

INDUSTRIAL IOT

SENSOREN

Die Stars am Technologie-Himmel

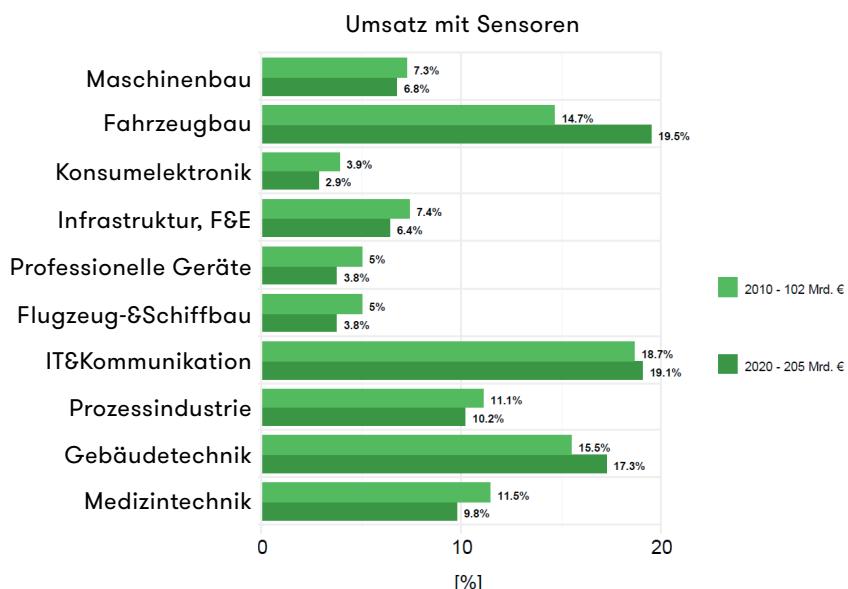
FACHBEITRAG



Sensoren - Die Stars am Technologie-Himmel

Ein Anlagenteil wird ausgetauscht, noch ehe es ausfällt und die gesamte Produktion lahmlegt. Das Automobil bremst selbstständig und rechtzeitig vor einer Person, die der Fahrer noch gar nicht gesehen hat. Und das CO2-Messgerät löst das automatische Öffnen der Fenster zum Lüften aus. Alle drei Aktionen funktionieren nur, wenn im Hintergrund Sensoren Daten gesammelt haben, diese mit Hilfe von geeigneten Algorithmen in der entsprechenden Zeit (oder in Echtzeit) ausgewertet und die Reaktionen ausgelöst wurden.

Es existieren mehr als 100 Messgrößen, für die Sensoren angeboten werden. Das globale Marktvolumen für das Jahr 2020 wird mit etwa 200 Mrd. US\$ prognostiziert (Bild 1). Dabei entwickeln sich Sensoren zunehmend zu eigenständigen Mikrosystemen, bestehend aus Sensorik und Elektronik für die Datenverarbeitung und Kommunikation. Diese Systeme sind vernetzt, autark und intelligent.



Quelle: Intecho Consulting, Basel

Bild 1. Das globale Marktvolumen ist für 2020 mit etwa 205 Mrd. US\$ prognostiziert

Ein wichtiges Element der vierten industrielle Revolution ist die Komponente IIoT (Industrial Internet of Things). Zentrale Bestandteile sind hier Sensoren und die entsprechenden Kommunikationstechniken, die auch Anwendungen jenseits der reinen Produktion ermöglichen. Kern des IIoT ist die Digitalisierung der Sensorsignale und der standardisierte „Transport“ von Roh- oder vorverarbeiteten Daten dortin, wo sie gebraucht werden. Wichtige „Sensor-Hochburgen“ sind weiterhin die Automobilindustrie, die Medizintechnik, die Gebäudeautomatisierung und das Konsumer-Segment. Im Automotive-Bereich sind es insbesondere die Fahrerassistenzsysteme, die zu einer rasanten Weiterentwicklung der Radar-, Ultraschall-, Lidar und Video-Sensorik geführt hat.

Sensoren im Industrie-Einsatz

Eine der Herausforderungen für das IIoT ist die durchgängige standardisierte Kommunikation vom Sensor beziehungsweise Aktor in die Cloud. Wichtige Technologien dafür sind IO-Link und Single Pair Ethernet. Und eine der interessantesten Anwendungen ist die Vorausschauende Wartung. Damit lässt sich im besten Fall viel Zeit und Geld sparen.

Bei IO-Link handelt es sich um eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikationsverbindung mit standardisierten Steckverbinder, Kabeln und Software-Protokollen. Das System ist so konzipiert, dass es innerhalb der industriellen 3-Draht-Sensor- und Aktor-Infrastruktur arbeitet und besteht aus den Komponenten „IO-Link Master“ und „IO-Link Device“.

Der IO-Link-Standard besagt, dass die Kommunikation auf einer Leitungslänge von 20 Metern mit ungeschirmtem Kabel mit industriellen Standardsteckern erfolgen muss. Am häufigsten werden M8- und M12-Steckverbinder verwendet. Die Kommunikation erfolgt Punkt-zu-Punkt und erfordert eine 3-Draht Schnittstelle (L+, C/Q und L-). Die Kommunikation zwischen Master und Slave-Geräten wird halbduplex mit drei Übertragungsraten realisiert: COM1 4800 Baud, COM2 38,4 kBaud, COM3 230,4 kBaud. Der Versorgungsspannungsbereich in einem IO-Link-System beträgt 20V bis 30V für die Master und 18V bis 30V für das Gerät (Sensor oder Aktor).

Vom Sensor in die Cloud per Single Pair Ethernet

Single Pair Ethernet (SPE) gilt als einer der Megatrends der industriellen Datenübertragung und als „Enabler“ von IIoT und Industrie 4.0. Diese Technologie kann das „Industrielle Internet der Dinge“ Realität werden lassen. Jeder Sensor oder Aktor ist per Internet-Protokoll erreichbar und kann seine Daten barrierefrei bis in die Cloud übertragen oder aus ihr empfangen.

Die Steuerungs- und Feldebene in der Automatisierungstechnik ist geprägt durch stark fragmentierte Feldbus-Infrastrukturen. Die dadurch resultierenden Dateninseln erfordern komplexe Gateways, die den Zugriff auf die Daten der Geräte im Feld verkomplizieren. Durch den Wegfall dieser Gateways könnten die Kosten und die Komplexität dieser Installationen erheblich reduziert und die von ihnen geschaffenen Dateninseln entfernt werden.

Ein Ansatz, um diese Fragmentierung zu beseitigen, ist die Weiterführung von Ethernet aus der Steuerungsebene bis in die Feldebene. Erschwert wurde dieser Ansatz jedoch durch die Begrenzung der Leitungslänge auf maximal 100m, den Einsatz von minimal zwei Adernpaaren und durch weniger brauchbare Steckverbinder.

Wie schnell - wie weit?

Single Pair Ethernet erlaubt es nun, über zweiadriges Kupferkabel Daten mit 10Mbps, 100Mbps und 1Gbps zu transportieren sowie gleichzeitig Endgeräte per Power over Data Line (PoDL) mit Strom zu versorgen. Die Datenraten und Leitungslängen sind im Einzelnen:

- 10 MB/s (duplex) bis 1000m, Übertragung mit einer Bandbreite von 20MHz (10Base-T1L)
- 10 MB/s (halbduplex) bis 40m, Übertragung mit einer Bandbreite von 20MHz (10Base-T1S)
- 100 MB/s (duplex) bis 15m, Übertragung mit einer Bandbreite von 66MHz (100Base-T1)
- 1000MB/s (duplex) bis 40m, Übertragung mit einer Bandbreite von 600MHz (1000Base-T1)

Eine der zentralen Fähigkeiten von Single Pair Ethernet ist die gleichzeitige Übertragung von Daten und Stromversorgung über das Leitungspaar - Power over Dataline (PoDL). In der Norm IEEE 802.3bu: "Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet" wird analog zu Power over Ethernet (PoE) die Bereitstellung einer Fernspeisung über einpaarige Ethernet-Kanäle festgelegt.

Eine Fabrik voller Daten - was kann vorausschauende Wartung



Bild 2: Anlagenüberwachung (Bild: Analog Devices)

Industrie 4.0 als Trend im Bereich der industriellen Produktion stellt einen Paradigmenwandel dar, der vor allem eine optimale Auslastung der Produktionsressourcen anstrebt. Um solche selbst organisierenden Prozesse zu realisieren, müssen nicht nur die Anforderungen von aussen, z.B. was soll wann wie oft gemacht werden, klar definiert sein, sondern auch die Verfügbarkeit der Produktionsressourcen und -prozesse. Insofern muss - idealerweise über einen Zeitraum von mehreren Monaten - im Voraus bekannt sein, welche Wartungsarbeiten an einer Maschine bzw. einem Prozess erforderlich sind, um die Verfügbarkeit sicher planen zu können.

Aber auch weitergehende Optionen sind denkbar: Ist eine Maschine nicht mehr in ihrem Optimalzustand, erreicht z.B. eine Bearbeitungsmaschine nicht mehr die höchste Präzision, so kann diese dennoch für andere Arbeiten verplant werden, wenn die erzielte Präzision dafür noch ausreichend ist. Im Kern steht also eine Zustandsüberwachung jeder einzelnen Maschine bzw. jedes einzelnen Prozesses, um aus der Kenntnis dieses aktuellen Zustands heraus den Einsatz und die Wartung optimal und flexibel planen zu können.

	Gestehungs- und Installationskosten	Betriebskosten	Kosten infolge ungeplanter Stillstandszeiten
Korrektive Instandhaltung			\$\$\$\$\$\$\$\$\$ Ungeplante Produktionsunterbrechungen
Präventive Instandhaltung		€€ Vor-Ort-Intervention nach Plan/ systematischer Austausch verschleissbehafteter Teile	€€€ Da keine Maschinenüberwachung in Echtzeit erfolgt, kommt es zu ungeplanten Produktionsunterbrechungen
Vorausschauende Instandhaltung	€€ Installation von besonderen Vorrichtungen (Vibrationssensoren usw.)	€ Kenntnis des Maschinenzustands, Überwachung durch besondere Software oder mit KI	€ Dank Echtzeit-Maschinenüberwachung lassen sich Produktionsunterbrechungen perfekt planen

Tabelle 1. Durch die Vorausschauende Instandhaltung können die Gesamtkosten minimiert werden.

Um festzustellen, wann der richtige Zeitpunkt für die Auslösung eines Wartungsvorgangs ist, werden Parameter wie Vibration, Geräusch und Temperatur verwendet. Unter den messbaren physikalischen Größen liefert die Messung des Schwingungsspektrums die meisten Informationen über den Ursprung eines Problems in einer rotierenden Maschine (Motor, Generator usw.). Eine abnormale Vibration kann ein Zeichen für ein fehlerhaftes Kugellager oder eine Achsunwucht sein. Jedes dieser Probleme manifestiert sich in einem bestimmten Symptom, wie z. B. Vibrationsquellen in rotierenden Maschinen.

Technologietreiber - Sensoren im Automobil

Die Anzahl von Sensoren im Fahrzeug nimmt permanent zu, gleichzeitig steigt ihre Leistungsfähigkeit. Der Stromverbrauch wird laufend minimiert und intelligente Verarbeitungsfunktionen halten zunehmend Einzug. Die von den diversen Bauteilen gewonnenen Sensordaten lassen sich durch Sensorfusion redundant und kombiniert nutzen und sind für die Vernetzung auch ausserhalb des Fahrzeugs (V2X) eine wichtige Voraussetzung.

Im Automobilbereich unterstützen Sensoren u.a. die Segmente Motorsteuerung, Abgasregelung, Fahrwerksfunktionen und Klimatisierung, Funktionen für das autonome Fahren, Assistenzfunktionen, E-Mobilität, Bedienerkennung (Gestensteuerung), die aktive und passive Sicherheit sowie allgemeine Karosseriefunktionen.

In Entwicklung ist das Konzept fahrerloser Autos (autonomes Fahren). Dafür sind neben einer vernetzten Infrastruktur viele Echtzeitdaten von Geschwindigkeits-, Beschleunigungs-, Positions- und Näherungssensoren notwendig. Die Sensoren liefern Daten, die gesammelt, ausgewertet, zusammengeführt (Sensorfusion) und verarbeitet werden. Als Ergebnis wird ein Fahrzeug im besten Fall ohne Fahrereingriff gesteuert. Auf dem Weg dahin arbeiten Sensoren heute schon in Fahrerassistenzsystemen und sorgen für Sicherheit und Komfort. Auch das Konzept der vorausschauenden Instandhaltung wird dadurch unterstützt.

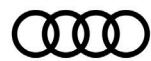
Die Sensoren werden im Fahrzeug selbst und in der Fahrzeuginfrastruktur verwendet. So kümmern sich ca. 2/3 der Sensoren um Antriebsstrang und Motorsteuerung. Dazu erfassen sie Änderungen von Gewicht, Temperatur, Vibration, Massenstrom, Volumenstromrate, Drehmoment, Ventilposition und Drehbewegung und leiten diese Daten an Steuergeräte weiter.

Immer mehr Sensoren werden für Fahrerassistenzsysteme eingesetzt. Dabei werden mehrere Sensortypen redundant genutzt. Teil- oder vollautonome Systeme müssen das Umfeld erkennen und ihre Position bestimmen. Dabei helfen Ultraschallsensoren (erkennen Hindernisse in kurzer Distanz), Radarsensoren (detektieren Position und Geschwindigkeit von Objekten in grösserer Entfernung). Lidarsensoren liefern ein 3D-Abbild und Kamera-Systeme erfassen Farbe und Kontur eines Objektes.

	Kamera	Radar	Lidar	Utra-schall	Radar + Lidar	Kamera + Lidar	Kamera + Radar
Objekterkennung	mittel	gut	gut	gut	gut	gut	gut
Objektklassifizierung	gut	schlecht	mittel	schlecht	mittel	gut	gut
Distanzmessung	mittel	gut	gut	gut	gut	gut	gut
Objektkanten-Genauigkeit	gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
Spurverfolgung	gut	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	gut	gut
Sichtweite	mittel	gut	mittel	schlecht	gut	mittel	gut
Funktion bei schlechtem Wetter	schlecht	gut	mittel	gut	gut	mittel	gut
Funktion bei wenig Licht	mittel	gut	gut	gut	gut	gut	gut

Tabelle 2. Insbesondere für autonome Fahrfunktionen sind redundante Sensordaten erforderlich. Eine Kombination verschiedener Technologien hat Vorteile und Nachteile. (Datenquelle: McKinseyCompany)

Zukünftig werden mehr hybride Sensorlösungen (Multisensorik) entstehen, um die Anzahl der Sensoren und die Kosten zu minimieren. Neben einer Kombilösung von Radar und Kamera benötigt das vollautonome Fahren zusätzlich Lidar, um Redundanz für die Objektanalyse und die Lokalisierung zu gewährleisten. Die Daten von Kamera-, Radar-, Lidar-, Infrarot –und Ultraschall-Sensoren werden mit diversen Algorithmen (Stichworte: künstliche Intelligenz und Deep Learning) weiterverarbeitet und dienen dem Steuersystem als Grundlage für seine Entscheidungen.



Audi Q3 Sportback

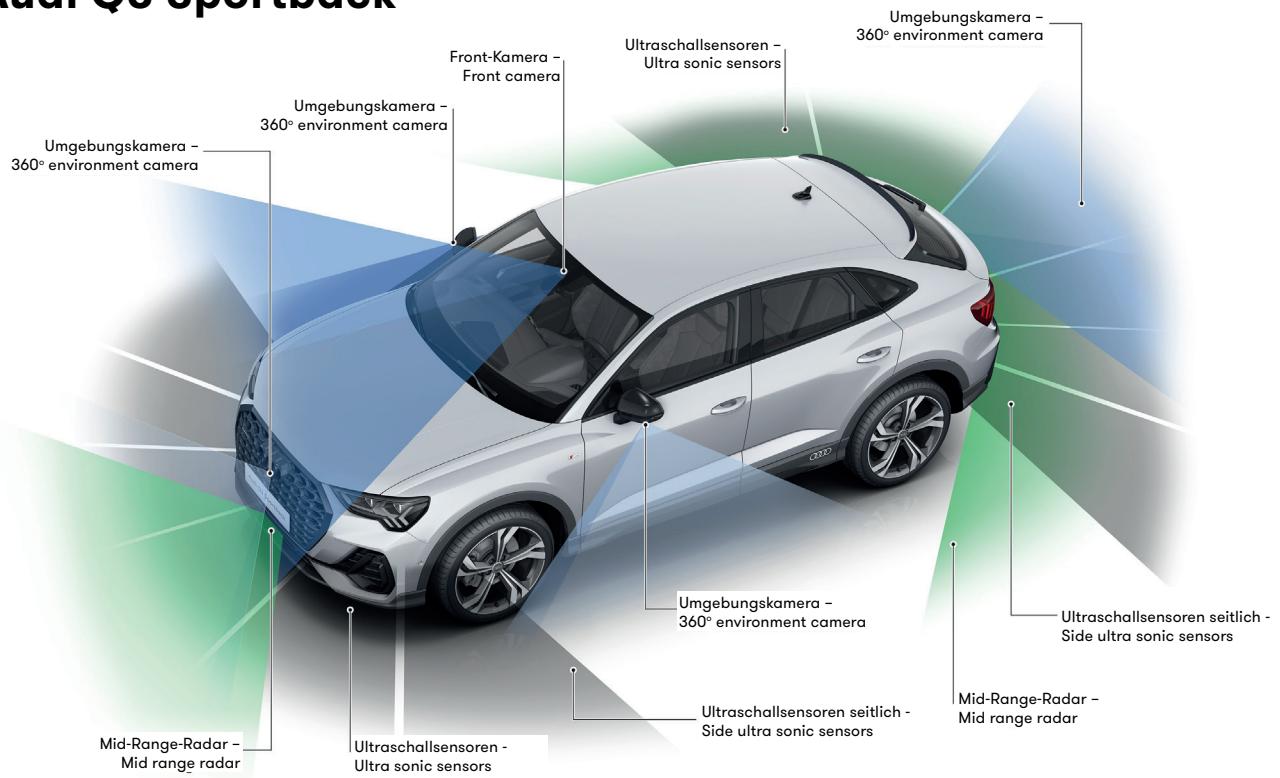


Bild 3. Die Sensorfelder der Umfeldüberwachung im Audi Q3 Sportback (Bild: Pressebild AUDI AG)

Umfeld-Sensoren

Infrarot-Sensoren erlauben die Nachtsicht. Ultraschallsensoren dienen als Einparkhilfe, können Parklücken während der Fahrt vermessen und Fahrzeuge auf der Nebenspur erkennen. Damit können sie den Toten Winkel überwachen. Ultraschallsensoren messen die Entfernung zum Objekt, indem sie die Laufzeit der reflektierten Schallimpulse messen. Sie sind kompakt und robust und arbeiten auch nachts oder bei Nebel. Schnee beeinträchtigt ihre Messergebnisse und die Distanzen liegen bei wenigen Metern. Zur Verbesserung der Umfelderfassung können mehrere Ultraschallsensoren eingesetzt und das Triangulationsverfahren verwendet werden. Durch speziell geformte Antennen erhalten die ausgesendeten Ultraschallimpulse eine Richtcharakteristik für eine direktionale Abstrahlung. Es bildet sich ein Nah- und ein Fernfeld aus.

Zur Umfelderfassung autonomer Fahrzeuge werden Informationen von Radar, Ultraschall, Lidar und Kamera kombiniert. Die Messwerte werden asynchron erzeugt und das Fusions-Steuergerät berechnet jeweils ein aktuelles Umgebungsmodell in Echtzeit und steuert dann Lenk-, Antriebs-, und Bremssysteme an.

Sensoren sorgen auch für Sicherheit durch eine Innenraum-Überwachung. Die fahrende Person wird durch diverse Sensoren beobachtet und unter die Lupe genommen. Das Ziel ist, z.B. Übermüdung und Ablenkung (Stichwort Sekundenschlaf) zu erkennen.