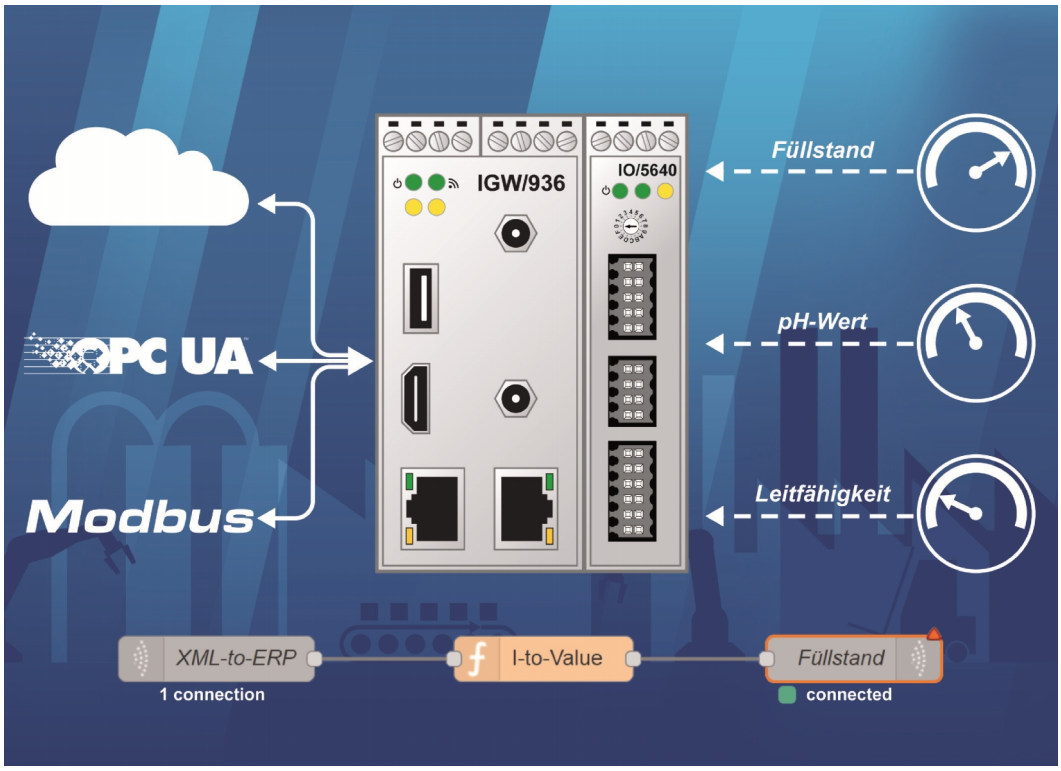
Vorausschauende Wartung per OPC UA

Klaus-Dieter Walter, SSV Software Systems GmbH, Hannover

Möglichst frühzeitig feststellen, wann sich Zustände grundlegend verändern, das ist die Aufgabe von Datenanalysen mit Hilfe mathematischer Vorhersagemodelle, wie sie zum Beispiel Banken und Versicherungen standardmäßig seit Jahren für Finanztransaktionen einsetzen. Maschinenbetreiber wünschen sich zwar auch ähnliche Vorhersagefähigkeiten in Bezug auf Wartungstermine und zur Vermeidung ungeplanter Ausfallzeiten. Die Hersteller sind allerdings mit entsprechenden Angeboten noch sehr zurückhaltend und überlassen externen Spezialisten den Markt.

Fragt man Maschinen- und Anlagenbauer, warum die jeweils angebotenen Produkte nicht von Haus aus mit einem modernen Predictive Maintenance (vorhersagenden Instandhaltung, also Zustandsüberwachung mit der Vorhersage von Ausfallwahrscheinlichkeiten bzw. den nächsten fälligen Wartungsterminen, um einen ungeplanten Maschinenstillstand zu vermeiden) oder zumindest mit dafür geeigneten Datenschnittstellen ausgerüstet werden, erhält man in der Regel mindestens eine von zwei identischen Antworten:



1. Die dafür erforderliche Sensorik und Datentechnik ist noch viel zu teuer. Durch den höheren Verkaufspreis würde sich die Wettbewerbsfähigkeit der eigenen Produkte reduzieren.

2. Bei einer Maschine bzw. Anlage würden vor Ort sehr viele Daten anfallen. Um diese Datenmengen in der Unternehmenszentrale auszuwerten, müsste schon eine sehr breitbandige Kommunikationsverbindung direkt bis zur Maschine beim Kunden zur Verfügung stehen. Das ist viel zu teuer. Im Übrigen akzeptieren die Betreiber der Maschinen in der Regel überhaupt keine externen Datenverbindungen.

Nicht warten, jetzt starten

Durch den Hype um das Internet der Dinge in der Konsumerelektronik und anderen Marktsegmenten werden Monitoring-Sensoren immer kommunikationsfähiger und preiswerter. Darüber hinaus bieten die meisten Anlagen durch die zum Einsatz kommende Steuerung (SPS) bereits sehr viele geeignete Daten, die bisher allerdings in der SPS verborgen bzw. isoliert sind. In einem ersten Schritt sollte man sich zunächst einmal mit Hilfe eines Predictive Maintenance (PM)-Gateways den Zugriff auf diese Daten verschaffen und im Detail klären, welche – für die Zustandsüberwachung relevanten – Informationen sich aus den vorhandenen Daten gewinnen lassen. Hierzu als Beispiel ein pneumatisches Subsystem zum Materialtransport in einer Fertigungszelle (Abbildung 1): Es besteht im Wesentlichen aus einem Führungszylinder mit einem Druckluft-bewegten und SPS-gesteuerten Schlitten, der sich jeweils zwischen linker und rechter Endposition hin und her bewegt. An den beiden Endpunkten des Führungszylinders befindet sich ein Näherungssensor mit einem Schaltpunkt, um der SPS (Siemens S7-1200) die aktuelle Endposition des Schlittens anzuzeigen (Positionen X1 und X4 in der Abbildung 1). Nur durch den LAN-Zugriff per RFC1006-Protokoll (ISO-on-TCP) auf die beiden S7-1200-Eingänge für X1 und X4 lassen sich im PM-Gateway schon einmal die folgenden für ein Condition Monitoring relevanten Informationen gewinnen:

- **Bisherige Gesamtstrecke des Schlittens:** Der Schlitten auf dem Führungszylinder hat eine maximale Laufleistung, z. B. 3.000 Kilometer. Durch das Zählen der erreichten Endpositionen X1 und X4 lässt die sich Gesamtstrecke errechnen und eine Aussage zur möglichen Restlaufleistung ableiten.

- **Genaue Anzahl aller Ventilbetätigungen in der Ventilinsel:** Für alle zum pneumatischen Subsystem gehörenden Ventile können an Hand der Endpositionen X1 und X4 die Anzahl der Ventilschaltvorgänge gezählt und die gemäß Datenblatt mögliche Restlebensdauer errechnet werden.

- **Zeitspanne für die Schlittenbewegung von links nach rechts und umgekehrt:** Über die Zeitmessungen zwischen den Betätigungen der Schaltkontakte an den Endposition X1 und X4 lässt sich z. B. ein Überdruck (Schlitten zu schnell), ein Unterdruck oder eine mechanische Überlastung (Schlitten zu langsam) sowie Verschleiß an Schlitten und Führungszylinder erkennen.

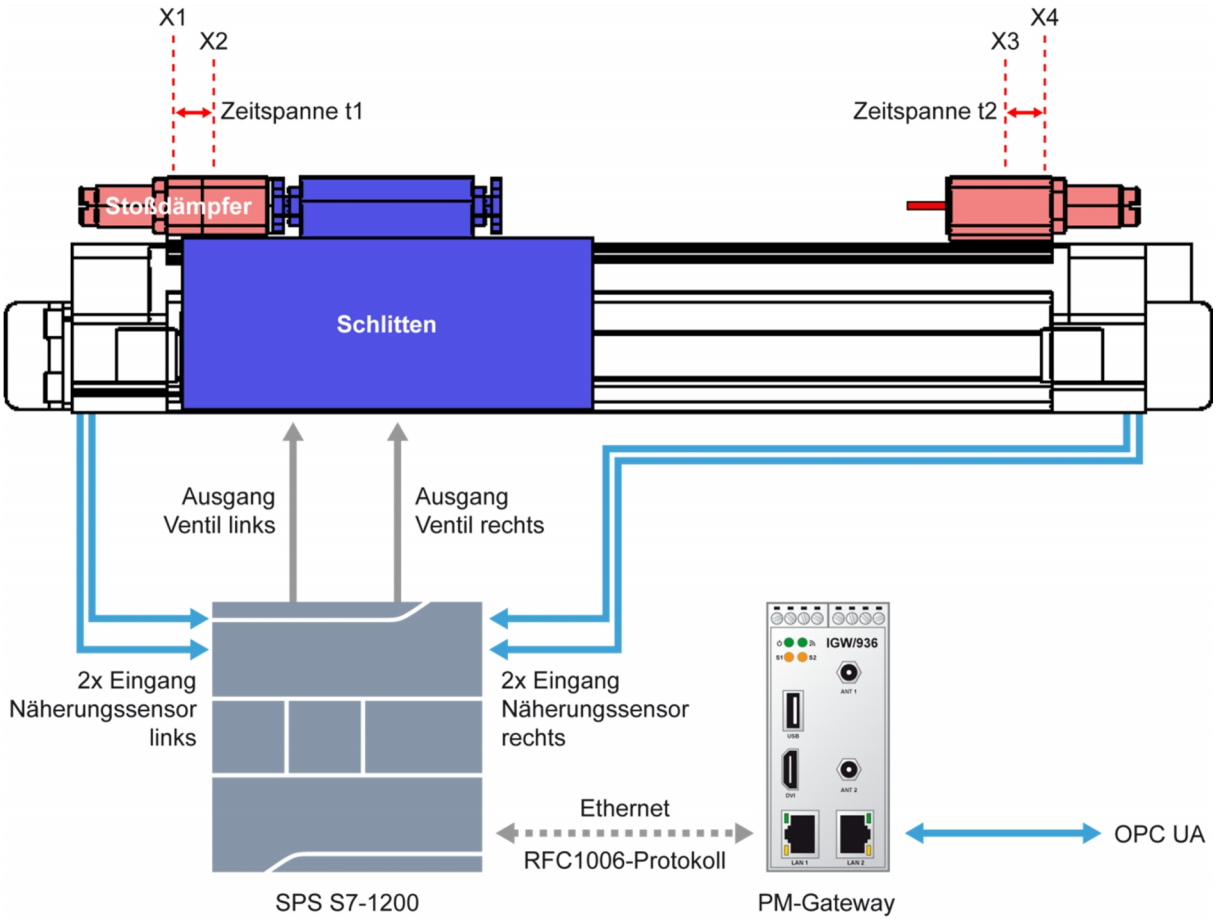


Abbildung 1: Bei einem pneumatischen Subsystem zum Materialtransport in einer Fertigungszelle, z. B. einem Führungszylinder mit einem Druckluft-bewegten und SPS-gesteuerten Schlitten, lassen sich durch Daten-basiertes Condition Monitoring und den damit möglichen Service- und Wartungskonzepten die Ausfallzeiten der gesamten Baugruppe erheblich reduzieren und die Lebensdauer steigern. Ein Teil der dafür benötigten Daten steht in der SPS bereits zur Verfügung. Die zusätzlich erforderlichen Sensoren verursachen lediglich geringe Mehrkosten. Die Datenerfassung, Verdichtung und Bewertung erfolgt in einem speziellen Predictive Maintenance (PM)-Gateway. Zustands- und Ergebnisdaten stehen an einer OPC UA-Schnittstelle zur Verfügung.

- **Stoßdämpfernutzung:** Durch Errechnen der Schlittengeschwindigkeit und Zählen der Schlittenbewegungen zwischen den Endpunkten X1 und X4 ist die Auffahrgeschwindigkeit

sowie die maximale Energieaufnahme pro Hub und pro Stunde grob bestimmbar. Diese Daten reichen allerdings in der Praxis nicht aus, um die Restlebensdauer eines Stoßdämpfers zu ermitteln.

Zukunftsvorhersage direkt vor Ort

Durch Alle Zeitmessungen und Berechnungen zur Schlittengeschwindigkeit sind relativ ungenau, solange nur die digitalen Näherungssensorsignale der Endpunkte X1 und X4 zur Verfügung stehen. In der Schlittenlaufzeit zwischen diesen Endpunkten sind auch die von verschiedenen Parametern abhängigen Dämpfungsphasen der Stoßdämpfer-Hubstrecken (Zeitspannen t1 und t2 in der Abbildung 1) enthalten. Insofern wird der Schaltzeitpunkt der Näherungssensoren an X1 und X4 immer um die nicht konstante Energieabsorptionszeit der Stoßdämpfer verzögert. Die beiden Stoßdämpfer an den Schlittenenden sind aber auch die kritischen Komponenten des gesamten pneumatischen Subsystems. Reicht die Dämpfung nicht mehr aus, fährt der Schlitten ungebremst an den Anschlag des Führungszylinders. Dadurch kann es zu irreparablen Schäden am gesamten Subsystem kommen. Insofern ist es sinnvoll, den Zustand der Stoßdämpfer in das Condition Monitoring einzubeziehen und hierfür zusätzliche Sensoren zu installieren.

Will man nun die Wirkung der Stoßdämpfer im Rahmen eines Condition Monitorings messen, sollten die einfachen Näherungssensoren mit je einem Schaltkontakt durch eine spezielle Variante mit zwei Schaltkontakten ersetzt werden. Der räumliche Abstand zwischen den beiden Schaltern in einem Näherungssensor wird bei der Inbetriebnahme in einen direkten räumlichen Zusammenhang zur Stoßdämpfer-Hubstrecke gesetzt. Diese Erweiterung ergibt mit X2 (Anfang der Hubstrecke linker Stoßdämpfer) und X3 (Anfang der Hubstrecke rechter Stoßdämpfer) zwei neue Punkte auf der X-Achse. Da X1 und X4 ja nicht nur den Schlittenendpunkten auf dem Führungszylinder, sondern auch dem jeweiligen Ende der Stoßdämpfer-Hubstrecken entsprechen, lassen sich nun die Zeitspannen t1 (Hubzeit linker Stoßdämpfer) und t2 (Hubzeit rechter Stoßdämpfer) für jede Schlittenbewegung Millisekunden-genau ermitteln. Diese Hubzeiten werden sich bei längerer Betriebsdauer und damit einhergehenden nachlassendem Stoßdämpferöldruck verändern und immer kleiner werden.

Um für den Führungszylinder eine vorausschauende Wartung zu ermöglichen, werden alle Daten, die sich per RFC1006-Protokoll über die Ein- und Ausgänge der SPS erfassen bzw. errechnen lassen, in bestimmten Zeitabständen im PM-Gateway in einer Datenbank gespeichert. Auf Grund der begrenzten Speicherkapazitäten des Gateways wird die

Zustandsdatenmenge mit Hilfe einer Datenvorverarbeitung reduziert. Auf die in der Datenbank gespeicherten Werte wird im PM-Gateway durch einen Predictive Analytics-Prozess fortlaufend zugegriffen, um mit einem mathematischen Verfahren eine Zukunftsprognose zu bestimmen, den nächsten fälligen Wartungstermin zu ermitteln und ungeplante Ausfallzeiten zu vermeiden. Alle aktuellen Zustandsdaten, errechnete Werte aus der Datenbank und die Ergebnisse der Datenanalyse werden mit Hilfe von OPC UA als SOA-Schnittstelle (Serviceorientierte Architektur) anderen Anwendungen, zum Beispiel einer MES-Applikation in der IT-Domain (Abbildung 2), zur Verfügung gestellt.

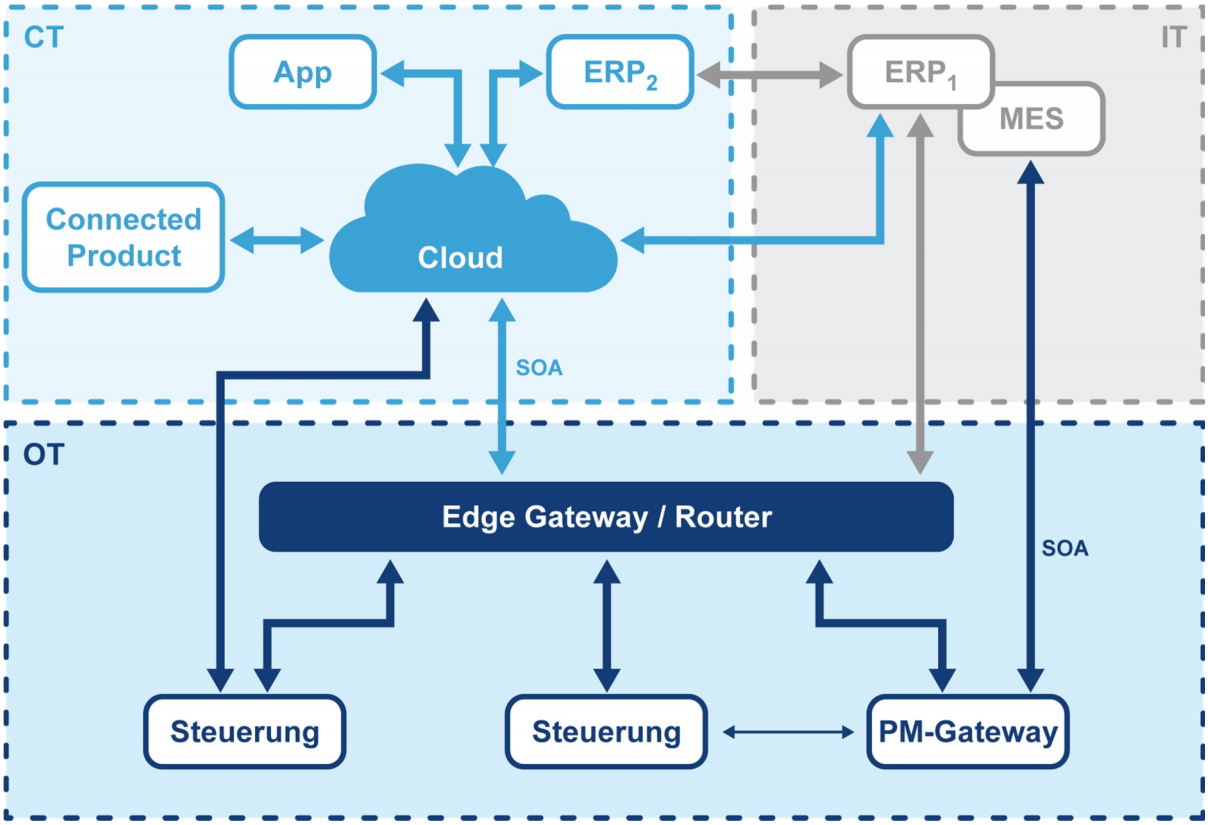


Abbildung 2: Bei Die Kommunikationsbeziehungen einer Industrie 4.0-basierten Smart Factory lassen sich in drei Domains (OT = Operational Technology, CT = Cloud Technology, IT = Information Technology) gliedern. Ein Predictive Maintenance-Gateway wird typischerweise direkt in der OT-Domain eingesetzt. Aktuelle Zustandsdaten und die Ergebnisse einer Datenanalyse werden mit Hilfe von OPC UA als SOA-Schnittstelle (Serviceorientierte Architektur) anderen Anwendungen, zum Beispiel einer MES-Applikation in der IT-Domain, zur Verfügung gestellt.

© SSV Software Systems 2016 / KDW / 0.1 / 08.09.2016