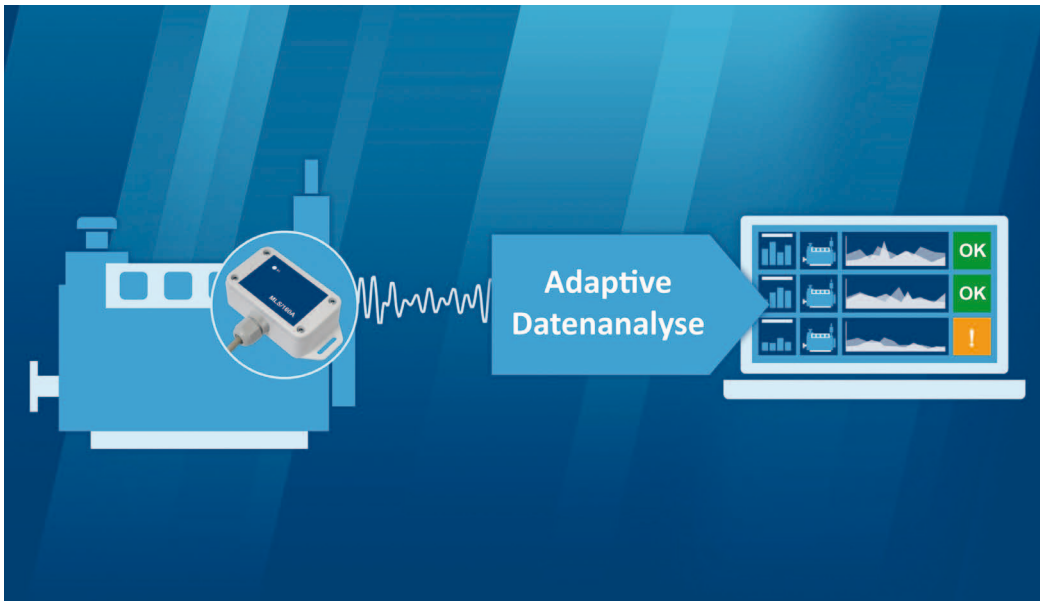


## Edge-Datenintelligenz, auch ohne Cloud



In der IT-Welt hat sich in den vergangenen Jahren ein regelrechter Big-Data-Hype gebildet, der beispielsweise per künstlicher Intelligenz (KI) zum „transparenten Kunden“ geführt hat. Eine Auswirkung davon sind zahlreiche hochwertige KI-basierte Datenanalyseservices in den Clouds der führenden Anbieter. Die dabei zum Einsatz kommenden Algorithmen stammen aus dem Open-Source-Bereich. Sie lassen sich auch lokal, also an der Edge zwischen OT und IT nutzen.

### Die Problematik

Auch in der Automatisierungstechnik gelten Daten inzwischen als werthaltiger Rohstoff. Ein Problem dabei ist, dass dieses Erkenntnis in der Branche im Zusammenhang mit den in der IT seit vielen Jahren etablierten Big-Data-Analysemethoden offensichtlich noch relativ neu ist. Zumindest wurden in der Vergangenheit nicht unbedingt gezielt qualitativ hochwertige Maschinen- und Anlagendaten gesammelt. Vielfach existieren noch nicht einmal geeignete Datenschnittstellen, sodass zunächst über ein Daten-Retrofit nachgedacht werden muss. In einigen Fällen sind lediglich nicht frei zugängliche Dateninterfaces vorhanden. Sie werden vom jeweiligen Hersteller aber nur für das Garantie- und Gewährleistungsanspruchsmanagement oder spezielle Serviceangebote genutzt. Die Daten selbst stehen dem Betreiber nicht

zur Verfügung. Einige Firmen bieten für ihre Maschinen auch optionale OPC-Server an, die dann mit Hilfe einer hochentwickelten Standardschnittstelle ein paar wenig aussagefähige Umgebungsdaten plus einen Betriebsstundenzähler zur Verfügung stellen. Vielfach amortisiert der mögliche Informationsgewinn aber noch nicht einmal die Investitions- und Betriebskosten.

### Connectivity alleine reicht nicht

Unzählige Anbieter konzentrieren sich zwar inzwischen auf die Integration vorhandener Automatisierungsschnittstellen in das Internet der Dinge (IoT), also auf „Connected Devices“. Sie sprechen in diesem Kontext sogar von beachtlichen Transparenzgewinnen, Predictive Maintenance, Condition Monitoring sowie außerordentlich vielfältigen Datennutzungsmöglichkeiten durch Cloud-Services, wie zum Beispiel die künstliche Intelligenz, verkaufen aber bei genauer Betrachtung lediglich die Connectivity – also beispielsweise die Anbindung einer Maschinensteuerung per MQTT an die Clouds führender IT-Unternehmen. Teilweise wird als kostenpflichtiger Service des SPS-Anbieters noch ein spezieller Server dazwischengeschaltet, der einige zusätzliche Rohdatenvisualisierungsmöglichkeiten in Form von Dashboards und einfachen Datenanalysen mit festen Regelwerken und einstell-

baren Schwellwertabfragen für Alarmmeldungen bietet.

### KI-basierte Datenanalysen

Nur sehr wenige Unternehmen im Umfeld des Maschinen- und Anlagenbaus sind technisch schon deutlich weiter. Sie haben bereits Produkt- und Lösungsangebote, in denen nicht nur die Datenschnittstellen, sondern auch hochwertige KI-basierte Datenanalysen enthalten sind, um dem Anwender einen werthaltigen Informationsgewinn aus Rohdaten anzubieten. Ein großer Nachteil der am Markt angebotenen Lösungen dieser Kategorie ist die fehlende Offenheit. Es werden in der Regel nur Automatisierungsbaugruppen des jeweiligen Lösungsanbieters unterstützt, also beispielsweise Motoren und Frequenzumrichter des Herstellers X, die Pneumatik des Anbieters Y oder die Lager der Firma Z. Für den Betreiber einer hochwertigen Anlage rechnet sich die Investition in eine solche Lösung meistens nicht, wenn dadurch nur 10 - 15 % der Baugruppen in ein Predictive-Maintenance-Wartungskonzept eingebunden werden. Die anderen 85 - 90 % der Komponenten verursachen ja nach wie vor ungeplante Anlagenstillstandszeiten.

### Eine weitere Prozesskette

Jeder Automatisierungstechniker kennt das Prinzip der Ablaufsteuerung (Open-loop Control). Im Zeitalter des Internets der Dinge und selbstfahrender Autos ist noch eine weitere Prozesskette hinzugekommen, mit der man sich vertraut machen sollte. Wir nennen sie hier einfach einmal „IoT-Anwendungsprozess“ (siehe Bild 1). Am Anfang dieser vierstufigen Schrittfolge, die in einer Automatisierungsanwendung als Endlosschleife abläuft, ist mindestens ein physischer Sensor zu finden. Er liefert die zur Aufgabenstellung passenden Rohdaten, zum Beispiel die Stromaufnahme oder die Vibration einer Maschine. Der dann folgende Schritt ist eine Datenanalyse mit Methoden aus dem Big-Data-Bereich, beispielsweise dem Machine Learning. Dafür müssen die Sensordaten zuvor entsprechend aufbereitet und ein geeig-



Autor:  
Klaus-Dieter Walter,  
CEO,  
SSV Software Systems GmbH  
www.ssv-embedded.de

# Künstliche Intelligenz



**Bild 1:** Die typischen Funktionsbausteine einer IoT-Anwendung ergeben eine vierstufige Prozesskette. Sensordaten werden durch eine KI-basierte Datenanalyse ausgewertet. Das Analyseergebnis dient zur Entscheidungsfindung und der jeweils erforderlichen Aktion. Diese Schrittkette lässt sich z. B. auf eine Condition-Monitoring-Anwendung in der Automatisierung übertragen. Sensoren erfassen den Maschinenzustand, Algorithmen bewerten fortlaufend die dabei anfallenden Daten. Die Ausgangsstufe „Aktion“ übermittelt die Entscheidung als Sollwert per IO-Link, Profinet oder CAN an eine Steuerung, um beispielsweise die Maschinengeschwindigkeit zu modulieren.

netes mathematisches Modell für das Mapping der Eingangssignale auf die Ausgangsdaten zur Verfügung gestellt werden. Für eine solche KI-basierte Datenanalyse ist keine Cloud erforderlich, Sie lässt sich inzwischen auch auf einem Mikrocontroller mit der Rechenleistung einer Low-Cost-SPS bewerkstelligen (Stichwort „TinyML“). Das Datenanalyseergebnis wird an einen Entscheidungsfindungsbaustein weitergegeben. In diesem Schritt könnte z. B. ein Softwaremodul an Hand eines Regelwerks bestimmen, was zu tun ist (bei einer Predictive-Maintenance-Anwendung: Maschinengeschwindigkeit drosseln, Techniker verständigen). Der letzte Baustein in der Schrittkette setzt die Entscheidung um – beispielsweise durch eine Profinet-basierte Meldung an die Maschinen-

steuerung, damit sich die Maschinengeschwindigkeit reduziert und eine E-Mail an den Techniker, um ein bestimmtes Lager oder eine Ventilinsel auszutauschen.

## Virtueller Sensor per MEMS

Da eine rotierende Maschine betriebsbedingt messbare Vibrationen erzeugt, lässt sich die hier vorgestellte IoT-Anwendungsschrittkette bereits mit einer einfachen Sensorik in der Praxis für Condition-Monitoring- und Predictive-Maintenance-Anwendungen einsetzen. Dabei werden die periodischen Maschinenschwingungen mit geeigneten Sensoren erfasst und zur eigentlichen Informationsgewinnung mit Hilfe einer an die jeweilige Aufgabe angepasste Datenanalyse ausgewertet. Der dadurch entstehende virtuelle Überwachungs-

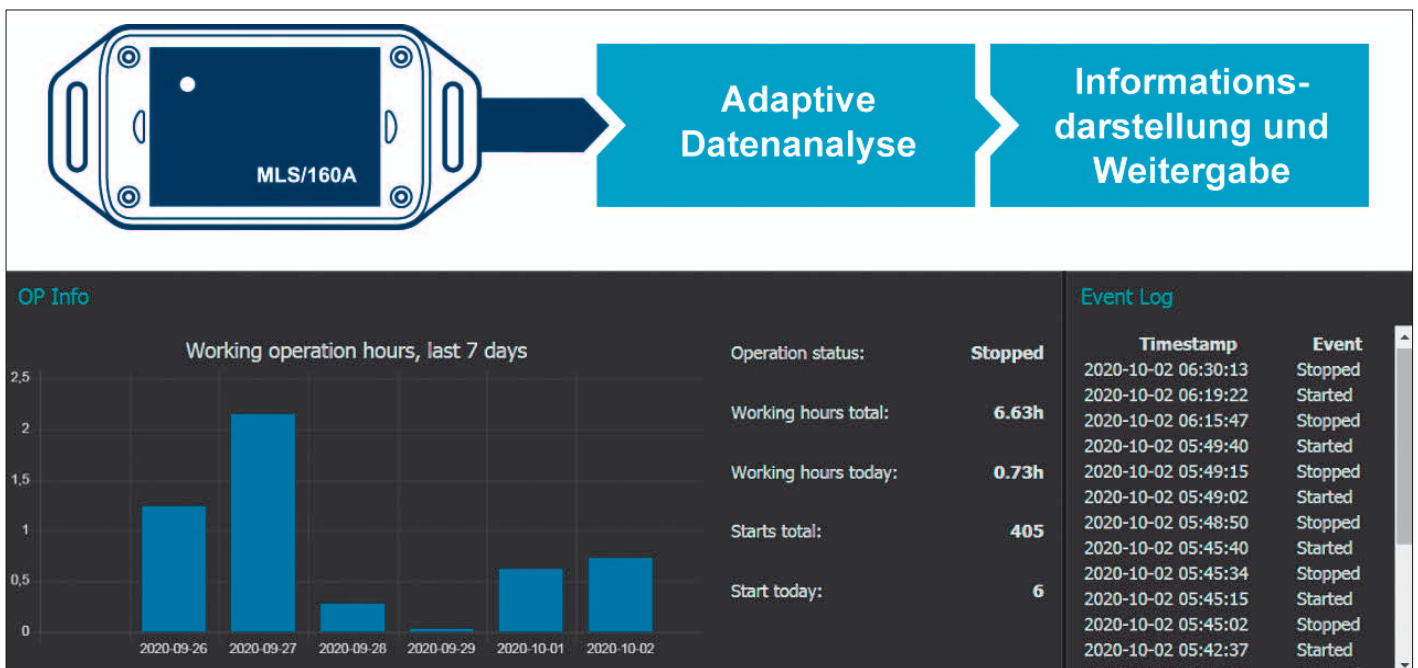
sensor bietet in der Regel einen tiefen Einblick in den Maschinenbetrieb und eine deutlich verbesserte Transparenz bezüglich des jeweiligen Maschinenzustands. Mit diesen Informationen lassen sich beispielsweise wirkungsvolle Betriebsoptimierungs- oder Wartungsentscheidungen treffen.

## MEMS-Sensortechnik

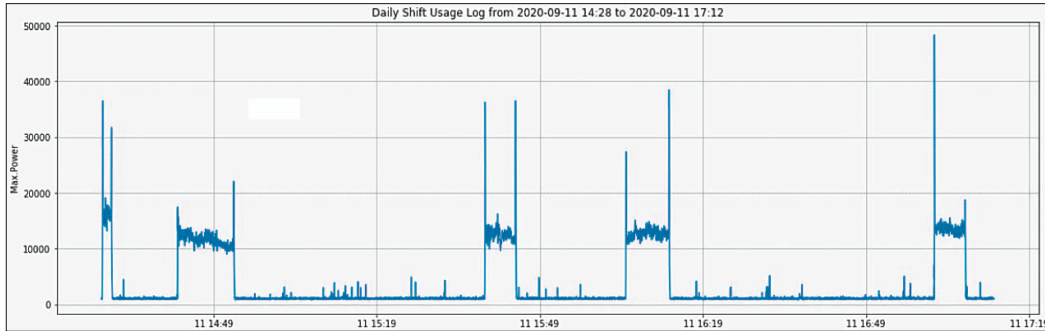
Als Datenquelle für einen solchen Überwachungssensor eignen sich besonders kapazitive MEMS-Inertialsensoren. „MEMS“ steht für „Mikro-Elektromechanisches System. Gemeint sind damit kleine Halbleitersensoren, die mit einem speziellen Herstellungsverfahren angefertigt werden und beispielsweise kleinste Lage- und Beschleunigungsänderungen erkennen können. Dafür wird auf

einem Siliziumchip ein mikroskopisch kleines Feder-Masse-System realisiert. Durch eine Beschleunigungsänderung wird die Miniaturmasse für wenige Mikrometer ausgelenkt und dadurch eine messbare Kapazitätsveränderung verursacht, aus der letztendlich der Ausgangsmesswert des Sensors entsteht.

Durch das Internet der Dinge und den Masseneinsatz in Smartphones, ist MEMS-Sensortechnik zu einem relativ preiswerten Massenprodukt geworden. Diese Sensortechnik lässt sich für sehr viele unterschiedliche Aufgabenstellungen einsetzen. Dazu gehören Mikrofone, Zustandsüberwachungen an Bauwerken, Maschinen und Anlagen. Aber auch in der Navigation sowie für Stabilisierungs- und Ausrichtungssysteme werden MEMS-Sensoren genutzt. Gyro-



**Bild 2:** Wird ein MEMS-Beschleunigungssensor an einer Maschine befestigt, erhält man ein relativ genaues Schwingungsabbild der einzelnen Maschinenzustände. Mittels einer adaptiven Datenanalyse mit KI-Algorithmen lässt sich sehr genau bestimmen, wann einzelne Antriebs Elemente aktiv sind und wann nicht, mit welcher Drehzahl sie laufen, ob anormale Schwingungen auftreten usw. Auch virtuelle Betriebsstundenzähler für einzelne Zustände sind realisierbar. Die Ergebnisse lassen sich in einer Datenbank direkt im Sensor speichern und per Webbrowser betrachten.



**Bild 3:** Zum im Text beschriebenen Maschinenüberwachungsassistenten gehört auch eine integrierte Datenbank (Embedded Data Base). Damit lassen sich die Maschinenzustände längerer Zeitabschnitte beispielsweise sekundengenau erfassen und bei Bedarf über eine Datenschnittstelle abfragen und visualisieren. Ein Servicetechniker kann damit im Störfall die Zeitreihendaten der letzten Tage einsehen, um die Maschinenzustände zu bestimmen, die zu der Störung geführt haben. Die Datenbank wird automatisch mit einem Sliding-Window-Verfahren verwaltet, wo immer die jeweils letzten Tage in einem Zeitfenster zur Verfügung stehen.

skope und ESP in Fahrzeugen wären ohne MEMS nicht massentauglich.

## Anwendungsbeispiel „Maschinenüberwachungsassistent“

Mit einem virtuellen Sensor und dem IoT-Anwendungsprozess aus Bild 1 lässt sich z. B. ein KI-basierter Assistent zur automatischen Maschinenüberwachung realisieren. Die vom Assistenten gewonnenen Informationen eignen sich zur Detailplanung einer zustandsbasierten Wartung, also einem geplanten Maschinenstillstand, um die erforderlichen Wartungsarbeiten durchzuführen. Bild 2 zeigt hierzu ein Beispiel mit dem MEMS-basierten Maschinensensor MLS/160A. Diese Sensor-

baugruppe wird einfach an einer beliebigen Maschine befestigt. Der zum Lieferumfang gehörende adaptive Datenanalysebaustein wird vor dem Assistenteneinsatz in einer Trainingsphase an das jeweilige Schwingungsbild der Maschine angepasst, um ein mathematisches Modell zu erzeugen, in dem zu jedem relevanten Schwingungsabbild der korrelierende Maschinenzustand enthalten ist.

## Funktion

Der MLS/160A nutzt für die MEMS-Sensordatenvorverarbeitung eine Diskrete Fourier-Transformation (DFT). Dabei werden die Messwerte einer Beschleunigungsachse jeweils eine Sekunde lang

mit einer einstellbaren Frequenz abgetastet und in einem Zahlenarray zwischengespeichert. Dieses Array wird anschließend durch eine DFT-Funktion vom Zeit- in den Frequenzbereich umgewandelt. Vor der eigentlichen Datenanalyse werden aus dem errechneten DFT-Spektrum die „Top-n“-Amplituden-Frequenz-Wertepaare bzgl. der Amplituden-Maximalwerte extrahiert und nach Anwendung einiger weiterer Rechenmethoden in einem neuen Datenobjekt gespeichert. Dieses dient dann als Eingabe für einen Machine-Learning-Algorithmus, um an Hand des in der Trainingsphase erzeugten Modells und des gemessenen Schwingungsbilds den jeweiligen Maschinenzustand zu bestimm-

men. Das Ergebnis dieser Datenanalyse ist jeweils ein Maschinenzustandskennzeichen pro Sekunde. Daraus lassen sich zum Beispiel virtuelle Betriebsstundenzähler (separate Zeitmessungen für einzelne Maschinenzustände) oder bestimmte Ereigniszähler realisieren.

## Wenige zehn Euro Materialkosten

Vereinfacht betrachtet bedeutet „Big Data“ eigentlich nur, Daten zusammenzufassen und daraus per künstlicher Intelligenz wertvolle Erkenntnisse zu gewinnen. Die Automatisierungstechnikanbieter sollten zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit schnellst möglich Produkte und Lösungen mit KI-basierter Datenintelligenz direkt in der Feldebene bzw. an der Edge zur IT-Welt auf den Markt bringen. Der Anwendernutzen muss allerdings einen quantifizierbaren Mehrwert zu den bisherigen Produkten bieten. Die durch eine lokale KI verursachten Materialmehrkosten sind inzwischen kein Hinderungsgrund. Sie betragen für einen MEMS-Inertialsensor inklusive Mikrocontroller für die Datenanalyse plus eine BLE/NB-IoT/Wi-Fi-Kommunikationsschnittstelle nur wenige zehn Euro. Die Verbindung ins Internet wird von einer solchen Lösung nur noch für die Informationsweitergabe und zum Software- bzw. Machine-Learning-Modell-Update genutzt. ◀

## Control 2021 nicht als Präsenzmesse!



Die Entscheidung ist gefallen: Die 34. Control – Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung – kann auch in diesem Jahr nicht als Präsenzveranstaltung stattfinden. Nach ausführlichen Rücksprachen

mit Ausstellern und dem Messebeirat musste sich der Messeveranstalter P. E. Schall GmbH & Co. KG dazu entschließen, das Branchenhighlight, das für den 04. bis 07. Mai 2021 vorbereitet worden war, abzusagen. Aussteller und Fachbesucher warten darauf, sich endlich wieder persönlich austauschen zu können. Doch die gegenwärtige Pandemielage erfordert anhaltende Geduld von allen Beteiligten.

## Control-Virtuell verbindet Anbieter und Anwender aktuell und durchgängig

Vor allem Leitmesse wie die international herausragende Control sind ein wichtiger Impulsgeber für die Branche; schließlich

erhöht eine effiziente Qualitätssicherung (QS) die Wettbewerbsfähigkeit der Fertigungsprozesse. Fachmessen sind als Spiegelbild der Wirtschaftskraft und aufgrund des persönlichen Austauschs eine unersetzbare Plattform für nachhaltige Geschäftsbeziehungen. Umso schwerer fiel jetzt die Entscheidung zur Absage der Präsenzveranstaltung 2021, die der Messeveranstalter nach intensiven und konstruktiven Gesprächen mit vielen Vertretern der Branche getroffen hat. Alle sind sich darin einig, dass der Stellenwert der Control für die industrielle QS fortwährend steigt und in der derzeitigen Lage sogar noch an Bedeutung gewinnt. Daher konzentrieren sich Anbieter

und Anwender zunächst wieder auf den Online-Marktplatz Control-Virtuell: Damit sind Themen rund um Mess- und Prüftechnik sowie Visionstechnologie, Bildverarbeitung und Sensortechnik weltweit 365 Tage rund um die Uhr für die Leadgenerierung digital verfügbar. Mit der thematisch fokussierten Suchmaschine lassen sich gewünschte Informationen über die Messenomenklatur selektieren. So stehen News zu Weltpremierer, Produktinnovationen und Dienstleistungen der QS-Anbieter strukturiert und jederzeit aktuell bereit.

Die nächste Control als Präsenzveranstaltung findet vom 03. bis 06. Mai 2022 statt.