

Cloud und Edge-Computing finden den Weg in die Produktion



Die industrielle Produktion steht vor einem Umbruch. Was früher undenkbar war, ist heute seit einiger Zeit schon Realität: Verschiedenste Maschinen tauschen sich selbsttätig untereinander aus, Anlagen optimieren ihre Leistung autark und Produktionsdaten werden sekundlich generiert und ausgewertet. Dahinter stehen Technologien wie das Industrielle Internet der Dinge (IIoT), Cloud Computing und Edge Computing, die gemeinsam ein Fundament für die Smart Factory bilden. Unternehmen können so selbst komplexeste Produktionsprozesse grundlegend überarbeiten und schnell auf veränderte Anforderungen des Marktes reagieren.



Autor:
Sören Rose
Geschäftsführer
inray Industriesoftware GmbH
www.inray.de

Datenströme sinnvoll nutzen

Wer heute durch moderne Produktionshallen geht, trifft immer auch auf eine riesige Datenflut. Maschinen, Sensoren und Anlagen produzieren rund um die Uhr Unmengen von Informationen über Betriebszustände, Produktionsparameter und Prozessverläufe. Die große Frage lautet: Wie lassen sich diese umfassenden Datenströme sinnvoll nutzen und in verwertbare Informationen umwandeln? Herkömmliche Produktionsumgebungen mit separaten Systemen und manuellen Steuerungsprozessen kommen hier schnell an ihre Grenzen. Die vierte industrielle Revolution will jedoch genau das ändern: durch die Integration cyber-physischer Systeme soll die Produktivität und damit die Wettbewerbsfähigkeit gestärkt werden.

Edge Computing: Intelligenz dort, wo sie gebraucht wird

Das Prinzip ist einfach: Anstatt alle Daten zur Verarbeitung an weit entfernte Cloud-Server zu schicken, wird die Rechenleistung direkt dorthin verlagert, wo die Daten entstehen. Edge Computing setzt auf dezentrale Datenverarbeitung in unmittelbarer Nähe der Datenquelle. Das bringt handfeste Vorteile mit sich, besonders wenn Echtzeitdatenanalyse gefragt ist.

Der wohl größte Pluspunkt sind die deutlich kürzeren Reaktionszeiten. Wenn Daten direkt auf der Feldebene (OT) verarbeitet werden,

entfallen lange Übertragungswege (Bild 1). Das macht oft den Unterschied zwischen einer Reaktionszeit von wenigen Millisekunden und mehreren Sekunden aus und das kann in zeitkritischen Anwendungen im Gesundheitswesen, Einzelhandel oder natürlich auch der Industrie 4.0 entscheidend sein.

Entlastung der Netzwerkinfrastruktur

Dazu kommt noch die Entlastung der Netzwerkinfrastruktur. In der Produktion entstehen täglich riesige Datenmengen. Würde man all diese Rohdaten an zentrale Cloud-Rechenzentren übertragen, wäre das nicht nur aufwändig, sondern auch teuer. Edge-Systeme arbeiten meist mit kleineren Geräten und geringerer Speicherkapazität, weil der Großteil der Berechnungen lokal stattfindet. Das senkt die Betriebskosten spürbar. Gleichzeitig werden die Netzwerkdienste entlastet und die Datenübertragungskosten in der Cloud reduziert.

Datenschutz

Beim überaus wichtigen Thema Datenschutz punktet Edge Computing ebenfalls. Sensible oder personenbezogene Daten können vor Ort vorverarbeitet und anonymisiert werden, bevor dann nur noch die wichtigsten Ergebnisse an übergeordnete Systeme weitergeleitet werden. Das minimiert das Risiko von Datenverlusten oder Sicherheitsverletzungen und macht die Einhaltung von Datenschutzrichtlinien wie der DSGVO einfacher. Gerade in kritischen Infrastrukturen lassen sich so spezifische Datenschutz- und Sicherheitsanforderungen besser erfüllen.

Erhöhte Ausfallsicherheit

Ein weiterer Vorteil ist die erhöhte Ausfallsicherheit. Selbst wenn einmal

die Netzwerkverbindung abbricht, laufen die lokalen Prozesse auf Edge-Ebene weiter und halten wichtige Funktionen aufrecht. Dies beinhaltet insbesondere die Übernahme von lokalen Steuerungsaufgaben und die Ausführung kritischer Workflows, die somit nicht von einer stabilen Internetverbindung abhängig sind. Das ist besonders wertvoll in Bereichen mit schlechter Netzabdeckung oder bei kritischen Anwendungen. Um Datenverluste bei temporären Verbindungsproblemen zu vermeiden, kommt zudem häufig ein Store & Forward Mechanismus zum Einsatz, der Daten lokal speichert und automatisch weiterleitet, sobald die Verbindung wiederhergestellt ist.

Unterschiedliche Edge-Systeme

Edge-Systeme lassen sich auf verschiedensten Hardware-Plattformen betreiben. Es gibt hier Lösungen von Windows-Rechnern bis hin zu Linux-basierten Edge-Geräten. Die Rechenleistung und der Speicher sind dabei auf verschiedene Knoten nahe der Datenquelle verteilt. Das können Edge Router, Edge Gateways oder Edge Server sein. Immer wichtiger werden auch On-Device Edge-Lösungen, bei denen die Edge-Einheit direkt in Geräten wie Fahrzeugen oder Sensoren eingebaut ist.

Cloud-Anbindung

Die Anbindung von Produktionssystemen an die Cloud kann über ein durchdachtes Drei-Stufen-System funktionieren. Den Grundbaustein bilden Edge Nodes – das sind lokale Anwendungen, die als Bindeglied zwischen Ihren Maschinen, Geräten, Datenbanken und der Cloud fungieren. Sie übertragen Produktionsdaten von verschiedenen Standorten in die Cloud-Umgebung, wo



Bild 1: Die Verarbeitung der Daten erfolgt an der Edge.

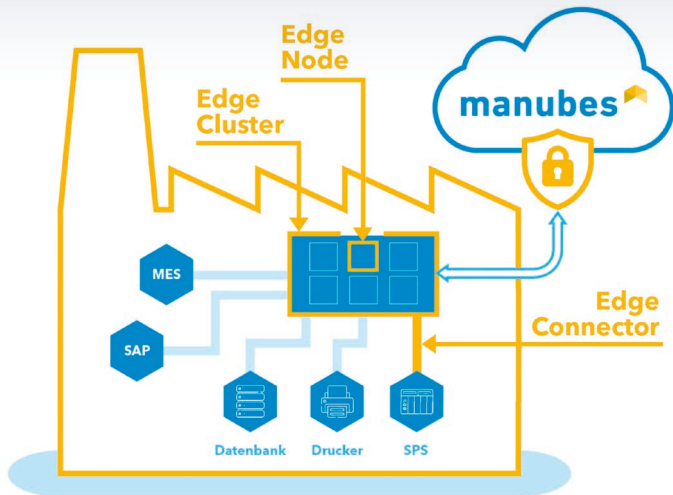


Bild 2: Beispiel einer Produktionsanbindung mit der Software manubes

diese strukturiert, gespeichert, visualisiert und in automatischen Workflows weiterverarbeitet werden können.

Edge Cluster

Mehrere Edge Nodes werden in einem Edge Cluster zusammengefasst, was einen entscheidenden Vorteil bringt: Fällt eine Edge Node aus, kann ihr Workload automatisch von einer anderen Node im Cluster übernommen werden, ohne dass die Datenübertragung beeinträchtigt wird. Diese Cluster-Struktur sorgt nicht nur für Ausfallsicherheit, sondern auch für Lastverteilung und ermöglicht eine standortbasierte Strukturierung der Datenquellen.

Edge Connectoren

Die eigentliche Systemanbindung übernehmen Edge Connectoren. Sie verbinden Maschinen, Geräte und Datenbanken mit einem Edge Cluster und stellen sicher, dass Produktionsdaten aus verschiedensten Quellen sicher in die Cloud transportiert werden. Jedes System bekommt dabei

seinen eigenen Edge Connector. Das Gute daran: Die Konfiguration ist in wenigen Schritten und ohne spezielles Fachwissen möglich.

Cloud Computing: Das zentrale Nervensystem

Während Edge Computing für schnelle Reaktionen vor Ort sorgt, übernimmt Cloud Computing die Rolle des zentralen Nervensystems (Bild 2 und 3). Es nutzt entfernte Server zur Speicherung und Verarbeitung von Daten und bietet praktisch unbegrenzte Skalierbarkeit. Das macht es ideal für Anwendungen, bei denen mehrere entfernte Standorte gleichzeitig auf Daten zugreifen müssen.

Die Cloud-Umgebung kann große Datenmengen aus verschiedenen Quellen speichern und verwalten, und zwar in strukturierten Datenmodellen. Sie stellt die nötige Infrastruktur für umfassende Datenanalysen bereit, die weit über die lokalen Möglichkeiten von Edge-Geräten hinausgehen. Bei wachsenden Anforderungen lässt sich die

Hardware einfach anpassen, sogar während des laufenden Betriebs. Das ist wichtig, um die verschiedenen Daten aus IoT-Lösungen zu sammeln, zusammenzuführen und für tiefgehende Analysen aufzubereiten.

Installation und Pflege

Dabei entfällt für Unternehmen die Notwendigkeit aufwändiger Hardwareinstallationen und fortlaufender Softwareupdates vor Ort (On-Premise), da diese Aufgaben vom Cloud-Anbieter übernommen werden. Nutzer profitieren zudem von der Möglichkeit des Zugriffs von praktisch überall auf der Welt auf die Cloud-Plattform. Ein weiterer praktischer Vorteil ist die Minimierung von Ausfallzeiten durch Wartungsarbeiten, da professionelle Cloud-Infrastrukturen auf hohe Verfügbarkeit ausgelegt sind und Hardware während des Betriebs anpassbar ist. Cloud-Lösungen bieten standardmäßig oft auch professionelles Staging (z. B. für Test-, UAT- und Produktionssysteme) sowie eine integrierte Backup-Funktionalität, wodurch aufwändige lokale Backup-Problematiken eliminiert werden. Obwohl die Sicherheit eine kontinuierliche Anforderung bleibt, kann die zentrale Verwaltung in der Cloud dazu beitragen, bestimmte lokale Sicherheitsvorfälle zu vermeiden, indem

robuste Sicherheitsmechanismen standardmäßig bereitgestellt werden.

Die Cloud als leistungsstarke Plattform

Die Cloud ist also viel mehr als nur der digitale Speicherplatz. Sie fungiert als leistungsstarke Plattform für die Integration und Analyse von Produktionsdaten. Hier können Daten aus verschiedenen IoT-Lösungen zusammenlaufen und durch starke Analysewerkzeuge in konkrete Handlungsempfehlungen umgewandelt werden. Das unterstützt die Entwicklung und Bereitstellung digitaler Services über Unternehmensgrenzen hinweg und ermöglicht völlig neue Geschäftsmodelle.

Die Edge-Cloud-Vernetzung

Zwei Welten arbeiten zusammen: In der modernen Produktion muss man sich nun aber nicht zwischen Edge und Cloud entscheiden, denn beide Technologien arbeiten in einer hybriden Vernetzung optimal zusammen (Bild 4). Diese Edge-Cloud-Verbindung schafft eine flexible Architektur, bei der Rechenleistung und Speicher intelligent zwischen dem Entstehungsort der Daten (Edge) und zentralen Rechenzentren (Cloud) aufgeteilt werden.

Diese Kombination nutzt die Stärken beider Ansätze: die Geschwindigkeit und lokale Kontrolle des Edge



Bild 4: Vernetzung von Edge und Cloud über die Middleware-Lösung OPC Router

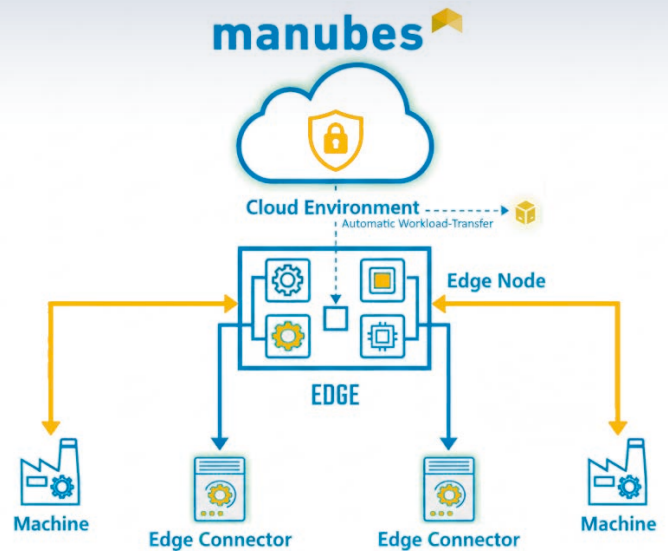


Bild 3: Cloudplattform für das Produktionsmanagement (mit Edge-Anbindung)



Bild 5: Beispiele für Anwendungen von Edge-Cloud-Vernetzung in der Praxis



Bild 6: Netzwerksegmentierung: Das OT-Netzwerk wird durch eine Firewall vom IT-Netzwerk getrennt.

Computing plus die Skalierbarkeit, Speicherkapazität und starken Analysewerkzeuge der Cloud. Ein praktisches Beispiel: Messdaten werden nah am Entstehungsort auf Edge Devices verarbeitet und als Steuerungssignal direkt in den Prozess zurückgeführt. Dadurch wird der Datentransfer zur Cloud reduziert oder ganz vermieden. Für komplexere, nicht-zeitkritische Analysen oder die langfristige Datenspeicherung gehen die vorverarbeiteten Daten dann aber in die Cloud.

Lokale Anwendungen (Edge Nodes) fungieren dabei als Bindeglied zwischen Maschinen, Geräten, Datenbanken und der Cloud. Sie übertragen Produktionsdaten von verschiedenen Standorten in die Cloud-Umgebung, wo sie strukturiert, gespeichert, visualisiert und in automatischen Workflows weiterverarbeitet werden. Edge Cluster, die mehrere Edge Nodes zusammenfassen, sorgen für effiziente und ausfallsichere Datenverbindungen. Fällt eine Edge Node aus, übernimmt automatisch eine andere Node im Cluster den Prozess, ohne dass die Datenübertragung unterbrochen wird.

Konkrete Anwendungen in der Praxis

Eine Edge-Cloud-Vernetzung hat sich in verschiedenen Bereichen der industriellen Produktion bewährt (Bild 5):

- **Produktionsprozessoptimierung** profitiert enorm von der kontinuierlichen Maschinendatenerfassung. Die Maschinenleistung wird besser, Ausfallzeiten werden seltener und Wartungsarbeiten können gezielter geplant werden. Durch das Erkennen von Mustern und das Beseitigen von Ineffizienzen lassen sich Produktionskosten dauerhaft senken.

- **Vorausschauende Instandhaltung** (Predictive Maintenance) hat sich als einer der größten Erfolgsgaranten erwiesen. Durch das Sammeln und Analysieren von Daten über den Maschinenzustand können Probleme oft schon Wochen im Voraus erkannt und behoben werden, bevor teure Ausfälle entstehen. Das steigert die Anlagenverfügbarkeit erheblich.
- **Qualitätsmanagement** wird durch Edge-Analytics und KI-Modelle revolutioniert. Diese können die Produktionsqualität sehr genau vorhersagen oder Bearbeitungsparameter in Echtzeit optimieren, was zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Produktqualität führt.
- **Ressourceneffizienz** wird durch intelligente Energiemanagementsysteme gefördert. Sie überwachen und steuern den Energieverbrauch in Echtzeit, vermeiden Lastspitzen und reduzieren den CO₂-Fußabdruck. Edge Computing kann dabei den Verbrauch fossiler Primärenergie von IT-Architekturen deutlich senken.

Sicherheit von Anfang an mitdenken

Die Vernetzung von Maschinen und Systemen bringt neue Risiken mit sich, die von Anfang an berücksichtigt werden müssen. Eine durchdachte Architektur, die Edge- und Cloud-Komponenten nutzt, kann die Datensicherheit und -souveränität deutlich stärken.

- **Netzwerksegmentierung** (Bild 6) sorgt für klare Trennung zwischen verschiedenen Netzwerkbereichen. Oft kommen Firewalls zum Einsatz oder das Produktionsnetzwerk wird segmentiert, um nur die wirklich notwendigen Kommunikationspfade für die Maschinendatenerfassung freizugeben.

- **Zertifikate** werden von vielen standardisierten Kommunikationsprotokollen verwendet, um sicherzustellen, dass nur autorisierte und geprüfte Geräte miteinander kommunizieren können. Das stellt eine zusätzliche Sicherheitsebene dar.
- **Zugriffskontrolle** beschränkt den Zugriff auf sensible Daten und muss sowohl auf IT- als auch auf OT-Ebene abgesichert werden. Diese Systeme überwachen genau, welche Personen oder Anwendungen auf bestimmte Daten zugreifen dürfen.

Von Daten zu verwertbaren Informationen

Die sinnvolle Nutzung von Maschinendaten ist ein Eckpfeiler der industriellen Automatisierung und Industrie 4.0. Sobald Maschinendaten verfügbar sind, können sie im Unternehmen zur Prozessoptimierung und Wertschöpfung eingesetzt werden (Bild 7).

Eine Middleware ist meist der beste Weg, um Daten gesammelt für Anwendungen bereitzustellen. Sie dockt an die Feldebene an, kümmert sich um die Vorverarbeitung der Daten und macht sie für Anwendungen wie ERP, MES und Steuerungssysteme (PLCs) nutzbar. Diese Vorverarbeitung ist extrem wichtig, weil sie diese Daten erst für die IT-Ebene anwendbar macht. Nur so werden Daten aus der OT in der IT nutzbar und können gespeichert, für Produktionsprozesse genutzt und visualisiert werden.

Bewährte Lösungen setzen auf industrielle Standardschnittstellen wie OPC UA, das mittlerweile führende Protokoll für herstellerunabhängige Kommunikation. Dazu kommen IoT-Standardprotokolle wie MQTT und REST für die API-Kommunikation. Auch die Anbindung wichtiger Datenbanktypen wie Microsoft SQL Server und MySQL ist für eine umfassende Datenintegration unverzichtbar.

Vorteile zusammengefasst

Moderne Plattformen erlauben es, komplexe Automatisierungsprozesse per Drag-and-Drop zu erstellen. KI-basierte Analysefunktionen verwandeln Rohdaten in konkrete Handlungsempfehlungen. Ein KI-gestützter Chat-Assistent kann beispielsweise sekundenschnell strukturierte Informationen zu Aufträgen, Störungen oder Ressourcen liefern. Mobile Zugriffsmöglichkeiten sorgen dafür, dass wichtige Informationen jederzeit und von überall verfügbar sind.

Herausforderungen meistern, Chancen nutzen

Bei der Umsetzung von Cloud- und Edge-Technologien in der Produktion gibt es noch einige Hürden zu überwinden. Das Management heterogener Edge-Geräte kann komplex werden. Standards für die Portabilität und Interoperabilität von Daten und Komponenten sind nicht überall vorhanden. Qualifizierte Fachkräfte sind gefragt, aber nicht immer verfügbar. Auch die Integration in bestehende IT-Systeme und Prozesse braucht oft sorgfältige Planung.

Trotzdem überwiegen die Vorteile bei weitem. Diese Technologien optimieren nicht nur bestehende Prozesse, sondern eröffnen auch völlig neue Möglichkeiten für innovative Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Unternehmen, die heute diese Technologien strategisch einsetzen, können ihre globale Wettbewerbsfähigkeit stärken und langfristig erfolgreich bleiben. Wichtig ist dabei, alle relevanten Stakeholder früh einzubeziehen und eine fundierte Machbarkeitsanalyse durchzuführen.

Die Transformation der industriellen Produktion durch Cloud- und Edge-Computing ist keine Zukunftsvision mehr, denn sie passiert jetzt. Wer die Weichen heute für die digitale Vernetzung richtig stellt, kann morgen von effizienten Prozessen und smarter Produktion profitieren. ◀



Bild 7: Die Rohdaten durchlaufen einen definierten Workflow, der daraus verwertbare Informationen generiert.