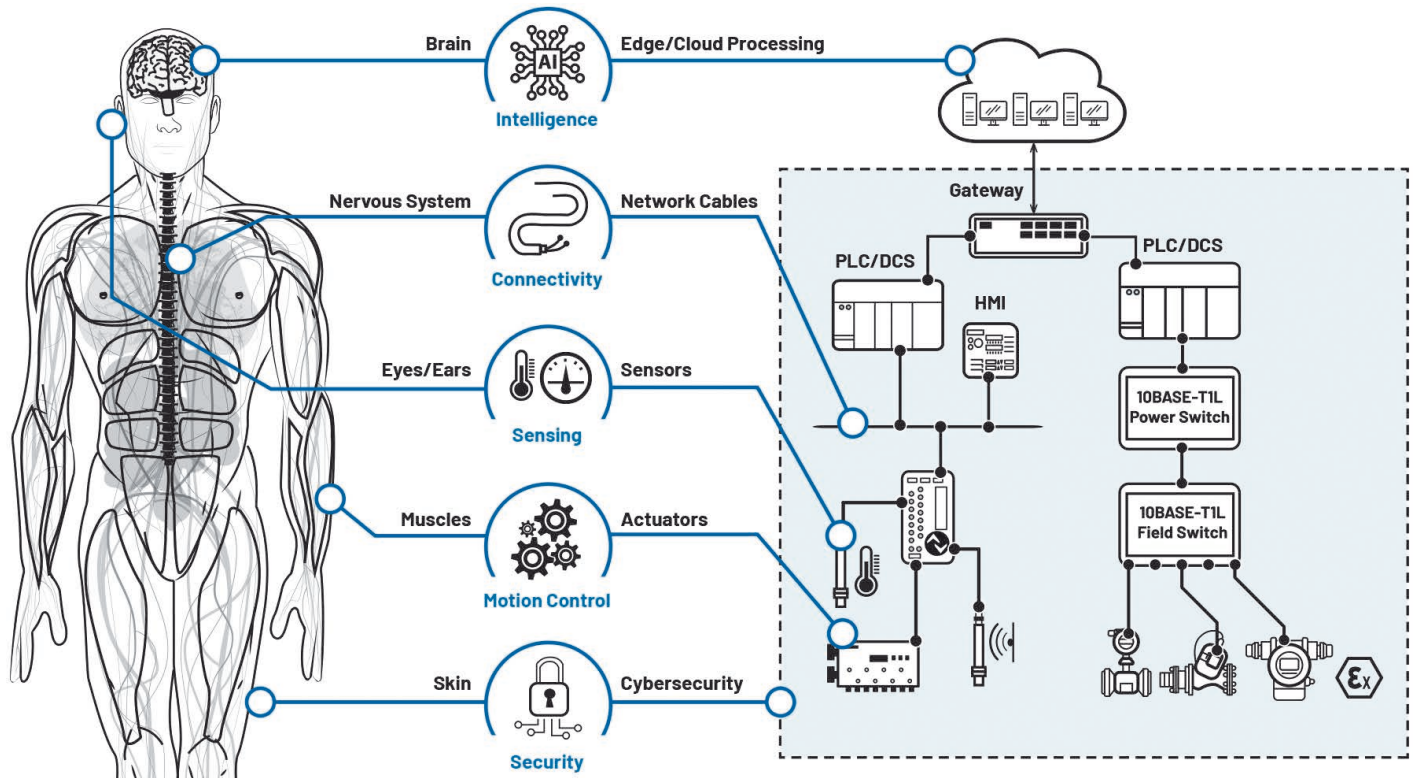


## Mit digitalem Wandel zum Erfolg

# Machen Sie Ihre digitale Fabrik zur Realität!

Dieser Artikel vergleicht den Betrieb einer digitalen Fabrik mit der Funktionsweise des menschlichen Körpers und arbeitet die Bedeutung von Daten als Lebenselixier der digitalen Fabrik heraus.



### Anatomie der digitalen Fabrik

So verstehen Sie z. B. durch Einblicke in die Intelligent Edge, wie die Implementation einer digitalen Fabrik Sie dabei unterstützen kann, die Betriebsabläufe in Produktionsstätten effizienter zu gestalten.

#### Digitale Fabrik

Die digitale Fabrik, deren Prozesse auf Daten basieren, ist ein System aus einzelnen Bestandteilen, die harmonisch zusammenarbeiten, um die Effizienz der Betriebsabläufe in der gesamten Produktionsstätte zu optimieren. In mancherlei Hinsicht lässt sich dies mit dem menschlichen Körper vergleichen. Die Sensoren agieren wie Augen und Ohren, die es einem zentralen Steuerungssystem – dem Gehirn – ermöglichen, sich seiner Umgebung bewusst zu sein. Die Stellmotoren sind wie Muskeln, die bei Bedarf Anpassungen durchführen. Die Netzwerkverbindung

der Fabrik entspricht dem Nervensystem, das sich durch den ganzen Körper zieht, während die Haut für die Cybersecurity-Technologie steht, die essenziell ist, um die Daten zu schützen.

#### Vorteile der digitalen Fabrik

Bevor wir uns mit den Komponenten der digitalen Fabrik befassen, wollen wir zunächst einen Blick auf ihre Vorteile werfen. Diese liegen vor allem in der Steigerung der Produktivität, was die Fertigungslandschaft verändert. Neue Erkenntnisse aus dem Ökosystem der digitalen Fabrik helfen bei der Entscheidungsfindung in Echtzeit. Dies führt zu einer verbesserten Produktqualität und einer höheren betrieblichen Gesamteffizienz, die in nachhaltigeren Produktionsprozessen gipfelt. Wenn man bedenkt, dass die Industrie etwa 50 % der weltweiten Gesamtenergie ver-

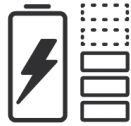
braucht [1], dann ist die digital vernetzte Fabrik für Hersteller mit dem Netto-Null-Ziel das Herzstück dieser Transformation. Zusätzlich zu den Vorteilen der Nachhaltigkeit sind digitale Fabriken flexibel und lassen sich in Echtzeit konfigurieren, um schnell auf Veränderungen in der Konsumnachfrage zu reagieren. Im Gesundheitssektor beispielsweise steigt die Nachfrage nach personalisierten medizinischen Geräten wie Gelenkimplantaten aus dem 3D-Drucker, die auf die Anatomie der einzelnen Patienten zugeschnitten sind. Da die Fabriken immer modularer und die Produktionszellen kleiner und anpassungsfähiger werden, lassen sich Arbeitsabläufe in Echtzeit planen und ändern, was die Fertigungsgeschwindigkeit erhöht und die Rentabilität wettbewerbsfähiger Onshoring-Bemühungen in Europa und Nordamerika unterstützt.



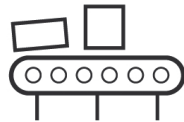
Autorinnen:  
 Tracey Johnson  
 Senior Marketing Manager  
 Margaret Naughton  
 Marketing Engineer  
 Analog Devices  
 www.analog.com



Increase Factory Utilization



Optimize Energy Consumption



Reduce Raw Material Usage

**Vorteile der digitalen Fabrik: höhere Anlagennutzung, optimaler Energieverbrauch und reduzierter Rohstoffverbrauch**

## Daten – das Lebenselixier

Sowohl Echtzeit- als auch Nicht-Echtzeitdaten, die aus verschiedenen Quellen der Fabrik stammen, müssen schnell und zuverlässig am Intelligent Edge – dem Ort, an dem die Daten entstehen – analysiert und auf zentraler Ebene aggregiert werden, um ein ganzheitliches Bild des gesamten Fabrikbetriebs zu erhalten. Die aus diesen Daten gewonnenen betrieblichen Erkenntnisse sind für die Ausschöpfung des gesamten betrieblichen Effizienzpotenzials der Fabrik unerlässlich.

## Sensoren – die Augen und Ohren

Es müssen mehr Sensoren und eine Vielzahl von Messmodalitäten wie Temperatur, Druck, Durchfluss, Nähe und Vibration eingesetzt werden, um die erforderlichen Daten zu erhalten. Präzise Mess- und Sensortechnik ist erforderlich, um Fabrikanlagen kontinuierlich zu erfassen, zu messen und zu interpretieren. Mit der IO-Link-Technologie werden die Sensoren intelligent. Ein Drucksensor entscheidet lokal, ob der Druck den erforderlichen Schwellenwert überschreitet, und muss daher nur eine einzelne boolesche Bitvariable (ja oder nein) an die Steuerung übermitteln. Sie stellt ein Datenbit dar, anstatt eines vollständigen digitalen Werts, der die tatsächliche Druckmessung repräsentiert. Die lokale Entscheidungsfindung spart Kommunikations- und Verarbeitungszeit und ermöglicht so eine effiziente verteilte Steuerung.

## Aktoren – die Muskeln

Aktoren sind wie Muskeln und damit unverzichtbar für die Erledigung der Arbeit. Sie werden zur Steuerung von Ventilen, Kolben und anderen mechanischen Geräten verwendet. Auf diese Weise lässt sich der Durchfluss von Flüssigkeiten präzise steuern und man

kann sicherstellen, dass jedem Teil des Prozesses die richtige Menge an Material zugeführt wird.

Sowohl Sensoren als auch Aktoren müssen den Bedingungen in ihrem Anwendungsbereich standhalten. Zu den rauen Fabrikumgebungen gehören hohe Temperaturen und starke Exposition zu elektromagnetischen Emissionen, was hohe Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) stellt. Dazu gesellen sich Spannungsspitzen auf der Hauptversorgungsspannung und mechanische Vibrationen. Ein sehr wichtiger Aspekt bei diesen Edge-Sensing- und Aktorensystemen ist deren Stromversorgung. Die Anforderungen an diese Stromversorgung steigen, da die Sensoren und Aktoren immer kleiner werden, während gleichzeitig eine höhere Genauigkeit und Qualität der Signalerfassung benötigt wird. Dies erfordert hocheffiziente, rauscharme Stromversorgungslösungen mit geringem Volumenbedarf, was bei den oft platzbeschränkten Designs von entscheidender Bedeutung ist. Ohne Stromversorgungsdesigns, welche auf diese spezifischen Sensoren ausgelegt sind, können die Vorteile der Echtzeit-Konfigurierbarkeit der digitalen Fabrik nicht ausgeschöpft werden.

## Edge und zentrale Intelligenz – das Gehirn

Da die digitale Fabrik eine höhere Funktionalität und Intelligenz der Module in der Peripherie erfordert, müssen auch mehr Berechnungen und Analysen im peripheren Modul stattfinden, um verstärkt lokale Entscheidungen zu ermöglichen. Um eine solche Edge-Autonomie zu ermöglichen, sind lokale spezialisierte Recheneinheiten für künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen (ML), stromsparende Beschleuniger für die Datenverarbeitung, mehr Speicher und Verarbeitungsleistung des lokalen

Controllers erforderlich. Die Sensorfusion ist eine weitere Form der Edge-Intelligenz, bei der Daten von mehreren verschiedenen Sensortypen gleichzeitig kombiniert werden können – so erhält man eine genauere Messung, die mit einzelnen Sensoren nicht möglich wäre. Mit neuen hochpräzisen ADCs mit hoher Bandbreite kann ein einziges Sensor-Frontend zur Auswertung mehrerer Sensorelemente verwendet werden, was Platz und Strom spart. Die KI-Mikrokontrollertechnologie ermöglicht die Ausführung neuronaler Netze bei extrem niedrigem Stromverbrauch, während physikalische Interfaces (PHY) mit niedrigem Stromverbrauch verbesserte Diagnosefähigkeiten selbst in räumlich deutlich ausgedehnten Prozessanlagen ermöglichen, was häufig eine Erweiterung der intelligenten Fabrik ermöglicht.

## Konnektivität – das Nervensystem

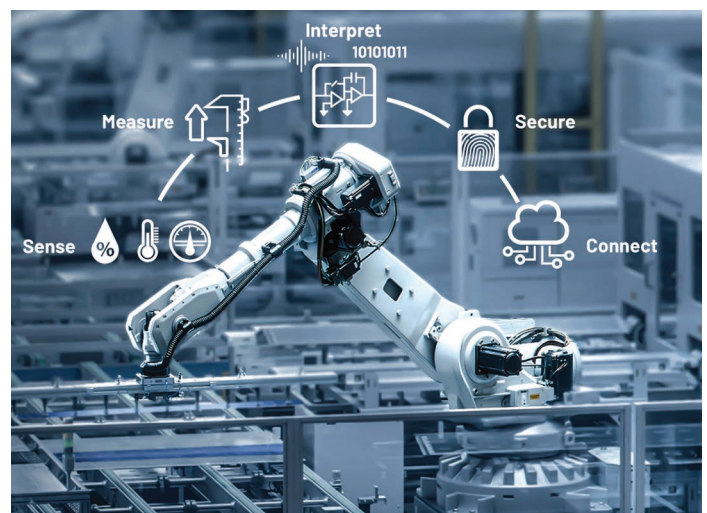
Damit Hersteller trotz dieser Autonomie der Edge Devices aus der Fülle der verfügbaren Daten wertvolle und produktivitätssteigernde Erkenntnisse gewinnen können, müssen sie in der Lage sein, diese Daten zu transportieren, zu analysieren und mit den vorhandenen Informationsströmen innerhalb der Fabrik zusammenzuführen. Dies erfordert eine robuste industrielle Konnektivitätstechnologie mit geringer Latenz, die zeitlich begrenzt ist und wenig Strom verbraucht. 10BASE-T1L ist ein Ethernet-Standard für die

physikalische Schicht (IEEE 802.3cg-2019), der die Prozessautomatisierungsbranche grundlegend verändert wird, indem er die Betriebseffizienz von Anlagen durch nahtlose Ethernet-Konnektivität zu Geräten auf Feldebene (Sensoren und Aktoren) deutlich verbessert [2].

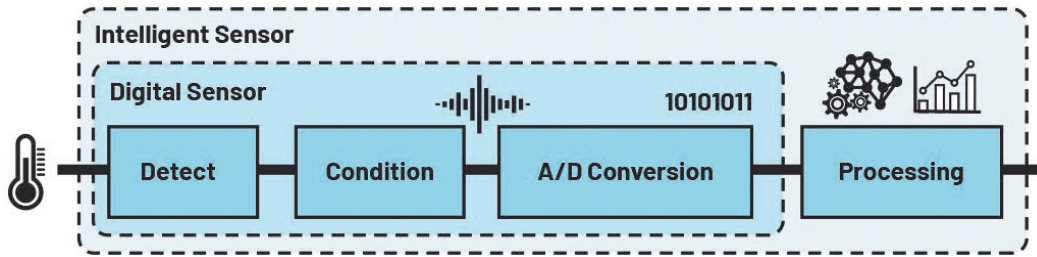
## Netzwerk der Informationstechnologie

In den heutigen Fabriken wird ein Netzwerk der Informationstechnologie (IT) auf Büro- bzw. Unternehmensebene eingesetzt. Das IT-Netzwerk befasst sich traditionell mit Dingen wie Datenspeicherung, Datenanalyse und Geschäftsanwendungen. Diese sind zwar wichtig, aber in der Regel nicht so zeitkritisch wie der Datenaustausch in der Fabrikhalle. Kontrollnetzwerk der Betriebstechnologie

Das Netzwerk, über das die Produktionslinien in der Fabrik laufen, wird als Kontrollnetzwerk der Betriebstechnologie (Operational Technology, OT) bezeichnet. Innerhalb dieses Kontrollnetzes kann es mehrere verschiedene Produktionszellen oder Maschinen geben, die oft nur begrenzt miteinander kommunizieren können. Das Konzept des konvergierten IT/OT-Netzes innerhalb der digitalen Fabrik ändert all dies. Es bietet ein einheitliches Fabriknetzwerk, in dem alle Geräte, Maschinen und Roboter miteinander verbunden sind und die gleiche Sprache sprechen. Jedes IP-adressierbare Gerät kann in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit



**Bausteine der modernen digitalen Fabrik: Wahrnehmen, Messen, Interpretieren, Sichern, Verbinden**



## Intelligente Sensoren für autonome Prozesse

kommunizieren und unabhängig von anderen Geräten im Netzwerk konfiguriert werden. Die Schlüsseltechnologien für ein solches konvergiertes digitales Fabriknetzwerk sind Industrial Ethernet, Time-Sensitive Networking (TSN), Ethernet APL (Advanced Physical Layer) und IO-Link. Da alle Geräte dieselben Schicht-2-Protokolle nutzen, ist es jetzt möglich, sowohl den IT- als auch den OT-Teil des Netzwerks mit demselben Steuerungs- und Netzwerkmanagementsystem zu steuern und dabei den zeitkritischen Verkehr des Betriebsnetzwerks zu berücksichtigen. Das schiere Volumen sowohl des zeitkritischen als auch des nicht zeitkritischen Datenverkehrs erfordert Netzwerk-Upgrades für eine höhere Bandbreite, um die latenzfreie Bereitstellung von Daten zu gewährleisten, was für die hohe Produktqualität und die betriebliche Effizienz der Fertigungsanlage entscheidend ist. Durch die Konvergenz von OT und IT sind die Möglichkeiten der Skalierbarkeit praktisch unbegrenzt.

## Cybersicherheit – Schutz für Daten

Mit der zunehmenden Vernetzung steigt auch der Bedarf an erhöhter Datensicherheit, da intelligente Fabrikumgebungen Menschen, Technologien, Prozesse und geistiges Eigentum Cyberbedrohungen aussetzen. Dies macht Funktionen wie Secure Boot, sichere Softwareupdates, sichere Übertragungsauthentifizierung und Hardware Root of Trust erforderlich. Ein grundlegender Aspekt der Sicherung eines Netzwerks ist die Authentifizierung jedes neuen Geräts, das versucht, eine Verbindung zum Netzwerk herzustellen. Dabei wird geprüft, ob das Gerät echt ist, bevor eine Netzwerktransaktion mit ihm genehmigt wird. Wie die Geräteauthentifizierung ist auch Secure Boot ein Muss, um

sicherzustellen, dass Feldgeräte nur Software ausführen, die aus einer vertrauenswürdigen Quelle stammt, wobei die digitale Signatur der Firmware mit Hilfe der Public-Key-Kryptografie überprüft wird.

## Technologielösungen

Beispiele fortschrittlicher digitaler Fabrikfunktionen:

- Mehrkanalige Sigma-Delta-ADCs mit niedriger Bandbreite wie die AD4130-Familie integrieren die gesamte analoge Frontend-Schaltung für mühelose Schnittstellen zu unterschiedlichen Sensortypen. Dies ermöglicht eine Sensorfusion mit fortschrittlicher Diagnostik zur Unterstützung der lokalen Fehlererkennung und schnellen Entscheidungsfindung.
- Der 10BASE-T1L ADIN1110 MAC-PHY mit dem branchenweit niedrigsten Stromverbrauch und der dazugehörige ADIN1100 PHY ermöglichen den Übergang zu nahtlos angeschlossenen Feldgeräten und bringen Ethernet APL über bis zu 1,7 km lange einpaarige Ethernet-Kabel an die Prozessmodule in der Peripherie.
- Im Bereich der Cybersicherheit erlauben hardware-basierte Komplettlösungen es den Kunden, Datensicherheit auf einfache Weise in ihre Produkte zu integrieren. Die DS28S60 und MAXQ1065 sind sichere integrierte Schaltkreise

mit extrem niedriger Verlustleistung, welche selbst in Designs mit äußerst geringem Stromverbrauch und äußerst begrenzten Rechenkapazitäten Kryptographie mit öffentlichen Schlüsseln ermöglichen.

- Der KI-Mikrocontroller MAX78000 ermöglicht die Ausführung neuronaler Netze bei extrem niedrigem Stromverbrauch und bietet so verwertbare Erkenntnisse aus der Edge KI.

## Flächendeckende Einführung

Branchenumfragen zufolge haben 85 % der Unternehmen in den letzten zwei bis drei Jahren die digitale Transformation in ihren Produktionsstätten beschleunigt [3]. Die vollständige Umsetzung der digitalen Fabrik ist jedoch noch nicht die Norm. Das Global Lighthouse Network führender Hersteller des Weltwirtschaftsforums zeigt, wie Digitalisierungsstrategien und digital durchdrungene Abläufe Vorteile bringen, die über Produktivitätssteigerungen hinausgehen und eine Grundlage für nachhaltiges, profitables Wachstum schaffen. Diese Hersteller verdienen an Produktivitätssteigerungen, indem sie durch den Einsatz innovativer Technologien Kapazitäten freisetzen. Diese Technologien optimieren die Effizienz und führen wiederum zu Vorteilen

für die Umwelt. Es ergibt sich also ein doppelter Nutzen: höhere Produktivität und mehr Nachhaltigkeit – also Ökoeffizienz.

## Fazit

Machen Sie die digitale Fabrik zur Realität! Während die digitale Transformation sich weiter beschleunigt, stehen Fabriken vor Chancen und Herausforderungen. Neue Technologien sind der Schlüssel zu mehr Effizienz, aber die Implementierung dieser Technologien kann komplex sein und erfordert eine durchdachte Umsetzung. Die Zusammenarbeit mit Partnern, die über fundiertes Fachwissen verfügen, ist von entscheidender Bedeutung, um Abläufe zu verbessern und diese Effizienzgewinne auszuschnöpfen. Diese Zusammenarbeit ist das Herzstück der robustesten und anpassungsfähigsten digitalen Fabriken der Zukunft.

## Wer schreibt:

Tracey Johnson ist Senior Marketing Manager bei Analog Devices, wo sie ein Digital Go to Market Team leitet, das für den Markt für industrielle Automatisierung zuständig ist.

Margaret Naughton ist Marketing Engineer bei Analog Devices, wo sie als Mitglied des Digital Go to Market Teams für den Markt für industrielle Automatisierung verantwortlich ist.

## Referenzen

- [1] „Industrial Sector Energy Consumption.“ U.S. Energy Information Administration, 2016
- [2] Maurice O'Brien und Volker Goller. „Enabling Seamless Ethernet to the Field with 10BASE-T1L Connectivity.“ Analog Devices, Inc.
- [3] Janet Foutty. „How Digital Transformation – and A Challenging Environment – Are Building Agility and Resilience.“ Deloitte Insights, April 2021 ◀



IT/OT-Konvergenz in der digitalen Fabrik