des Anlagenbauers

#### Migrationsschritt 1 vorbereiten

- Wird Maschine-zu-Maschine (M2M) Kommunikation geplant?

#### Migrationsschritt 1 sicher gestalten

- Sind Rollen und Rechte zwischen Maschinen definiert?
- Ist Infrastruktur für IT-Security, z. B. für die unternehmensweite Verwaltung von Zertifikaten, vorhanden?

#### Migrationsschritt 1 nutzen

- Werden Daten zwischen Steuerungen ausgetauscht?

#### In Migrationsschritt 2 zusammenarbeiten

- Werden gemeinsam Companion Specifications standardisiert, um Kunden Plug & Work zu ermöglichen?
- Sind Informationsmodelle für die eigene Anwendungsdomäne bekannt?

#### In Migrationsschritt 3 Optimierung ermöglichen

- Werden erweiterte Informationsmodelle entworfen?

### Sicht des Betreibers

#### Migrationsschritt 1 vorbereiten

- Ist eine IP-basierte Netzwerkinfrastruktur vorhanden?
- Werden Aspekte wie Segmentierung und Firewalls bei der Planung größerer Netzwerke berücksichtigt?

#### Migrationsschritt 1 sicher gestalten

- Ist das Thema Informationssicherheit im Unternehmen präsent?

#### Migrationsschritt 1 nutzen

- Wird Condition Monitoring betrieben?

#### In Migrationsschritt 2 zusammenarbeiten

- Wird Plug & Work genutzt, um die Flexibilität zu erhöhen?

#### In Migrationsschritt 3 optimieren

- Werden in erweiterten Informationsmodellen angebotene Funktionen zur Optimierung genutzt?

## Der Weg zu einer Companion Specification am Beispiel EUROMAP 77

**EUROMAP 77 ist eine OPC UA Companion Specification für den Datenaustausch zwischen Spritzgießmaschinen und Leitrechnern oder Manufacturing Execution Systems (MES).**

EUROMAP 77 wurde durch den VDMA-Fachverband Kunststoff- und Gummimaschinen in Kooperation mit dem europäischen Dachverband EUROMAP erarbeitet. Abbildung 13 stellt den Vorteil der Nutzung von Companion Specifications dar: Unterschiedliche Maschinen unterstützen EUROMAP 77 und können einheitlich nach dieser Spezifikation in das MES integriert werden.

### Dateninseln in Produktionsanlagen

Bisher werden Spritzgießmaschinen überwiegend auf Basis des EUROMAP 63 Standards an Leitrechner und MES angebunden. Der EUROMAP 63 Standard definiert eine textbasierte Schnittstelle, über die eigens defi-

nierte Befehle zur Ansteuerung der Spritzgießmaschine verschickt und Produktionsparameter überwacht werden können. EUROMAP 63 ist ein Beispiel für einen Standard, dessen Anwendbarkeit auf einen einzelnen Maschinentyp beschränkt ist. Andere Anlagenkomponenten, die beispielsweise zur Material-Handhabung, Aufbereitung, Dosierung, Verarbeitung und Nachbearbeitung verwendet werden, basieren in der Regel auf anderen proprietären Standards. In der Praxis gibt es weiterhin viele herstellerspezifische Abweichungen bei der konkreten Umsetzung des EUROMAP 63 Standards. Die Verwendung heterogener Standards hat die Konsequenz, dass kein standardisierter Zugriff auf die Daten einzelner Maschinen und Komponenten einer Produktionsanlage möglich ist und es daher in der Regel wenig Kommunikation zwischen der Ansammlung von „Black Boxes“ gibt. Die Hersteller von Kunststoff- und Gummimaschinen erwarten Vorteile, wenn die einzelnen Dateninseln miteinander kommunizieren und mehr Daten als bisher teilen. Durch übergreifende Optimierungsprozesse, die der einheitliche Kommunikationsstandard OPC UA ermöglicht, sollen Qualitätssteigerungen, eine Reduktion von Stillstandzeiten sowie eine Erhöhung der Produktivität erreicht werden.

### Vernetzung der Dateninseln

Um die Vernetzung der Spritzgießmaschinen untereinander und mit anderen Anlagenkomponenten zu vereinfachen, wurde der neue Standard EUROMAP 77 als OPC UA Companion Specification entwickelt. Zu diesem Zweck hat sich Anfang 2014 ein Gremium von deutschen Maschinenherstellern zusammengefunden, welches 2015 auf europäischer Ebene erweitert wurde. Zusätzlich wurden MES-Hersteller und -Anwender mit in die Entwicklung einbezogen. Ende 2016 wurde EUROMAP 77 als Release Candidate veröffentlicht.

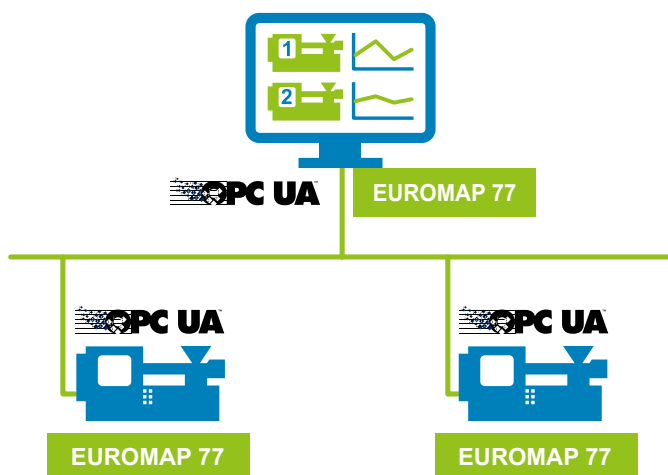


Abbildung 13: EUROMAP 77 für die Anbindung von Spritzgießmaschinen an MES

Ein Companion Standard wie EUROMAP 77 spezifiziert den Datenaustausch zwischen standardisierten Systemkomponenten mit Hilfe eines Informationsmodells. In dem Informationsmodell von EUROMAP 77 sind u.a. die folgenden Informationen spezifiziert:

- Maschineninformationen
- Konfiguration der Maschine
- Aktueller Maschinenstatus
- Informationen zu folgenden Komponenten der Spritzgießmaschine: Gießform, Werkzeug, Spannungsversorgung, Antriebe
- Protokollierte Ereignisse

Zur Beschreibung dieser Informationen werden in EUROMAP 77 strukturierte Datentypen verwendet. Abbildung 14 zeigt exemplarisch den Datentyp `MachineInformationType`, der die Maschineninformationen beschreibt.

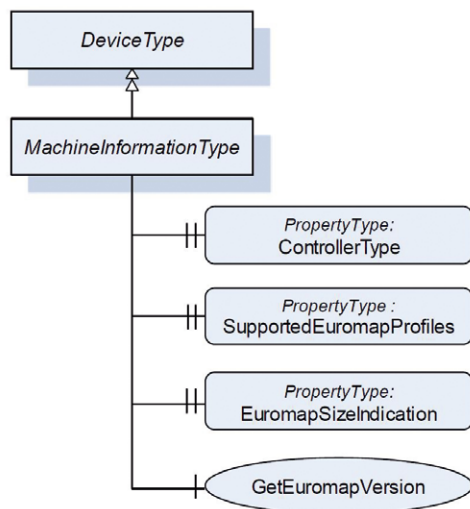


Abbildung 14: Der Datentyp `MachineInformationType`<sup>[6]</sup>

Ein Großteil der Maschineninformationen, die für Spritzgießmaschinen relevant sind, müssen auch für andere Geräte spezifiziert werden. Beispiele sind Herstellerinformationen, Betriebsanleitungen, Seriennummern oder Revisionsnummern. Diese Informationen werden daher in dem abstrakteren Standard OPC UA for Devices (IEC 62541-100) definiert und durch eine Vererbungsbeziehung nach EUROMAP 77 übernommen (zwischen `DeviceType` und `MachineInformationType`). Über den Standard OPC UA for Devices hinaus sind in EUROMAP 77 Maschineninformationen spezifiziert, die nur für Spritzgießmaschinen von Bedeutung sind (die in Abbildung 14 dargestellten Attribute sowie die Methode "GetEuromapVersion"). Neben dem Datentyp `MachineInformationType` sind in EUROMAP 77 eine Reihe weiterer Datentypen in ähnlicher Form spezifiziert.

### EUROMAP 77 ermöglicht den standardisierten Austausch von Daten zwischen Spritzgießmaschinen und Leitrechnern.

Durch die Verwendung von EUROMAP 77 als OPC UA Companion Standard für den Datenaustausch zwischen Spritzgießmaschinen ergeben sich gegenüber proprietären Standards eine Reihe von Vorteilen. EUROMAP 77 ermöglicht den standardisierten Austausch von Daten zwischen Spritzgießmaschinen und anderen Anlagenkomponenten. Zu diesem Zweck wird ein strukturiertes Informationsmodell mit modularem Aufbau verwendet. Durch die Integration des Standards OPC UA for Devices werden nicht nur die Daten verschiedener Spritzgießmaschinen, sondern generell gleichartige Daten verschiedener Anlagenkomponenten in standardisierter Form beschrieben. Darüber hinaus kann auf die umfangreichen Möglichkeiten zur Datenübertragung und die Sicherheitsmechanismen von OPC UA zurückgegriffen werden.

# Einordnung des Leitfadens in das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)

## RAMI4.0 und Industrie 4.0-Komponente

Die Plattform Industrie 4.0 bündelt Aktivitäten zu Industrie 4.0 in Deutschland. Wesentliche Standardisierungsergebnisse sind RAMI4.0 (siehe Abbildung 15) und die Industrie 4.0-Komponente (siehe Abbildung 16). Sie sind in der DIN SPEC 91345 spezifiziert<sup>[7]</sup>.

DIN SPEC 91345<sup>[7]</sup> spezifiziert Industrie-4.0-Kommunikation als die Übertragung von standardisierten Informationen auf Basis einer SOA.

Wie in Abbildung 15 dargestellt, ist sie demnach sowohl im Information als auch im Communication Layer von RAMI4.0 verortet. Die in diesem Leitfaden enthaltenen Anwendungsfälle Condition Monitoring, Plug & Work und Optimierung sind dem Business Layer zugeordnete Mehrwerte. Sie werden über Funktionen auf dem Functional Layer implementiert. Die Funktionen nutzen Industrie-4.0-Kommunikation. Im Lebenszyklus beziehen sich die Anwendungsfälle auf Instanzen von Komponenten, Maschi-

## Einordnung des Leitfadens in RAMI4.0

RAMI4.0 ermöglicht die Einordnung von Industrie-4.0-Technologien anhand relevanter Hierarchieebenen, technischer Funktionen und ihrer Position im Lebenszyklus von Komponenten.

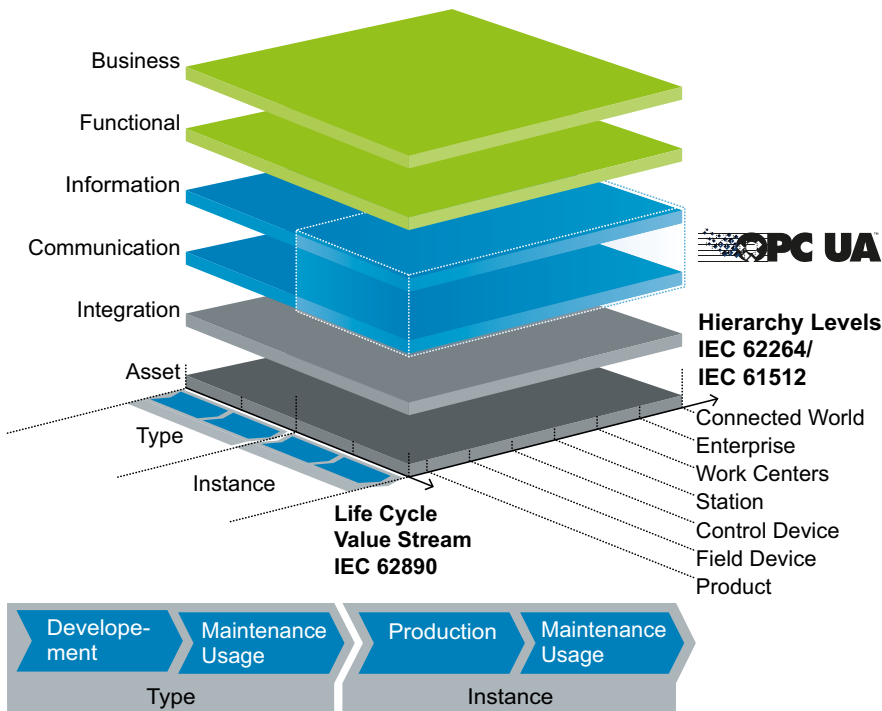


Abbildung 15: OPC UA in dem Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)

**Industrie 4.0-Komponente**



Abbildung 16: Die Industrie 4.0-Komponente

nen und Anlagen, die betrieben werden. Die Industrie 4.0-Komponente besteht aus einem Asset und seiner virtuellen Repräsentation, der sogenannten Verwaltungsschale

(Asset Administration Shell). Verwaltungsschalen interagieren über Industrie-4.0-Kommunikation miteinander.

**Verwaltungsschale als Migrationsschritt 4**

Abbildung 17 zeigt die Verwaltungsschale als Migrationsschritt 4 für Industrie-4.0-Kommunikation. Die Implementierung der Verwaltungsschale kann auf OPC UA basieren und existierende Companion Specifications und erweiterte Informationsmodelle einbeziehen.

Ein Kernkonzept der Verwaltungsschale sind Merkmale, die als standardisiertes Vokabular verstanden werden können. Mit Merkmalen werden nicht nur domänenspezifische Zusammen-

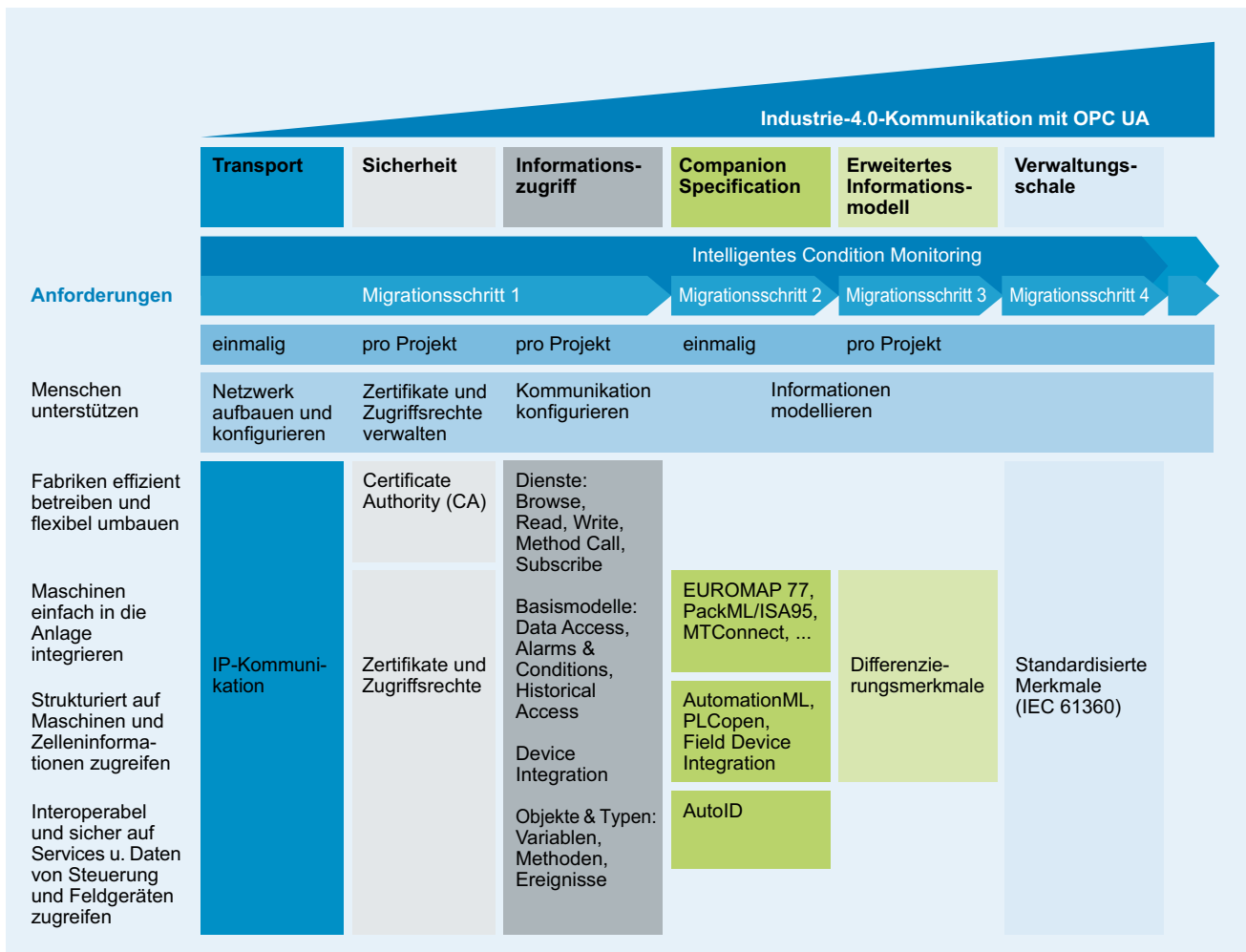


Abbildung 17: Verwaltungsschale als anschließender Migrationsschritt 4

hänge in Informationsmodellen (Companion Specifications) standardisiert, sondern einzelne Begriffe, die in Informationsmodellen verwendet werden und über die sich Industrie 4.0-Komponenten unterhalten können. Merkmale werden über eine global eindeutige Kennung, den International Registration Data Identifier (IRDI), identifiziert. Sie sind damit unabhängig von unterschiedlichen Landessprachen und domänenspezifischen Bezeichnungen, die heute oftmals das gleiche Merkmal beschreiben. Die Verwaltungsschale verwendet nach der IEC 61360 standardisierte Merkmale.

#### **Anwendungsfall**

##### **„Intelligentes Condition Monitoring“**

Ein Beispiel für einen mit der Verwaltungsschale realisierbaren Anwendungsfall ist das in Abbildung 17 dargestellte intelligente Condition Monitoring. Hierbei wird die Konfiguration des Condition-Monitoring-Systems durch Merkmale vereinfacht.

#### **Beispiel**

##### **„Intelligentes Condition Monitoring“**

Die Verwaltungsschale einer Maschine beinhaltet Informationen zu einzuhaltenden Grenzwerten, beispielsweise die maximale Drehzahl eines Motors. Dreht der Motor nahe der maximalen Drehzahl, kann eine Warnung ausgegeben werden. Wird der Motor über einen längeren Zeitraum nahe des Grenzwertes betrieben, kann zeitnah eine Wartung eingeplant werden. Wird ein Gerätetausch notwendig, enthält die Verwaltungsschale die notwendige Dokumentation und Bestellinformation. Dieses intelligente Condition Monitoring kann auf Basis von standardisierten Merkmalen ohne weitere Konfiguration oder Programmierung erfolgen. Wird der Motor bei der nächsten Wartung durch ein anderes Modell ersetzt, werden die für das neue Modell geltenden Grenzwerte automatisch übernommen.

#### **Fazit:**

##### **Industrie-4.0-Kommunikation mit OPC UA**

Wie dieser Leitfaden zeigt, erfüllt OPC UA die Anforderungen an Industrie-4.0-Kommunikation. Industrie-4.0-Kommunikation auf Basis von OPC UA kann auf allen Ebenen der Hierarchieachse von RAMI4.0 verwendet werden. OPC UA kann sowohl in kleinsten Sensoren als auch für die fabrikübergreifende Kommunikation (Connected World) implementiert werden.

#### **OPC UA erfüllt die Anforderungen an Industrie-4.0-Kommunikation.**

Der Informationszugriff auf Basis der SOA von OPC UA ist auf dem Communication Layer zu finden, während Companion Specifications und erweiterte Informationsmodelle dem Information Layer zuzuordnen sind. OPC UA eignet sich sowohl für die Industrie-4.0-Kommunikation zwischen Industrie 4.0-Komponenten als auch für die Anbindung von Geräten (Assets) an ihre Verwaltungsschalen. In diesem Fall wäre OPC UA zukünftig zusätzlich auf dem Integration Layer von RAMI 4.0 zu finden.

# Projektpartner / Impressum

## **VDMA**

### **Forum Industrie 4.0**

Lyoner Str. 18  
60528 Frankfurt am Main  
Telefon: +49 69 6603-1939  
E-Mail: [industrie40@vdma.org](mailto:industrie40@vdma.org)  
Internet: [industrie40.vdma.org](http://industrie40.vdma.org)

### **Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA)**

Langenbruch 6  
32657 Lemgo  
Internet: [www.iosb.fraunhofer.de](http://www.iosb.fraunhofer.de)

### **Projektleitung**

VDMA-Forum Industrie 4.0  
Dr. Christian Mosch

### **Inhaltliche Beiträge**

Fraunhofer-Anwendungszentrum  
Industrial Automation (IOSB-INA)  
Florian Pethig  
Sebastian Schriegel  
Dr. Alexander Maier  
Jens Otto  
Dr.-Ing. Stefan Windmann  
Björn Böttcher  
Prof. Dr. Oliver Niggemann  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite

### **Beteiligte Unternehmen und Vereine**

Carsten Born, VITRONIC Dr.-Ing. Stein  
Bildverarbeitungssysteme GmbH  
Dr. Ursula Frank, Beckhoff Automation  
GmbH & Co. KG  
Rüdiger Fritz, SAP SE  
Martin Hankel, Bosch Rexroth AG  
Dr. Michael Hoffmeister, Festo AG & Co. KG  
Stefan Hoppe, OPC-Foundation  
Heinrich Munz, KUKA AG  
Dr. Jörg Nagel, Pepperl+Fuchs GmbH  
Dr. Armin Walter, Lenze Automation GmbH

### **Layout**

VDMA-Forum Industrie 4.0  
Dr. Beate Metten

## **Verlag**

VDMA Verlag GmbH  
Lyoner Str. 18  
60528 Frankfurt am Main

## **ISBN**

978-3-8163-0709-9

## **Druck**

h. reuffurth gmbh

## **Erscheinungsjahr**

2017

## **Copyright**

VDMA, Fraunhofer IOSB-INA

## **Bildnachweise**

Titelbild: iStockphoto / Sadeugra  
Seite 1: VDMA  
Seite 2: Fraunhofer IOSB-INA  
Seite 3: iStockphoto / Sadeugra

## **Grafiken**

Fraunhofer IOSB-INA  
VDMA

## **Quellenverzeichnis**

- [1] IEC/DIN EN 62541 – OPC Unified Architecture – Teile 1 – 100, 2015
- [2] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Sicherheitsanalyse OPC UA, 2016
- [3] Leitfaden Industrie 4.0 Security – Handlungsempfehlungen für den Mittelstand, VDMA, 2016
- [4] Plattform Industrie 4.0 – Aspekte der Forschungsroadmap in den Anwendungsszenarien, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016
- [5] Labs Network Industrie 4.0 (LNI4.0), Online: <http://lni40.de/>
- [6] EUROMAP 77.1, Injection Moulding Machines – Data exchange interface for MES – Basic objects, 2016
- [7] DIN SPEC 91345 „Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)“

## **Hinweis**

Die Verbreitung, Vervielfältigung und öffentliche Wiedergabe dieser Publikation bedarf der Zustimmung des VDMA und seiner Partner. Auszüge der Publikation können im Rahmen des Zitatrechts (§ 51 Urheberrechtsgesetz) unter Beachtung des Quellenhinweises verwendet werden.

**VDMA**

**Forum Industrie 4.0**

Lyoner Str. 18

60528 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6603-1939

E-Mail [industrie40@vdma.org](mailto:industrie40@vdma.org)

Internet [industrie40.vdma.org](http://industrie40.vdma.org)

**Fraunhofer-Anwendungszentrum**

**Industrial Automation (IOSB-INA)**

Langenbruch 6

32657 Lemgo

Internet [www.iosb.fraunhofer.de](http://www.iosb.fraunhofer.de)