

# MQTT, OPC UA und PROFINET für IIoT

Gunnar Leßmann, Sebastian Schriegel

Phoenix Contact Electronics GmbH, Fraunhofer IOSB-INA

glessmann@phoenixcontact.com, sebastian.schriegel@iosb-ina.fraunhofer.de

**Abstract:** Das industrielle Internet der Dinge (IIoT) basiert unter anderem auf der Möglichkeit, Daten von Feldgeräten unabhängig von der Prozesssteuerung für Analysezwecke nutzen zu können. Allerdings kennen die Feldgeräte selbst üblicherweise ihren Einsatzzweck nicht. Eine entsprechende Semantik liegt in den Feldgeräten also nicht vor. Dieser ist allerdings in der Prozesssteuerung teilweise oder vollständig bekannt. Durch eine geeignete Kombination aus Engineeringumgebung, PROFINET und OPC UA kann eine skalierbare und komfortable Lösung für IIoT ermöglicht werden, mit der Daten-basierte Services einfach auf die relevanten Informationen von Feldgeräten zugreifen, diese verstehen und nutzen können.

## 1 Motivation

### 1.1 Einleitung

Das industrielle Internet der Dinge (IIoT) bezieht sich auf vernetzte Sensoren, Instrumente und andere Feldgeräte, die mit den industriellen Anwendungen von Computern, einschließlich Fertigung, Energiemanagement oder allgemein Daten-basierten Services, vernetzt sind. Diese Konnektivität ermöglicht die Datenerfassung, den Austausch und die Analyse und erleichtert so Produktivitäts- und Effizienzsteigerungen sowie andere wirtschaftliche Vorteile [1]. Vorteile entstehen dabei z.B. durch vorausschauende Wartung, Anomalie-Erkennung, Optimierung von Fertigungsprozessen- und Fertigungsorganisation, Asset-Management, Verkürzung von Anlagenstillständen durch ursachengenaue Diagnose oder Energiemanagement. In all diesen Szenarien entsteht der Nutzen durch eine applikationsspezifische Analyse von Daten aus dem Produktionsprozess. Dies wird gemeinhin auch als Data Analytics bezeichnet.

Klassisch können diese Daten aus den Applikationsprogrammen der Prozesssteuerung wie z.B. einer PLC gewonnen werden, da hier natürlicherweise die applikationsspezifische Funktion implementiert ist. Allerdings verfügt eine Prozesssteuerung allein nicht über alle Daten, die für die Nutzung der o.a. Mehrwerte erforderlich sind. Inzwischen verfügen auch die eingesetzten intelligenten Feldgeräte über Netzwerkfähigkeit sowie weitergehende Daten über sich selbst und den Fertigungsprozess, die erfasst und mit der Applikation in Kontext gesetzt werden müssen. In der Regel ist die Prozesssteuerung über einen echtzeitfähiges Ethernet System wie z.B. PROFINET mit den Feldgeräten verbunden [12]. PROFINET ermöglicht dabei heute schon die vertikale Kommunikation der Feldgeräte für IIoT Anwendungen diese Eigenschaft wird zukünftig durch Netzwerkkonvergenz auf Basis von Ethernet TSN [13] noch verbessert.

Für die direkte Bereitstellung von Daten aus Geräten ist in vielen IIoT Applikationen bereits MQTT [2] als weitverbreitetes und allgemein bekanntes Protokoll im Einsatz. Allerdings fehlen bei MQTT wichtige Festlegungen, die eine herstellerübergreifende und interoperable Nutzung sicherstellen. Weder die Nutzung der sog. Topics noch Format und Inhalt der Nutzdaten sind für MQTT definiert. Deshalb ist MQTT als Protokoll für eine applikationsübergreifende und interoperable Gewinnung von Daten nicht ausreichend und muss um weitere unabhängige Festlegungen ergänzt werden. Eine hierbei für IIoT weitgehend akzeptierte Technologie ist OPC UA, die in Kombination mit dem Publisher/Subscriber Modell (kurz Pub/Sub) [3] auch die Nutzung mit MQTT ermöglicht.

Aktuell gibt es viele unterschiedliche Aktivitäten in der für OPC UA verantwortlichen Organisation OPC Foundation zur Definition und Standardisierung von domänenspezifischen Informationsmodellen.

Viele dieser Modelle beschreiben naturgemäß eine Teilfunktion wie z.B. das Modell eines einzelnen Roboters oder Sensors/Aktors in der Fertigung. Allerdings müssen diese Modelle für Data Analytics in einer Fertigungszelle oder ganzen Fabrik mit z.B. vielen Robotern und anderen Geräten in einen applikationsspezifischen Kontext gesetzt werden. Darüber hinaus deckt OPC UA aktuell (noch) nicht die notwendige Echtzeitkommunikation zwischen Prozesssteuerung und den Feldgeräten ab, so dass hier auch für einen längeren Zeitraum ein optimiertes und etabliertes System wie z.B. PROFINET zum Einsatz kommen wird, da die Einführung von neuen Industriellen Kommunikationslösungen lange Zeiträume erfordert [7] [14].

Inhalt dieses Dokuments ist es daher, ausgehend und aufbauend auf bestehenden Kommunikationstechnologien wie PROFINET, OPC UA und MQTT eine standardisierbare Lösung zu beschreiben, welche die potenziellen

Mehrwerte von IIoT heben kann. Dies wird auch anhand eines Anwendungsbeispiels aus der Automobilfertigung erklärt. Die Anwendung kann aber auf beliebige andere Prozesse übertragen werden.

## 1.2 Einführung eines Anwendungsbeispiels Klebeprozess

Abbildung 1 zeigt ein Anwendungsbeispiel, bei dem durch die Datenanalyse von Prozessdaten ein Klebeprozess optimiert werden soll. Bei dem Klebeprozess werden zwei oder mehrere Fahrzeugteile miteinander verbunden. Ein Roboter fährt dabei eine Klebevorrichtung an der Klebenaht entlang, während eine Klebesteuerung den vorgeheizten Kleber entsprechend appliziert. Die Steuerung der Klebesteuerung erfolgt über Profinet durch den Roboter. Die Steuerung des Roboters selbst durch eine überlagerte Steuerung (PLC). Die Identifikation des Fahrzeugs wird der Klebesteuerung ebenfalls über Profinet bekannt gemacht.

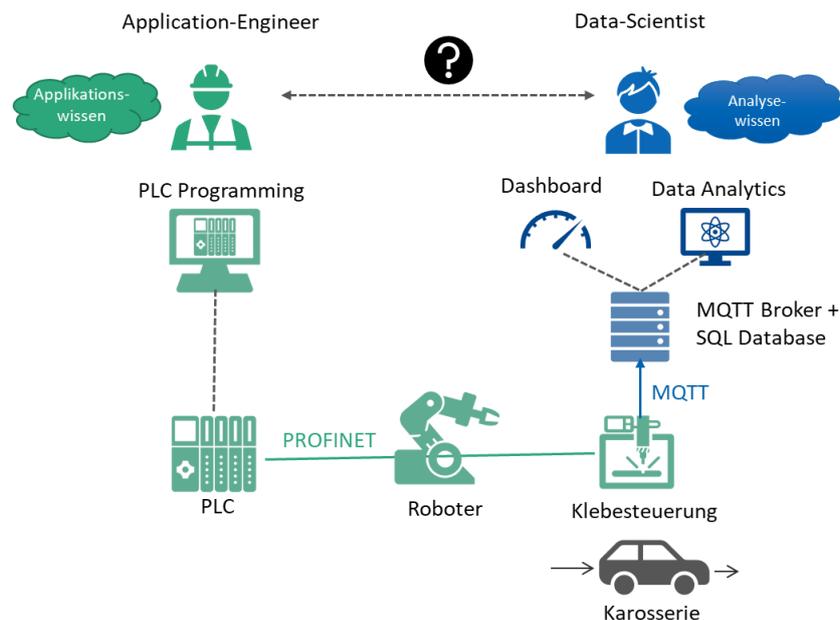


Abbildung 1: Anwendungsbeispiel aus der Automobilfertigung

In diesem Beispiel kann davon ausgegangen werden, dass die Klebesteuerung nicht nur die Identifikation des Fahrzeugs, sondern auch über umfangreiches Wissen der Klebenaht verfügt. Sie kennt z.B. die Temperatur des Klebers, misst den Druck über die Klebezeit und überwacht den Füllstand des Klebematerials. Darüber hinaus kennt sie eigene Typenschilddaten wie Hardware- und Firmwareversion. All diese Informationen sind für Data Analytics interessant, um beispielsweise die folgenden Fragen zu beantworten:

- Mit welchem Temperatur- und Druckverlauf wurden die Nähte eines speziellen Fahrzeugs oder einer Flotte gefertigt?
- Zu welcher Uhrzeit/Arbeitsschicht gibt es üblicherweise Probleme mit der Nachfüllung des Klebers?
- Wie ist die Abhängigkeit zwischen Klebparametern und Temperaturbedingungen in der Halle im Vergleich zu anderen Fertigungsstandorten.
- Welche Firmwareversion haben alle in der Fabrik eingesetzten Klebesteuernngen?
- Es sind viele weitere Beispiele denkbar.

## 1.3 Die Rolle und Definition von Data Science

Bemerkenswert ist, dass zur Beantwortung dieser Fragen nicht allein das Automatisierungs- und Prozesswissen, sondern vor allem Methoden und Werkzeuge der Data-Science bekannt sein müssen. Daher werden diese Mehrwerte in der Regel erst durch die Einbeziehung von Experten mit entsprechender Kompetenz ermöglicht. Diese Experten können als Datenwissenschaftler (Data-Scientist) bezeichnet werden. Data Science kann wie folgt definiert werden:

Data Science ist ein interdisziplinäres Wissenschaftsfeld, welches wissenschaftlich fundierte Methoden, Prozesse, Algorithmen und Systeme zur Extraktion von Erkenntnissen, Mustern und Schlüssen sowohl aus strukturierten als auch unstrukturierten Daten ermöglicht [2] [3]

Aus dieser Beschreibung lässt sich erkennen, dass hier nicht der Prozess oder die Automatisierung, sondern die Daten und deren Verhalten im Mittelpunkt stehen. Ob es sich bei den zu analysierenden Daten um die eines Klebeprozesses handelt, kann in erster Näherung ignoriert werden, wenn z.B. über einen längeren Zeitraum die Daten von allen Klebesteuerungen auf Anomalien untersucht werden. Erst bei der Aufdeckung von auffälligen Verhaltensmustern ist ein Rückschluss auf den beteiligten Prozess wichtig und notwendig. Aus Sicht der Data Science steht also die eigentliche Automatisierungsapplikation nicht mehr an erster Stelle. Daher muss das IIoT Szenario aus Sicht der Datenanalyse anders betrachtet werden als aus Sicht der Automatisierungs- und Prozesstechnik.

Eine weitere Eigenschaft der Daten-zentrierten Sichtweise ist die Notwendigkeit einer herstellerübergreifenden Standardisierung von Dateninhalten. Bei der Analyse der Daten werden in der Regel spezielle Normierungen und Optimierungen vorgenommen. Diese hängen von jeweiligen Anwendungsfall und Analyseszenario ab. Im Vergleich zur Automatisierungstechnik ist damit die Notwendigkeit einer tiefen interoperablen Standardisierung der Daten nicht so hoch, aber dennoch hilfreich, wenn es sie gibt. Im o.a. Beispiel steht die Beantwortung der Analysefragen und weniger die Herstellerneutralität der Klebesteuerungen im Fokus.

Prozessgeräte für Data-Science Anwendungen wie z.B. die Klebesteuerung, müssen über notwendige Informationen verfügen, um diese zu ermöglichen. Beispielsweise sei hier genannt:

- Datum und Uhrzeit unter Berücksichtigung der jeweiligen Zeitzone und Genauigkeit
- Eindeutige und menschenlesbare Kennzeichnung des Prozessgerätes im jeweiligen Gültigkeitsbereich wie Maschine, Fertigungszelle, Fertigungslinie, Fertigungshalle, Standort oder Konzern
- Eindeutige Kennzeichnung des Nutzdatums innerhalb aller von dem Gerät bereitgestellten Daten
- Art einer Nutzdateninformation wie z.B. „Prozessinfo“ oder „Störmeldung“
- Typ und Datentyp der im Nutzdatum enthaltenden Informationen
- Versionsinformation des Prozessgerätes

Ferner ist es wichtig, dass die Speicherung der Daten über einen langen Zeitraum und unabhängig von Änderungen im Automatisierungsprozess erfolgt. Es kann a-priori keine Aussage und Entscheidung über Data-Science relevante Fragestellungen getroffen werden, da diese sich erst im Nachhinein ergeben können. Es bedarf also einer gewissen „Vorratsdatenspeicherung“.

Diese Unabhängigkeit vom Prozess ist in einem anderen dargestellten Data-Science Anwendungsfall nicht mehr unbedingt gegeben. In diesem Fall sollen Informationen aus dem Prozess in sog. Dashboards weitgehend „Live“ dargestellt werden. Für Dashboards werden in der Regel die gleichen Daten wie für die Analytics verwendet, allerdings ist hier ein besserer Prozessbezug notwendig.

In den folgenden Darstellungen wird die Farbe „Blau“ zur Kennzeichnung von Data-Science relevanten Inhalten verwendet. „Grün“ gekennzeichnet sind die Automatisierungs- und Prozesstechnisch relevanten Themen.

## 1.4 Automatisierungs- und Prozesstechnik

Die Disziplin der Automatisierungs- und Prozesstechnik (AT) ist verhältnismäßig alt. Sie wird seit langer Zeit weitgehend unverändert mit Werkzeugen wie PLCs, Motion-Controllern, IEC 61131, und Feldbussen implementiert. Auch innerhalb von Organisationen sind für die AT in der Regel andere Personen und Expertisen notwendig. Hier stehen die optimale Performance, Verfügbarkeit und Qualitätssicherung eines Fertigungsprozesses im Mittelpunkt.

Eine weitere Eigenschaft der Automatisierungstechnik ist, dass sie zeitlich und räumlich unabhängig von der Data-Science zur Anwendung kommen kann. So ist es z.B. ein häufiger Fall, dass erst Jahre nach der Inbetriebnahme einer Maschine oder Anlage zusätzliche Informationen durch Data-Science gewonnen und implementiert werden müssen. Außerdem ist zu dem Zeitpunkt nicht immer sichergestellt, dass noch das Automatisierungs-Know-How oder die entsprechenden Experten verfügbar sind.

Allerdings sind in den Werkzeugen der Automatisierungstechnik in der Regel viele prozessrelevante Informationen enthalten, die auch für Data-Science interessant sein können. In unserem Beispiel sind das z.B. die Steuerungsvariablen für „Start Fügen Links“ und „Stop Fügen Links“. Diesen Variablen sind im Profinet dann die entsprechenden Prozessdaten zugeordnet. Die Automatisierungstechnik kann also für Data-Science wesentliche Informationen über die Applikation bereitstellen.

Hier ist beispielsweise zu nennen:

- Eindeutiger und interpretierbarer Gerätename
- Quelle der Informationen innerhalb eines Gerätes wie z.B. der Steckplatz
- Metainformationen über den Prozess wie die o.a. Steuerungsvariablen

Außerdem erfolgt der Verbindungsaufbau und die Startparametrierung der Geräte im Hochlauf oder nach Gerätetausch üblicherweise durch die PLC/Prozesssteuerung. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Automatisierungstechnik die maximale Verfügbarkeit erreicht. Es kann also davon ausgegangen werden, dass bei vorhandener und laufender Prozesssteuerung diese Parameter im Gerät vorhanden und aktuell sind. Das ist ein großer Vorteil für die semantische Kopplung von Automatisierungstechnik und Data Analytics.

## 1.5 Semantische Unabhängigkeit?

Eine wesentliche Erkenntnis ist, dass die Paradigmen, Werkzeuge und Methoden der Data-Science und Automatisierungstechnik deutlich unterschiedlich und sogar weitgehend unabhängig voneinander sind. Allerdings ist das semantische Wissen über die Automatisierung oder den Prozess in der Data-Analytics sehr hilfreich, wenn nicht sogar notwendig. Dies soll wieder anhand des oben angeführten Beispiels erläutert werden.

Ein konstruiertes Beispiel wäre z.B. die Anomalie-Erkennung für das Nachfüllen des Klebers in allen Applikationen eines Fertigungsstandorts. Die Klebesteuernungen senden dazu den aktuellen Füllstand des Klebers mit jeder fertiggestellten Fügestelle in eine Datenbank. Mit Methoden der Datenanalyse können jetzt in dieser Datenbank der zeitliche Verlauf aller Füllstände ausgewertet und Abweichungen identifiziert werden. Hierzu schaut sich der Data Analyst in der Regel das dynamische Verhalten der Werte an, um dann mit weiteren statistischen Methoden Abweichungen vom Normalverhalten zu erkennen. Hierzu ist strenggenommen noch nicht einmal Applikations- oder Prozesswissen über Klebeprozesse notwendig. Dies wird erst wieder relevant, wenn die Anomalien und mögliche Optimierungen mit einem Prozessexperten diskutiert werden sollen. Dabei stellen sich dann konkrete Fragen wie:

- Welcher Klebeprozess hat die größte Abweichung?
- Gibt es Abhängigkeiten von Umweltbedingungen oder Wartungspersonal?
- Wann wurde das beteiligte Gerät zuletzt gewartet?
- ...

Hierzu muss jetzt von dem Datenpunkt mit der Anomalie wieder auf das beteiligte Gerät zurückgeschlossen werden. Dazu bedarf es mindestens das Applikationswissen welche konkrete Klebesteuernung die, mit der Anomalie ist. Die Data Analytics allein ist also ohne die Zuordnung zum Prozess weitgehend wertlos.

Weitet man das Beispiel auf die Diagnose für Sensoren aus, die an digitale Eingangsbaugruppen angeschlossen sind, bedarf es für jeden Datenpunkt einer Applikationsinformation, da der Wert eines binären Eingangs keine Aussage über das konkret erfasste Prozesssignal enthält. In einer realen Anwendung können das schon einmal einige 100 bis 1000 Signale sein. Es bedarf also eines Datenaustauschs für Applikationsdaten zwischen der Automatisierungstechnik und der Data-Analytics.

## 1.6 Anforderungen

Wie Eingangs dargestellt, ist die Verfügbarkeit von Applikationsdaten für Data-Analytics wertvoll. Eine entsprechende Bereitstellung dieser Daten muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Automatisch:  
Die Nutzung von Applikationsinformationen für Data-Analytics darf nicht zur mehrfachen und schlimmstenfalls fehlerhaften Eingabe von Daten führen.

- **Konsistent:**  
Es kann vorkommen, dass der Automatisierungsprozess geändert oder erweitert wird. In diesem Fall muss die Data Analytics immer auf konsistenten Applikationsdaten basieren.
- **Zeitlich entkoppelt:**  
Neue Data-Analytics Abfragen müssen zeitlich unabhängig von der Automatisierungsapplikation erstellt werden können. So stellt sich die Frage nach speziellen Anomalien z.T. erst Jahre nach der Inbetriebnahme einer Anlage.
- **Organisatorisch entkoppelt:**  
Oft fällt Applikations-Expertise und Data-Analytics in einem Unternehmen nicht zusammen. Speziell im Data-Science Umfeld gibt es viele IT-Dienstleister, die kein Prozesswissen haben und auch nicht haben müssen. Daher müssen die Schnittstellen zur Data Analytics weitgehend entkoppelt sein.
- **Herstellerunabhängig:**  
Die Steuerungs- und Programmiersysteme unterschiedlicher Hersteller müssen ihre Applikationsinformationen übergreifend bereitstellen, da es viele Geräte und Steuerungshersteller gibt und die Data Analytics Lösungen unabhängig von speziellen Herstellern sein sollte. Dies ermöglicht völlig neue Geschäftsmodelle für Data Analytics Unternehmen.

Es deutet sich an, dass ein konsistenter und interoperabler Austausch von Applikationsdaten zwischen Automatisierungs- und Data-Analytics ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine optimale Lösung ist.

## 2 Lösungskonzept

### 2.1 Einleitung

In den folgenden Kapiteln wird ein Konzept beschrieben, welches auf der Basis der vorhandenen semantischen Informationen der Prozesssteuerung in Kombination mit Profinet und MQTT basierend auf OPC UA Pub/Sub eine optimale Data Analytics Lösung für IIoT bereitstellen kann.

### 2.2 Anwendungsbeispiel

In Abbildung 2 wird das gesamte Lösungskonzept anhand des o.a. Anwendungsbeispiels erläutert.

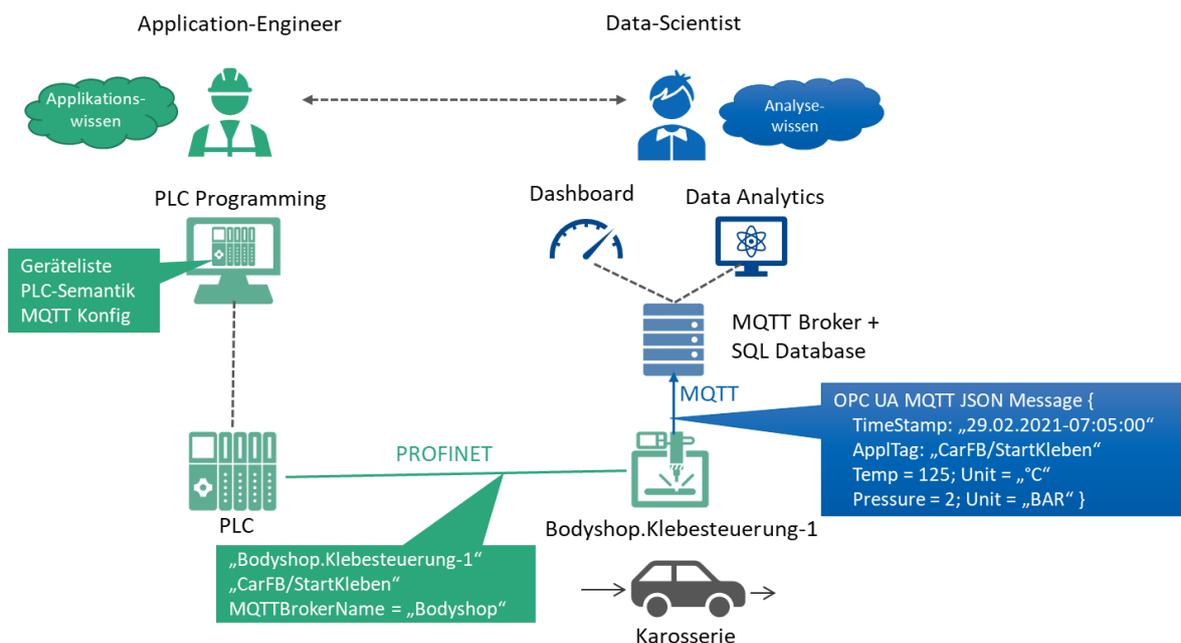


Abbildung 2: Lösungskonzept

Die Idee ist, die in der PLC vorhandene Applikationssemantik auch für Data Analytics einfach nutzbar zu machen. Dies gilt für die Zuordnung zwischen Steuerungsprogramm und Peripherie aber auch für Geräteinformationen wie z.B. den Profinet Gerätenamen und den Stationsaufbau.

Ferner macht man sich Eigenschaften des Profinet Systems zu Nutze, um im Programmiersystem der Steuerung z.B. die MQTT Einstellungen in den Devices zu konfigurieren. Hier sorgt Profinet dann dafür, dass alle Einstellungen incl. Applikationssemantik eingestellt und auch nach einem Gerätetausch wiederhergestellt werden.

Dies wird anhand des Beispiels aus Abbildung 2 noch einmal exemplarisch erläutert:

1. Der Application-Engineer erstellt das Steuerungsprogramm und konfiguriert das Profinet-System. Dabei vergibt er die notwendigen Gerätenamen und ggf. IP-Adressen der Geräte. Aber auch die Zuordnung zwischen Steuerungsvariablen und IO-Punkten wird in der Konfigurationsphase des Steuerungsprogramms vorgenommen. Ferner ist es denkbar, dass im Engineering System der Steuerung auch der Name und weitere Parameter des MQTT Brokers eingestellt werden. Dies bietet den Vorteil, dass nicht bei jedem Gerät einzeln unabhängig noch eine Konfiguration der Brokeradresse notwendig ist. Das Steuerungsprogramm, die Geräteliste und die Zuordnungsliste werden auf die Steuerung geladen.
2. Die Steuerung baut eine Verbindung zu den Feldgeräten auf. Hierbei wird der Profinet Gerätename verwendet. Aber auch die MQTT Brokerparameter und PLC Variablenamen können als „Application Tag“ mit zu den Profinet Devices übertragen werden. Das verwendete MQTT Topic kann ebenfalls im Programmiersystem der Steuerung konfiguriert werden.
3. Das Feldgerät baut eine MQTT Verbindung zum Broker auf. Wenn im Profinet Hochlauf Name und MQTT Parameter gesendet wurden, werden diese beim Verbindungsaufbau verwendet. Grundsätzlich ist aber die Verbindung zum Broker unabhängig von der Profinet Verbindung.
4. Das Feldgerät steuert den Klebprozess und zeichnet dabei die relevanten Parameter dieses Prozesses auf.
5. Die verwendeten Prozessparameter werden via MQTT an den Broker versendet. Zusätzlich dazu wird das MQTT Paket mit Informationen zum Gerät und der Steuerungsvariablen sowie einem Zeitstempel versehen.
6. Der MQTT Broker nimmt das Paket entgegen und speichert es in einer Datenbank ab. Hierbei ist es hilfreich, wenn allgemeine Informationen wie der Zeitstempel, der Gerätehersteller, der Gerätename und das Application-Tag in eigenen Tabellen oder Spalten der Datenbank abgespeichert werden können. Das vereinfacht die spätere Auswertung.
7. Der Data Scientist soll beispielsweise eine Anomalieerkennung über alle Klebprozesse eines Standorts umsetzen. Hierzu muss er aus der Datenbank beispielsweise über die Herstellerkennzeichnung von Klebesteuern alle relevanten Einträge lesen. Danach wird der Datenbestand mit Data-Science Methoden auf Anomalien untersucht. Über Gerätename und Application-Tags kann im Falle einer Abweichung einfach auf das betroffene Gerät geschlossen und ggf. weitere spezifische Analysen implementiert werden.

Aus dem dargestellten Beispiel wird deutlich, welcher Mehrwert in der Verwendung der Applikationssemantik aus der Steuerung für Data-Analytics Zwecke entsteht. Hierbei ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass hierfür kein zusätzlicher Engineeringaufwand entsteht. Ferner stellt die Integration mit dem Steuerungsprogramm eine Konsistenz auch bei zukünftigem Anlagen- oder Maschinenerweiterungen sicher.

All dies ist aber nur hilfreich, wenn es im Rahmen von übergreifenden Standardisierungsaktivitäten betrachtet wird. Diese werden im nächsten Kapitel behandelt.

### **3 Standardisierung und Überblick zu laufenden Standardisierungsprozessen**

#### **3.1 Allgemein**

Im Kapitel 1 wurde schon auf die Besonderheiten der Automatisierung- und Data-Science Umgebung eingegangen. In der Data-Science haben die Gewinnung und Auswertung von Daten absolute Priorität. Durch

die flexiblen Werkzeuge und Methoden ist es normal, sich an unterschiedliche Rahmenbedingungen anpassen zu müssen und zu können. Daher ist die Notwendigkeit einer übergreifenden Standardisierung der Analysedaten im Vergleich zur Automatisierung nicht so groß. In der Automatisierungs- und Prozesstechnik gibt es z.B. die Anforderung der herstellerübergreifenden Austauschbarkeit von Geräten. Im Vergleich dazu ist nach einem Geräteaustausch die gleiche und kompatible Bereitstellung von Daten nicht so relevant.

Ferner gibt es Applikationen, wie die oben beschriebene spezielle Klebesteuering, für die es z.B. Mangels Interesse keine Aktivitäten der Standardisierung geben wird. Dennoch müssen die Daten dieser Applikation gewonnen und ausgewertet werden können.

Wesentlich entscheidender ist, dass gemeinsame herstellerübergreifende Daten einheitlich bereitgestellt werden. Ein gutes Beispiel sind hier beispielsweise Zeitstempel. Unterschiedlich aufgelöste und formatierte Zeitstempel können in einer Data-Analytics Anwendung nicht ausgewertet werden, da ein zeitlicher Zusammenhang zur Nachverfolgung essenziell ist. Gleiches gilt für die Namen und Identifikation der Geräte.

Bei der übergreifenden Festlegung für diese Daten kann die Standardisierung durch Profinet und OPC UA einen signifikanten Beitrag leisten. Dies wird im Folgenden erläutert.

### 3.2 OPC UA Pub/Sub mit MQTT

Für das dargestellte Beispiel bedarf es noch einer herstellerunabhängigen Festlegung der Nutzung von MQTT. Der MQTT Standard in der verbreiteten Version 3.1.1 [4] trifft in Bezug auf Nutzung von Topics oder der zum Broker transportierten Nutzdaten keine Festlegungen. Diese fehlende Standardisierung hat wesentlich zur Verbreitung von MQTT z.B. in Home-Appliances oder herstellereigenen Lösungen beigetragen. Allerdings schließt sich dadurch die Anwendung in einem interoperablen Multi-Vendor System weitgehend aus.

Für die Verwendung in Kombination mit Profinet ist also eine übergreifende Standardisierung, insbesondere der transportierten Nutzdaten, notwendig. In diesem Bereich gibt es aus der IT-Welt bekannte Optionen wie z.B. Googles ProtoBuf [5] Technologie. Allerdings bietet auch OPC UA in Kombination mit dem brokerbasierten Publisher/Subscriber Modell [6] die Möglichkeit der MQTT Nutzung. Da es sich bei OPC UA um einen akzeptierten Standard in der OT handelt, scheint die Nutzung für die Kombination mit Profinet zielführender zu sein.

In der öffentlichen Diskussion und Wahrnehmung wird OPC UA vor allem mit flexiblen Informationsmodellen und dem Zugriff von Clients auf Server in Verbindung gebracht. Eher unbekannt ist die Möglichkeit durch das sog. Publisher/Subscriber Modell [6] in standardisierter Form Informationen an Message-Broker zu versenden. Als Protokolle werden durch den Standard heute schon AMQP und MQTT unterstützt. Wichtig ist hierbei, dass für eine Anwendung von Pub/Sub über MQTT kein OPC UA Server mit dem dazu gehörenden Overhead zwingend ist. In der Praxis reicht also die Verwendung des notwendigen Encodings/Decodings auf der Leitung aus. Dies verbessert die Skalierbarkeit der Gesamtlösung.

Insgesamt bietet die Anwendung von OPC UA Pub/Sub mit MQTT die folgenden Vorteile:

- Akzeptierter Standard mit zunehmender Unterstützung durch viele IoT Anbieter
- Standardisiertes JSON und Binary Encoding
- Standardisierte Datentypen
- Standardisierte Zeitstempel
- Option zur Trennung von Daten und Semantik
- Herstellerübergreifende und herstellereigene Informationsmodelle

OPC UA mit Pub/Sub bietet sich also als Standard für die MQTT Nutzung an. Es sei auch noch darauf hingewiesen, dass Pub/Sub auch ohne Profinet genutzt werden kann, da z.B. nicht jedes Feldgerät über ein Profinet Device verfügt. Die Bereitstellung von Applikationsinformationen oder Konfigurationsdaten über Profinet kann daher als eine Option verstanden werden.

### 3.3 OPC UA Pub/Sub-MQTT für Profinet

Eine optimale Kombination von Profinet und OPC UA im Sinne des beschriebenen Lösungskonzepts kann nur erreicht werden, wenn die beteiligten Nutzerorganisationen OPC Foundation und PROFIBUS/PROFINET International einbezogen sind. Hierzu bietet die OPC Foundation das Model der Companion-Spezifikationen

an. Für Profinet selbst gibt es schon seit 2017 eine sog. Joint Working Group bestehend aus Experten für Profinet und OPC UA, deren Arbeit bereits zwei Companion Spezifikationen hervorgebracht hat:

- OPC UA for PROFINET:  
Abbildung der allgemeinen Profinet Funktionalitäten auf ein OPC UA Informationsmodell [8]
- OPC UA for Energy Management:  
Abbildung der PROFIenergy Eigenschaften auf ein OPC UA Informationsmodell [9].

In dieser Joint WG werden aktuell die beschriebenen Konzepte zur Kombination von Profinet und OPC UA Pub/Sub bewertet und diskutiert.

Aktuell befindet sich die WG in der Phase der Anforderungsanalyse und Diskussion. Anforderungen beziehen sich auf:

- Broker Konfiguration wie z.B. DNS-Name oder IP-Adresse
- Client Identifikation
- MQTT Connection Management
- Zeitstempel und Synchronisation
- Automatisch generierte MQTT Topics und deren Konfiguration
- Standardisierte Message-Typen z.B.
  - Applikationsdiagnose wie z.B. für die oben dargestellte Klebapplikation
  - Profinet Diagnose. Drahtbruch/Kurzschluss/Überlast/..
  - Primary/Backup Umschaltungen bei redundanten Steuerungen
  - Safety-Diagnose für PROFIsafe
  - Energiediagnose und Status für PROFIenergy
  - Antriebsdiagnose für PROFIdrive
  - Versionsinformationen beim Hochlauf für Asset Monitoring

Auf Basis der diskutierten Anforderungen wird im nächsten Schritt eine Abbildung auf die OPC UA Pub/Sub Technologie und deren Standards vorgenommen. Ferner wird identifiziert, welche Erweiterungen im Profinet Standard notwendig sind.

Nach der Diskussion der Anforderungen und Lösungskonzepte muss eine Untersetzung in die Profinet und OPC UA for Profinet Companion-Spezifikation erfolgen. Ziel ist es diese Arbeiten für den nächsten Profinet Maintenance Zyklus bis Ende 2022 abgeschlossen zu haben.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die beschriebene Kombination aus Profinet und OPC UA stellt eine gute Grundlage für IIoT Applikationen dar. Die weite Verbreitung von Profinet in der Automatisierungs- und Prozesstechnik sowie der hohe Reifegrad des gesamten „Ökosystems“ kann in Kombination mit OPC UA zur Unterstützung von Data-Science optimal genutzt werden.

Hierbei ist es nicht notwendig, aber dennoch hilfreich, wenn auch bei der Automatisierungstechnik im Sinne von weitergehenden Standardisierungen z.B. OPC UA FX [UAFX] zur Anwendung kommt. Auch die gleichzeitige Unterstützung eines OPC UA Servers im Feldgerät ist denkbar und nutzbringend.

Im Kern der Lösung steht jedoch auch die (wieder) Verwendung von Applikationssemantik aus der Automatisierungstechnik für Data-Science Disziplinen. Dies vereinfacht die weitgehend unabhängige Implementierung von Analyseanwendungen, ohne zusätzliche Aufwände zur konsistenten Bereitstellung der notwendigen semantischen Informationen.

Durch die Nutzung von OPC UA Pub/Sub in Kombination mit MQTT steht für die Verbreitung eine akzeptierte und geeignete Technologie zur Verfügung.

Beide Technologien können durch die Kombination zukünftig einen wesentlichen Beitrag für neue Anwendungen und Geschäftsmodellen im Zuge von Industrie 4.0 leisten.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Kagermann, H.; Lukas, W.-D.; Wahlster, W.: Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. In: VDI-Nachrichten, 2011.

- [2] Vasant Dhar: Data Science and Prediction. In: Communications of the ACM, Dezember 2013.
- [3] The key word in "Data Science" is not Data. In: it is Science - Simply Statistics.
- [4] MQTT Version 3.1.1, Online: <https://www.oasis-open.org>, 2021.
- [5] Protocol Buffers, Google Developers. Online, 2021
- [6] OPC Unified Architecture - Part 14:6, Online: <https://reference.opcfoundation.org/v104/Core/docs/Part14/>, 2021.
- [7] Schriegel, Sebastian; Jasperneite, Juergen: A Migration Strategy for Profinet Toward Ethernet TSN-Based Field-Level Communication: An Approach to Accelerate the Adoption of Converged IT/OT Communication. In: IEEE Industrial Electronics Magazine, DOI: 10.1109/MIE.2020.3048925, 2021.
- [8] OPC UA for PROFINET Companion Specification. Online: <https://www.profibus.com>, 2021
- [9] OPC UA for Energy Management Companion Specification. Online: <https://www.profibus.com>, 2021
- [10] OPC UA for Factory Automation - OPC Foundation
- [11] Sebastian Schriegel: Kompatibilitätsverfahren für Ethernet Time Sensitiv Networks und Profinet-Hardware (am 02.09.2021 angenommene Dissertation), Bielefeld, 2021.
- [12] IEC 61158 Version: 2.4MU2, Order No.: 2.712, PROFINET Specification. Online: <https://www.profibus.com/download/profinet-specification>, 2021.
- [13] Biendarra, Alexander; Gamper, Sergej; Friesen, Andrej; Schriegel, Sebastian: Guideline PROFINET over TSN Version 1.3, Profibus International, 2021.
- [14] Sebastian Schriegel, Jürgen Jasperneite: Migrationskonzept zur Einführung von Ethernet TSN in die Feldebene. In: at – Automatisierungstechnik, De Gruyter, 2021.