

► KI-AOI macht auch komplexe Qualitätskontrollen effizient möglich, wie z.B. die Kontrolle von UV-Schutzlacken.

Moderne Qualitätssicherung mit Automatischer Optischer Inspektion (AOI)

Mit KI, ohne Programmierkenntnisse

Die moderne Fertigung steht unter enormem Druck. Qualitätsanforderungen steigen rapide, Fachkräfte sind Mangelware und die Konkurrenz schläft nie. Entsprechend hoch ist der Bedarf an effizienter, intelligenter und skalierbarer Qualitätskontrolle.

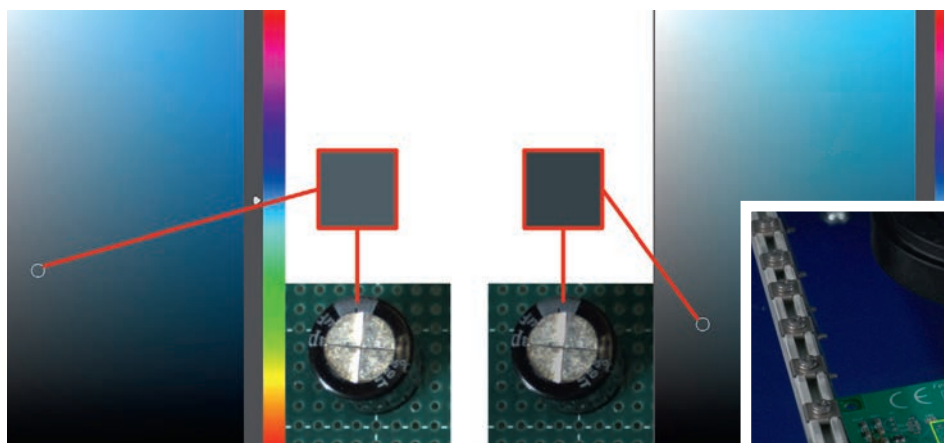
In weiten Teilen der Produktion findet Qualitätskontrolle immer noch händisch statt. Arbeiter nehmen jedes gefertigte Bauteil in die Hand und überprüfen nach strengen Richtlinien dessen Korrektheit. Die Fallstricke dieser Methode sind offensichtlich: Personal muss für jedes Bauteil eingelernt werden, und mit fortschreitender Arbeitszeit und Müdigkeit schleichen sich immer mehr Fehler ein. Die Antwort darauf liefern klassische Prüfsysteme, die diesen Prozess automatisieren: Die Bauteile werden auf Pixelebene mit einem Idealteil verglichen, und wenn die Übereinstimmung groß genug ist, gilt das Bauteil als in Ordnung. Dieser Ansatz lässt sich durch aufwändigere Verfahren ergänzen, beispielsweise indem Bauteile in 3D gescannt und mit CAD-Dateien abgeglichen werden. Auch dieses System ist jedoch nicht ohne Tücken. Schon geringfügig veränderte Produktionsumgebungen oder Lichtverhältnisse, insbesondere bei Anwendungen ohne Einhausung, also ohne abschirmendes Gehäuse gegen Fremdlicht, können das untersuchte Bauteil auf Pixelebene völlig anders erscheinen lassen. Außerdem ist zu beachten, dass klassische Prüfsysteme keine unproblematischen Abweichungen kennen: Sobald ein Schwellwert überschritten wird, gilt das Bauteil als fehlerhaft, selbst wenn die Abweichung eigentlich unbedeutend ist. Durch solche Pseudofehler landen einwandfreie Bauteile schnell im Ausschuss, was Mehrarbeit verursacht und die Stückkosten in die Höhe treibt.

Künstliche Intelligenz als Antwort

Ein ideales System müsste beides verbinden: das Urteilsvermögen eines Menschen mit der Geschwindigkeit und Ausdauer einer Maschine. Genau hier kommt künstliche Intelligenz ins Spiel. Mit ihr lässt sich die Software eines Prüfsystems so gestalten, dass sie Merkmale systematisch erkennt, auf Ambiguitäten reagiert und sie korrekt einordnet. Viele Unternehmen, vom Mittelständler bis hin zum Global Player, setzen deshalb immer mehr auf KI-gestützte Qualitätskontrolle. Ein KI-gestütztes AOI-System lernt, die Merkmale verschiedener Bauteile auf einer übergeordneten Ebene zu erkennen. Das macht solche Systeme weitaus resistenter gegenüber veränderten Produktionsumgebungen oder anderen Störfaktoren. Solche KI-gestützten Prüfsysteme sind vielseitig einsetzbar: von der Kontrolle von THT- und SMT-Bestückungen über Lötstellen- und Oberflächenprüfung bis hin zur Inspektion von Kabeln und Lacken.

Zwei Hürden in der Praxis

In der Praxis stehen diesem vielversprechenden Ansatz jedoch zwei Hürden im Weg. Die erste ist das Knowhow: Künstliche Intelligenz gilt als Spezialdisziplin, und wer ein Modell aufsetzen will, ist auf rares, oft externes Fachpersonal angewiesen. Das macht Projekte teuer und schafft Abhängigkeiten. Die zweite Hürde sind die Daten. Ein KI-Modell lernt aus Bildern, je nach Aufgabe nicht nur von einwandfreien, sondern auch von fehlerhaften Bauteilen. Solche Aufnahmen zu erzeugen kostet Zeit, und an manche kommt man nur schwer heran: Fehlerhafte Teile fallen in einer gut beherrschten Fertigung naturgemäß nur selten an. Beide Hürden lassen sich heute jedoch deutlich entschärfen. Gegen das Knowhow-Problem helfen moderne Soft-



► Auch wenn mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen, haben die beiden Kondensatoren unterschiedliche Farbwerte. Bei einem klassischen AOI-System kann diese Abweichung zu Fehlern führen.



► Einzelteile einer Platine werden in einem AOI-System automatisch überprüft.

wareansätze nach dem No-Code-Prinzip: Das Erstellen der Daten und das Trainieren der Modelle erfordert keinerlei Programmierung, sondern läuft über eine Bedienoberfläche, die auch für Laien verständlich ist. So entstehen Prüfprogramme und KI-Modelle nicht in einer spezialisierten oder externen IT, sondern dort, wo das Prozesswissen sitzt: bei den Meistern und Vorarbeitern, die Fertigung und Fehlerquellen am besten kennen. Die nötigen Kompetenzen lassen sich in wenigen Tagen erlernen, und die Abhängigkeit von raren Fachkräften entfällt. Auch das Datenproblem ist beherrschbar. Moderne Systeme greifen im Hintergrund auf vortrainierte Modelle zurück, sodass für eine neue Prüfaufgabe oft schon wenige Dutzend Bilder genügen. Hinzu kommt, dass nicht jeder Ansatz überhaupt Fehlerbilder benötigt: Bestimmte Modelltypen lernen allein aus Aufnahmen von Gutteilen und erkennen Abweichungen, ohne dass je ein Fehler gezeigt werden musste. Vor dem Training werden die Bilder gelabelt, sprich mit Zusatzinformationen versehen, etwa der Polung eines Kondensators oder dem Wert eines Widerstands. So lernt die KI das, was auf den Bildern zu sehen ist, mit diesen Informationen zu verknüpfen. Die effektive Datenmenge lässt sich zusätzlich über Augmentationen erhöhen. Dabei werden Trainingsbilder dupliziert und gezielt abgewandelt, z.B. durch eine Aufhellung des Bildes. So entstehen aus wenigen Aufnahmen viele Trainingsbeispiele, ohne dass zusätzliche Teile fotografiert werden müssen.

Chancen und Herausforderungen

Jede Prüfung unterliegt demselben Zielkonflikt, und auch KI hebt ihn nicht auf: Ein zu empfindliches System produziert Pseudofehler und schickt einwandfreie Teile in den Ausschuss, ein zu nachsichtiges System lässt echte Fehler durchrutschen. In modernen AOI-Systemen sind Empfindlichkeit und Ähnlichkeitsschwellen pro Prüfprogramm anpassbar. Zudem muss die Entscheidung nicht allein der Maschine überlassen bleiben: Optional bezieht das System bei einem erkannten Fehler den Werker ein, der dann entscheidet, ob ein echter oder ein Pseudofehler vorliegt. Diese Rückfrage lässt sich je nach Anforderung zu- oder abschalten. Schwieriger zu beantworten ist die Frage, wie sich nachweisen lässt, dass ein KI-gestütztes System zuverlässig prüft. Das bekannte Black-Box-Problem künstlicher Intelligenz ist branchenweit nicht abschließend gelöst. Der Aufbau der Prüfung kann hier jedoch entscheidend helfen. Da das System nicht ein einzelnes Gesamturteil fällt, sondern definierte

Einzelaspekte schrittweise abprüft, sequenziell oder parallel, lässt sich ein Fehler einem konkreten Prüfschritt zuordnen, etwa 'Kondensator an Position X nicht erkannt', statt nur 'Bauteil fehlerhaft'. Das erhöht die Nachvollziehbarkeit erheblich. Herauszufinden, warum ein Modell innerhalb eines einzelnen Schritts so und nicht anders entscheidet, bleibt eine offene Herausforderung der gesamten Branche. Produkte ändern sich, und neue Fehlertypen werden erst im laufenden Betrieb entdeckt. Hier zahlt sich ein iterativer Aufbau aus. Ein Modell muss nicht von Beginn an perfekt sein, sondern lässt sich Schritt für Schritt weiterentwickeln: Man ergänzt neue Bilder oder passt Augmentationen an und trainiert das Modell anschließend nach. Dank des No-Code-Ansatzes pflegen dabei genau die Personen das Modell, die den Prüfprozess am besten kennen, und zwar in Stunden statt Wochen und ohne auf die IT-Abteilung oder den Hersteller warten zu müssen. So wächst die Prüfung mit der Fertigung mit, statt ihr hinterherzulaufen.

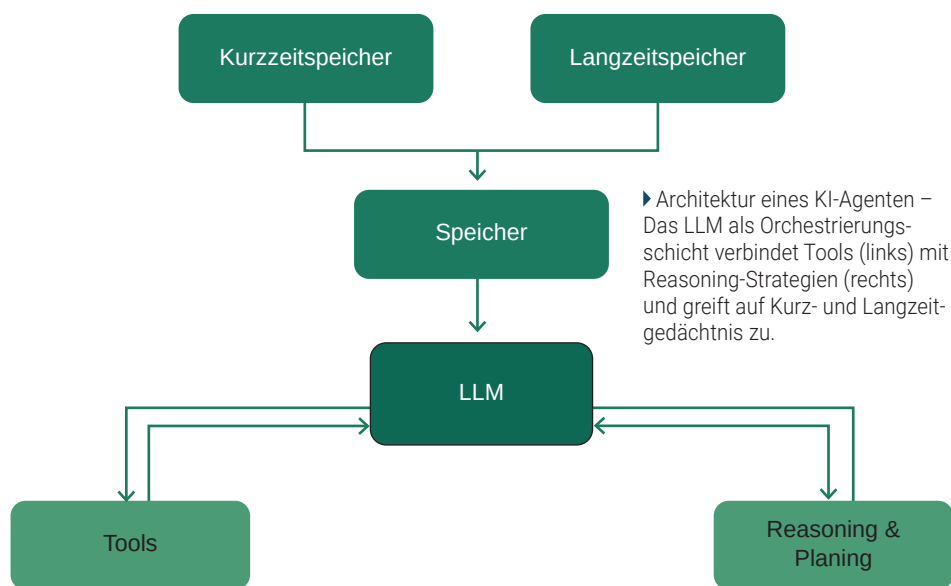
Fazit

KI-gestützte AOI ist kein Privileg der Großserie mehr. Gerade weil für viele Prüfaufgaben eine Handvoll Bilder genügt und die Prüfprogramme von den eigenen Fachkräften statt einer IT-Abteilung erstellt werden, sinkt die Einstiegshürde erheblich. Das macht die Technologie auch für mittelständische Betriebe interessant, die weder ein KI-Team noch ein Großserienbudget haben, aber denselben Anforderungen an Qualität und Termintreue gegenüberstehen wie die Großkonzerne. Was vor wenigen Jahren noch nach Großprojekt aussah, ist damit zu einem skalierbaren Werkzeug geworden. Für viele Betriebe verlagert sich die Diskussion entsprechend von der Frage, ob KI-gestützte AOI machbar ist, hin zu der, wo sie zuerst zum Einsatz kommt. n

Thomas Möller
Marketing
Vision4Quality GmbH
www.vision4quality.de

Lokale KI-Agenten als Assistenz zur SPS

Der intelligente Service-Techniker an der Maschine



LLM allein ist noch kein Agent. Der entscheidende Schritt ist die Anbindung an Tools: Wenn ein LLM aktiv Datenquellen abfragen kann – den OPC-UA-Server nach dem aktuellen Sequenzschritt befragen, einen Ringpuffer mit Messdaten auslesen, das Handbuch nach Fehlercode F0032 durchsuchen – dann entsteht ein Agent. Er kombiniert Sprachfähigkeit mit der Fähigkeit, in der realen Welt zu handeln. Das unterscheidet ihn grundlegend vom SPS-Diagnosebaustein: Ein FB_Diagnostic prüft, ob ein Messwert außerhalb eines Grenzwerts liegt. Ein Agent kann darüber hinaus das Servicehandbuch durchsuchen, den Bediener fragen, ob das zugehörige Ventil geschaltet hat, und eine Reparaturanleitung schrittweise ausgeben – alles im Kontext der aktuellen Signallage. Dabei arbeitet er als Sidecar parallel zur SPS:

Sequenzen, Interlocks und Safety-Funktionen verbleiben in der Steuerung; der Agent erzeugt Empfehlungen oder schreibt ausschließlich freigegebene Parameter in klar definierten Bereichen.

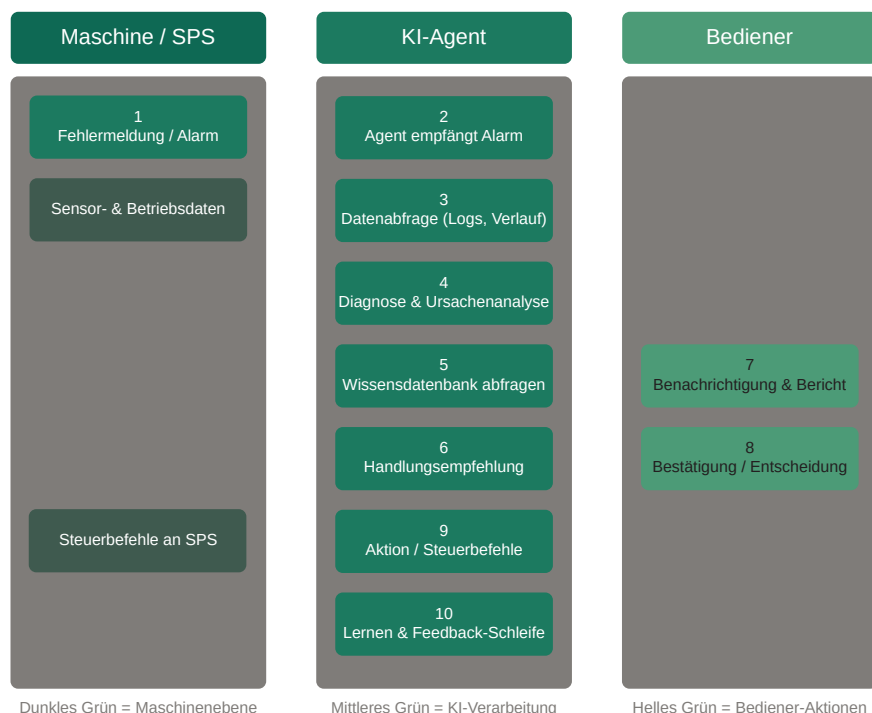
Ungeplante Stillstände sind selten ein SPS-Problem im engeren Sinne. Die Steuerung arbeitet korrekt, aber der Weg von der Störmeldung zur richtigen Maßnahme dauert: Der Bediener prüft Anzeigen und Handbuch, der Techniker fragt Zustände ab, grenzt Ursachen ein, dokumentiert. Eine Diagnosesequenz, die heute überwiegend manuell abläuft – obwohl alle benötigten Informationen längst vorhanden sind: SPS-Tags, Sensorwerte, Fehlercodes, Serviceanleitungen. Dieser Beitrag zeigt, wie ein lokaler KI-Agent diese Lücke schließt.

Datenzugriff und Engineering

Den größten Nutzen entfaltet der Agent, wenn er Prozessdaten direkt von der Maschine erhält – nicht über Umwege durch Historian-Datenbanken, sondern unmittelbar an der Quelle. Ob dies über OPC UA, MQTT, Modbus TCP oder S7comm geschieht, ist letztlich eine Frage der Integration, nicht der Architektur. Die Standard-Schnittstellen der SPS-Welt sind hinreichend etabliert; entscheidend ist vielmehr, dass der Agent Zeitstempel, Quality-Bits und eine konsistente Tag-Semantik erhält. Ein lokaler Ringpuffer speichert kurze Zeitfenster hochauflösend, um Vorboten vor einem Alarm zu analysieren – etwa einen schleichenden Druckabfall in den Sekunden vor dem eigentlichen Fehler. Für wartbare Agenten hat sich bewährt, Workflows mit einer Engineering-Plattform wie ForestHub zu modellieren, anstatt Einzelsoftware von Hand zu entwickeln: Asset definieren, Wissensquellen einbinden (Handbücher, Schaltpläne, Fehlerlisten), Diagnose-Workflow konfigurieren, im Shadow-Mode validieren und dann assisted Funktionen freischalten. Versionierung und Rollback sind dabei essenziell für den industriellen Einsatz.

Praxisablauf: Human-in-the-Loop

Ein konkreter Servicefall verdeutlicht den Ablauf: Die Anlage meldet eine Störung, die der Bediener nicht unmittelbar zuordnen kann.



► Vom Alarm zur Lösung – Der Diagnose- und Reparaturprozess im Zusammenspiel von Maschine/SPS, KI-Agent und Bediener.

Der Agent liest Alarmcode, Betriebszustand und Messwerte aus der SPS und bewertet parallel zusätzliche Sensorsignale – etwa eine Stromaufnahme von 3,1A statt der üblichen 2,3A bei diesem Sequenzschritt. Anschließend stellt er gezielte Rückfragen, die aus der Dokumentation abgeleitet sind: Hat das zugehörige Ventil geschaltet? War eine bestimmte Betriebsart aktiv? Der Bediener wird so zum Human-in-the-Loop: Er liefert Kontextinformationen, die der Agent aus Signalen allein nicht ableiten kann, und gibt kritische Entscheidungen frei. Im nächsten Schritt empfiehlt der Agent einen sicheren Testlauf – in der SPS hinterlegt und deterministisch ausgeführt. Er bewertet die Ergebnisse gegen Referenzmuster und liefert eine technisch begründete Hypothese: Der Temperaturanstieg korreliert mit dem Lastzustand, die Kennlinie weicht um zwölf Prozent von der Referenz ab, Dokumentstelle 4.3.2 nennt eine verschlissene Dichtung als wahrscheinliche Ursache. Daraufhin führt er den Bediener Schritt für Schritt durch die Reparatur. Entscheidend dabei: Der Agent wird mit der Zeit besser. Jeder dokumentierte Fall fließt in seine lokale Wissensbasis zurück; erfolgreiche Diagnosepfade werden priorisiert, Fehlschläge gelernt.

Hardware-Anforderungen

Eine häufige Frage betrifft die benötigte Hardware: Eine klassische Kompaktsteuerung mit wenigen Megabyte RAM reicht für

einen solchen Agenten nicht aus. Als Minimum eignen sich Plattformen – z.B. Cortex-A-Prozessoren mit 2 bis 4GB RAM und 8 bis 32GB Storage für Dokumente und Modelle. Komfortabler arbeitet ein kompakter Industrie-PC mit 8GB RAM, der auch bei umfangreicheren Dokumentenbasen Reserven bietet. Eine dedizierte GPU wird hingegen nicht benötigt: Quantisierte Modelle und optimierte Runtimes laufen performant auf CPU. Die SPS bleibt dabei unangetastet; der Agent läuft als Sidecar auf separater Edge-Hardware im Maschinenetz.

Fazit

Die Entwicklung von klassischen ML-Modellen über Deep Learning zu LLM-basierten Agenten mit Tool-Anbindung ermöglicht erstmals eine Assistenz an der Maschine, die über reine Mustererkennung hinausgeht: Ein lokaler Agent versteht Dokumentation, korreliert Live-Signale mit vorhandenem Wissen, führt durch Diagnose und Reparatur – und wird mit jedem gelösten Fall besser. Die SPS bleibt das deterministische Fundament; der Agent ergänzt sie als intelligente Assistenzschicht, vollständig lokal und offlinefähig auf Standard-Edge-Hardware. n

Marcus Rüb
CEO
ForestHub GmbH
www.foresthub.ai



30. Fakuma

Internationale Fachmesse
für Kunststoffverarbeitung

12.–16. Okt. 2026

Montag-Freitag

Friedrichshafen

Preisverleihung des Innovations-Awards
am ersten Messetag

AUSSTELLER-FORUM
SCHALL

START UP AREA

Sichern Sie jetzt Ihr kostenfreies Ticket:

Registrierungsseite:
www.schall-registrierung.de
Ticket-Code: FZRNT-RTXHN

- Spritzgießtechnik
- Thermo- und Umformtechnik
- Extrusionstechnik
- Additiv-Manufacturing / 3D-Drucktechnik
- Werkzeuge, Werkstoffe, Prozesstechnik und Dienstleistungen

fakuma-messe.de

#fakuma2026

Veranstalter:

P. E. SCHALL GmbH & Co. KG

+49 (0) 7025 9206-0

fakuma@schall-messen.de



► Die Industrial-Metaverse-Plattform Metys bildet die zentrale Integrations- und Kollaborationsumgebung für KI-gestützte Entwicklung und Produktion.

Metaverse-Plattform als Kollaborationsumgebung

Die Fabrik im digitalen Raum

Mit der Plattform Metys und einem integrierten AI-Factory-Ansatz will die Edag Group künstliche Intelligenz und Industrial Metaverse praxisnah in Entwicklung und Produktion bringen. Ziel ist eine durchgängige digitale Arbeitsumgebung, in der Daten, Modelle und Prozesse zusammengeführt werden – um Digital Twins, Robotik und industrielle Anwendungen schneller und wirtschaftlicher umzusetzen.

Mit ihrer Industrial-Metaverse-Plattform Metys und dem integrierten AI-Factory-Ansatz bietet die Edag Group eine strukturierte industrielle Umgebung, in der Daten, Prozesse und Men-

schen, ergänzt durch AI-Modelle, systematisch zusammenwirken – eingebettet in die bestehenden IT- und Systemlandschaften ihrer Kunden. Die langjährige Expertise in der Produkt- und Produktionsentwicklung ermöglicht einen ganz-

heitlichen Ansatz, mit dem sich das Unternehmen als digitaler Integrator positioniert, der technologische Innovation ganzheitlich von der Idee bis zur Umsetzung in Entwicklung und Produktion nutzbar macht.



Ziel ist es, Industrieunternehmen einen skalierbaren und praxisnahen Zugang zu KI zu eröffnen und sie dabei zu unterstützen, Effizienz- und Kostendruck insbesondere in Automotive, Defence und Maschinenbau entgegenzuwirken sowie den notwendigen Transformationsprozess erfolgreich zu gestalten. Unter anderem auf Basis von Nvidia AI-Infrastruktur und der Integration von Omniverse Bibliotheken und dem Open-Source-Robotik-Simulationsframework Isaac Sim entstehen in Metys leistungsfähige Digital-Twin- und Physical-AI-Anwendungen für Robotik und industrielle Prozesse.

Mit der Kombination aus Edag Engineering-Kompetenz und Nvidia-Techno-

logien adressiert das Unternehmen gezielt typische Hürden an Schnittstellen zwischen Entwicklung, IT und Produktion. Viele Unternehmen scheitern bei der Einführung von AI-gestützten Lösungen nicht an fehlenden Ideen, sondern an fragmentierten Daten, inkompatiblen Tools sowie an fehlenden interdisziplinären, strukturierten Ansätzen und Prozessen. Genau hier setzt Edag an: Mit einer durchgängigen digitalen Arbeitsumgebung wird der industrielle Wertschöpfungsprozess in einem gemeinsamen Kontext zusammengeführt. Das schafft Transparenz, beschleunigt Entscheidungen und erhöht die Umsetzungssicherheit komplexer Industrieprojekte.

Strukturierter Einstieg statt AI-Experiment

Einen Einstieg zur Ermittlung des unternehmensspezifischen Reifegrads bietet Edag bestehenden und potenziellen Kunden anhand eines AI-Readiness-Checks. Dabei wird zunächst der digitale Reifegrad entlang des gesamten Produktentstehungsprozesses analysiert: von Datenverfügbarkeit und Organisation bis zur IT-Landschaft. Darauf aufbauend entwickelt die Firma eine klare Umsetzungs-Roadmap mit priorisierten Use Cases und Wirtschaftlichkeitsbewertung. Referenzarchitekturen und Best-Practices fließen direkt in den AI-Readiness-Check und die Umsetzungs-Roadmaps ein, so dass Kunden frühzeitig erkennen, welche Komponenten – von Hardware über Software bis zu Prozessen – bestmöglich zu ihrem Zielbild passen.

Als zentrale Integrations- und Kollaborationsumgebung mit AI-Funktionalitäten verknüpft die Industrial-Metaverse-Plattform Entwicklungsdaten, 3D-Modelle und Projektinformationen und macht komplexe Zusammenhänge für den Menschen visuell verständlich. Die Plattform ist modular aufgebaut und flexibel betreibbar: On-Premise, oder in einer (Sovereign-)Cloud. Bestehende Systeme wie CAD, PLM, ERP oder IoT-Lösungen werden dabei intelligent angebunden. Die Plattform lässt sich je nach Bedarf als lizenzierte SaaS-/PaaS-Lösung in die eigene Systemlandschaft einbinden oder im Zuge von Edag-Ent-

wicklungsprojekten nutzen. Gerade im Projektgeschäft beschleunigt sie Entscheidungsprozesse deutlich, indem Entwicklungsstände, Alternativen und Risiken frühzeitig transparent bewertet werden können.

Von virtuellen Modellen zur realen Wirkung

Mit dem Ansatz der Physical AI überträgt Edag AI-Elemente aus der virtuellen Welt schließlich in die reale Produktion – etwa in der Automatisierung und Robotik. Digitale Zwillinge von Produkten und Fabriken ermöglichen es, Prozesse und Anlagen zunächst virtuell zu entwickeln und zu testen, bevor sie physisch umgesetzt werden. Der Mehrwert liegt im sicheren Sim-to-Real-Transfer: Virtuelle Modelle werden mit jahrzehntelanger Engineering-Erfahrung kombiniert, sodass Lösungen auch unter realen physikalischen Bedingungen funktionieren. Der Einsatz von Physical AI in der Robotik und Reinforcement Learning eröffnet neue Möglichkeiten der Automatisierung, die bislang weder prozesssicher noch wirtschaftlich realisierbar waren. In neuen Smart Factories (Greenfield) lassen sich so Markteinführungszeiten deutlich verkürzen und die Anlageneffizienz spürbar steigern; auch in bestehenden Werken (Brownfield) sind deutliche Effizienzgewinne umsetzbar.

Edag begleitet mit dem systematischen Aufbau eines Ökosystems aus AI-Factory-Ansatz, Industrial Metaverse und Physical AI Industrieunternehmen langfristig durch ihre digitale Transformation. Das Unternehmen senkt so die Einstiegshürde in industrielle AI-Anwendungen, verkürzt Iterationen in Entwicklung und Produktion und macht den Weg ins Industrial Metaverse pragmatisch und skalierbar. Aktuelle Projekte zeigen: Der Ansatz findet Akzeptanz im Markt und bildet die Grundlage für nachhaltige Kundenbeziehungen und wachsende Projektvolumina. n



Bild: TeDo Verlag GmbH (KI-generiert)

► KI automatisiert ERP-basierte Geschäftsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Auftragsprüfung über die Materialdisposition bis zur Kapazitätsplanung – und entlastet Mitarbeiter von zeitintensiven Routinen.

*Wie Unternehmen die Lücke zwischen
KI-Versprechen und Praxis schließen können*

KI braucht Struktur

Vom Auftragseingang bis zur Fertigung durchlaufen Bestellungen zahlreiche ERP-Schritte – Datenerfassung, Materialprüfung, Kapazitätsplanung. Zeitintensive Routinen mit hohem Automatisierungspotenzial durch KI. Doch zwischen Vision und Praxis liegt im Mittelstand oft eine deutliche Lücke. Asseco Solutions zeigt, welche Hürden KI-Projekte bremsen und wie sie sich wirtschaftlich tragfähig umsetzen lassen.

Die derzeitige Welt- und Wirtschaftslage setzt Unternehmen unter Zugzwang, effizienter, produktiver und damit wirtschaftlicher zu werden. Insbesondere im deutschsprachigen Fertigungssektor wird die Wettbewerbsfähigkeit von verschiedenen Faktoren geschmälert: Im Vergleich zur globalen Konkurrenz sind Kosten häufig deutlich höher und Prozesse oft nach wie vor von einem hohen Grad an manuellen Arbeitsschritten geprägt. Schließlich erschwert eine unzureichende Digitalisierung die Fähigkeit, schnell auf neue Bedingungen in der globalen Wirtschaft reagieren zu können. So droht das Risiko, gegenüber der Konkurrenz ins Hintertreffen zu geraten. Eine Ausgangslage, die der Fachkräftemangel weiter verschärft: Personalkapazitäten lassen sich nicht beliebig aufstocken, gleichzeitig fehlt vielen Unternehmen Erfahrung im Bereich Organisationsveränderung.

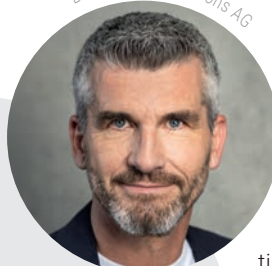
Die 'Wunderwaffe KI' scheint in diesen Zeiten wie gerufen zu kommen. Ihr Einsatz stellt eine hochgradig automatisierte Verarbeitung der gesamten vorbereitenden und nachgelagerten

Prozesskette rund um die eigentliche Fertigung in Aussicht: vom Auftragseingang bis zu Lieferung und Service. So ist KI etwa in der Lage, eingehende Kundenbestellungen unmittelbar weiterzuverarbeiten und automatisch die Verfügbarkeit des benötigten Materials am Lager zu prüfen. Fällt diese Prüfung positiv aus, wird der Auftrag unmittelbar in die Fertigung gegeben. Ist das Material nicht in ausreichender Menge vorhanden, ermittelt das System, ob sich der Bestand im Hinblick auf die Wiederbeschaffungszeit rechtzeitig aufstocken lässt. Anschließend bestätigt die KI dem Kunden den korrekten Liefertermin. Die Anwender selbst werden nur noch dann involviert, wenn das System auf Fragen oder Probleme stößt.

Der steinige Weg zum KI-Ziel

Trotz dieses hohen Potenzials zeigt der Blick in die Praxis: Der vielbeschworene Produktivitäts-Booster ist bislang ausgeblieben. Der gestellte Anspruch an KI-Projekte trifft in der Praxis oft schlicht noch immer auf zu viele Hindernisse – wirtschaftlicher,

Bild: Asseco Solutions AG



Ohne sauberes Prozessfundament bleibt KI ein Versprechen – mit klar modellierten Abläufen wird sie zum Produktivitätshebel.

Ralf Bachthaler
Asseco Solutions



organisatorischer und technischer Natur. „Die erste Hürde für eine wertschöpfende KI-Nutzung wartet meist schon auf finanzieller Seite“, betont Ralf Bachthaler, Mitglied des Vorstands von Asseco Solutions. „Denn der Aufwand, den Unternehmen leisten müssen, um KI in Eigenregie für sich nutzbar zu machen, ist beträchtlich. Wir haben dies selbst im Rahmen unseres eigenen KI-Pilotprojekts gesehen. Um Use Cases effektiv zu identifizieren und die entsprechende Technologie zu implementieren und tatsächlich in der Praxis nutzbar zu machen, brauchte es bei uns ein dediziertes Key-User-Team von 45 Personen, die sechs Monate lang jeweils durchschnittlich drei Stunden pro Woche an dieser Initiative arbeiteten. Kosten wie diese müssen von einem mittelständischen Fertiger erst einmal gestemmt werden, ganz zu schweigen vom Zeitaufwand, der im Tagesgeschäft Platz finden muss.“

Eine weitere Herausforderung findet sich auf technischer Ebene. Nach wie vor ist ein Großteil der Prozesse in der Praxis von manuellen Abläufen geprägt. Eine aktuelle Bitkom-Studie zeigt, dass 72 Prozent der deutschen Unternehmen über keine zentrale Strategie zur digitalen Transformation verfügen. „Vielmehr hören wir, wie digital Prozesse heute schon sind“, berichtet Bachthaler. „Bei genauerem Blick zeigt sich jedoch, dass in der Praxis die menschlichen Arbeitsschritte lediglich im Softwaresystem statt auf Papier umgesetzt sind. Dokumente werden nun in einer digitalen Akte abgelegt, Freigabeprozesse für kaufmännische Vorgänge oder die Anlage von Artikeldaten sind nun systemgestützt abgebildet. Die Arbeit bleibt jedoch dieselbe, es wird nichts gesteuert oder automatisiert.“

Insbesondere ein zentrales, bereichsübergreifendes digitales Fundament wäre jedoch eine zentrale Grundvoraussetzung für die KI, Unternehmensabläufe in korrekter Weise erlernen zu können, denn: „Die KI kann sich zwar den Quellcode der genutzten IT-Lösungen ansehen und diesen interpretieren, doch wie genau damit in der Praxis gearbeitet wird, bleibt ihr verschlossen. Entsprechend kann sie daraus auch in den allermeisten Fällen keine Optimierungen oder Unterstützung ableiten“, erläutert Bachthaler.

In drei Schritten zur KI-Automatisierung

Damit KI mit den tatsächlichen Unternehmensprozessen arbeiten und diese vorantreiben kann, müssen Standardprozesse digital im System und in einem maschinenlesbaren Format vorliegen. Die dahinterstehende Geschäftslogik muss im Prozess abgebildet sein. Dazu sind digitale Prozessabbildungen in Form des Business Process Model and Notation (BPMN) das Mittel der Wahl, denn sie sind für die KI interpretierbar. Weil ein Großteil der Prozesse in der Praxis jedoch weiterhin manuell über die

Schnittstelle Mensch abläuft, muss ein solches Prozessfundament meistens erst geschaffen werden. Ralf Bachthaler empfiehlt, hier möglichst einfach und pragmatisch vorzugehen: „Die Logik der menschlichen Arbeit lässt sich in vielen Fällen mithilfe eines Regelwerks in BPMN-Prozesse übertragen. Der Vorgang kann also auch systemgestützt ablaufen.“

Sobald Prozesse digital verfügbar sind, gilt es, Regeln für die Punkte im Prozessablauf zu definieren, an denen Entscheidungen erforderlich sind. Im Anschluss können erste Abläufe schon auf Basis dieses Regelwerks automatisiert werden – und damit für erste Produktivitätsfortschritte sorgen.

Als dritten und letzten Schritt lassen sich KI-Agenten aufsetzen, die innerhalb dieser Prozesse im Alltag unterstützen. Die vordefinierten digitalen Prozessschienen halten die KI dabei in der Spur und stellen sicher, dass die richtigen Prozessschritte in genau der richtigen Reihenfolge bearbeitet werden. Zudem erhält die KI so das Wissen, an welcher Stelle beispielsweise welche Daten unbedingt vorliegen müssen, um den Prozess vorantreiben zu können.

Auf Standard-Software setzen

KI bietet ein sehr hohes Effizienzpotenzial, das der Mittelstand schon heute für sich erschließen kann – wenn Wege bestehen, Erwartung und Realität zusammenzubringen. Die zentrale Grundlage für die Schaffung von Mehrwerten durch KI besteht in der Kombination aus einer systematischen digitalen Abbildung der Prozesse sowie darauf aufsetzender KI-Dienste. Zudem müssen die Organisation selbst und das Mindset mitwachsen.

Damit KI-Projekte die Unternehmen nicht finanziell und zeitlich überfordern, empfiehlt es sich, auf Standardlösungen zur Unterstützung zu setzen. Mit deren Hilfe lassen sich schnell Ergebnisse erzielen, ohne hohen Forschungs- oder Entwicklungsaufwand. Die Asseco-Lösung APplus etwa bietet native Funktionen, Geschäftsprozesse digital abzubilden und damit für die KI verständlich zu machen – ungeachtet des Beschleunigungspotenzials, das eine prozessorientierte Arbeitsweise generell für den Alltag bietet. „Auch wenn es schön wäre: Automatisierungsprojekte durch KI lassen sich nicht mit einem Fingerschnippen realisieren“, resümiert Ralf Bachthaler abschließend. „Es bedarf einer durchdachten Planung und Vorbereitung, damit sich das Potenzial der KI erschließen lässt. Dann jedoch kann die intelligente Technologie tatsächlich zum entscheidenden Effizienzmotor unserer heutigen Zeit werden.“

Asseco Solutions AG
www.applus-erp.de

Leuchtturmfabriken bringen KI-Anwendungen in die reale Produktion

KI verlässt das Labor



► Als einen 'Leuchtturm für NRW' bezeichnet Ministerin Mona Neubaur das It's OWL Projekt Datenfabrik.NRW. Zusammen mit (von links): Dr. Arno Kühn (Leiter Strategie, FuE, erweiterte Geschäftsleitung It's OWL), Jan-Hendrik Mohr (CEO Claas) und Dr. Günter Schweitzer (COO Schmitz Cargobull) nahm sie an der Abschlussveranstaltung des Projekts teil.

dungsfälle umgesetzt, die intern weiter skaliert werden. Für It's OWL liegt der Kern des Projekts im Transfer: KI-Anwendungen funktionieren nicht nur in zwei Leuchtturmfabriken, sondern sind so strukturiert, dass sie von anderen Unternehmen übernommen werden können.

Cargobull denkt Produktionsplanung neu

Im westfälischen Vreden wird sichtbar, wie konsequent digitale Technologien und KI die industrielle Praxis verändern. Schmitz Cargobull investiert dort über 50 Millionen Euro in den Ausbau der Produktionskapazitäten für Kühlaufleger und Kofferrfahrzeuge – begleitet von einem umfassenden digitalen Innovationschub. Im Rahmen der Datenfabrik.NRW hat das Unternehmen seine Fabrikplanung grundlegend neu aufgesetzt. Virtuelle Planung, KI-gestützte Analysen und intelligente Arbeitsplatzgestaltung greifen dabei ineinander. Kern ist ein digitales Fabrikmodell als 'Single Source of Truth', das eine durchgängige Planung über verschiedene Tools hinweg ermöglicht. Ergänzend werden 3D-Punktwolken aus Scans KI-gestützt verarbeitet und direkt in bestehende Systeme integriert.

Auch die Arbeitsplatzgestaltung wurde digitalisiert: Statt physischer Cardboard-Workshops erfolgen Layout-Validierungen virtuell – schneller, kollaborativer und mit geringerer Fehlerquote. Intuitive Planungstools und Motion-Mining-Technologien zur Analyse von Bewegungsdaten helfen zusätzlich, bestehende Arbeitsplätze systematisch zu optimieren. „Die Ergebnisse zeigen, wie digitale Technologien industrielle Wertschöpfung praxisnah und skalierbar transformieren“,

Fachkräftemangel, steigende Qualitätsanforderungen und Effizienzdruck prägen die industrielle Produktion. Das It's OWL-Projekt Datenfabrik.NRW hat vier Jahre lang daran gearbeitet, datengetriebene Lösungen und künstliche Intelligenz aus der Pilotphase in den realen Betrieb zu überführen. In den Leuchtturmfabriken von Claas und Schmitz Cargobull entstanden 51 konkrete Anwendungen – von der digitalen Schichtplanung über Assistenzsysteme bis zur KI-gestützten Qualitätssicherung.

Der Spitzencluster It's OWL setzte das Projekt gemeinsam mit Claas, Schmitz Cargobull, NTT Data Business Solutions, Duvenbeck, MotionMiners sowie den Fraunhofer-Instituten IEM, IML, IOSB-INA und IAIS um. Mit einem Gesamtvolumen von 14,5 Millionen Euro – davon 9,2 Millionen Euro Landesförderung – zählt die Datenfabrik.NRW zu den größten Initiativen für angewandte KI in Deutschland. NRW-Wirtschaftsministerin Mona Neubaur bezeichnet das Projekt als Leuchtturm für den Industriestandort: KI komme dort zum Einsatz, wo Wertschöpfung entstehe – in den Fabriken. Digitalisierung stärke den Mittelstand, erhöhe Wettbe-

werbsfähigkeit und mache Arbeit planbarer und sicherer.

Industrie unter Druck: KI rückt in den Alltag

Auch die Industriepartner ziehen eine positive Bilanz. Für Schmitz Cargobull setzt das Projekt Maßstäbe in der datengetriebenen Produktionsplanung und -steuerung. Die entwickelten Lösungen dienen als Blaupause für weitere Smart-Factory-Initiativen im Unternehmen. Claas betont den konkreten Nutzen: KI-gestützte Prognosen ermöglichen vorausschauende Wartung, senken Ausfallzeiten und vernetzen Produktion und Logistik effizienter. Allein bei Claas wurden 30 Anwen-



► Jona Ostendorf, Industrial Engineer Schmitz Cargobull, präsentiert die im It's OWL Projekt Datenfabrik.NRW entwickelte digitale Fabrikplanung.



► Timo Westerbusch, Projektleiter Data-Driven-Manufacturing bei Claas, stellt das im Projekt entwickelte Werkerassistenzsystem vor.

sagt Lukas Ptock, Projektleiter der Datenfabrik.NRW bei Schmitz Cargobull.

Claas setzt auf digitale Assistenz in der Montage

Die Mähdrescherproduktion bei Claas in Harsewinkel ist durch hohe Varianz bei geringen Stückzahlen geprägt. Mitarbeiter mussten komplexe Varianten bislang auf Papierlisten nachvollziehen, technische Änderungen wurden manuell eingepflegt – zeitaufwendig und fehleranfällig, insbesondere für neue Kollegen. Im Projekt Datenfabrik.NRW entstand daher ein skalierbares Werkerassistenzsystem. Zunächst digitalisierte es die Auftragsreihenfolge, inzwischen stellt es automatisch zusätzliche Informationen wie Produktaudit-Daten, 3D-Modelle, technische Änderungen und Montagehinweise bereit.

Über eine IIoT-Anbindung ist das System direkt mit der Fabrik vernetzt. Fahrerlose Transportsysteme melden Aufträge automatisch zurück, Mitarbeiter erhalten am Arbeitsplatz stets die passenden Informationen. Änderungen werden visuell und akustisch signalisiert, wodurch Fehlerquoten sinken. „Wir orientieren uns an den 6R der Logistik: die richtigen Informationen, zur richtigen Zeit, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität, am richtigen Ort

und mit dem richtigen Aufwand – ohne zu überfrachten“, erklärt Timo Westerbusch, Projektleiter Data-Driven-Manufacturing bei Claas.

Das System ist inzwischen an 120 Arbeitsplätzen im Einsatz, der internationale Roll-out folgt. Parallel testet Claas einen KI-basierten Chatbot, der Montageinformationen künftig bedarfsgerecht bereitstellen soll. Entscheidend bleibt dabei die Datenqualität: Nur verlässliche Informationen sichern langfristig Akzeptanz in der Produktion.

Das Fazit: KI darf kein Pilot bleiben

Die Datenfabrik hat gezeigt, dass KI-Anwendungen nicht im Versuch steckenbleiben müssen, sondern auch zur Umsetzung kommen können. 51 Use Cases in realen Fabriken und ein klares Vorgehensmodell für den Transfer machen aus einzelnen Projekten wiederkehrende Lösungen, die sich zudem in andere Unternehmen übertragen lassen.

Strahlkraft über die Standorte hinaus

Auch die Kompetenzplattform hebt die Bedeutung hervor: „In der Datenfabrik.NRW kommen KI-Systeme unmittelbar in Fabrikplanung, Produktion, Logistik und

Unternehmensarchitektur zum Einsatz. Die Partner zeigen: KI ist keine Zukunftsmusik, sondern schon heute eine große Hilfe für Unternehmen. In dem Projekt sehen wir einen starken Transfer aus der Forschung in die Anwendung“, sagt Geschäftsführer Dr. Christian Temath. KI.NRW hat die Datenfabrik.NRW in ihre Flagship-Initiative aufgenommen, bei der Sichtbarmachung der Projektergebnisse unterstützt und Projektmitarbeiter mit KI-Experten aus anderen Umfeldern vernetzt. KI.NRW-Flagships sind anwendungsbezogene KI-Projekte in Einzel- und Verbundvorhaben aus unterschiedlichen Branchen.

Vom Leuchtturm in die Breite

In Zukunft sorgt It's OWL dafür, dass die entwickelten Ansätze nicht in den Pilotwerken verharren, sondern für mittelständische Betriebe in NRW und darüber hinaus nutzbar werden. Gemeinsam mit den beteiligten Partnern bringt das Technologie-Netzwerk KI vom Konzept in die Fabrikhalle. Unternehmen können dabei auf erprobte Methoden und Werkzeuge zurückgreifen, statt bei null anzufangen.

It's OWL Clustermanagement GmbH
www.its-owl.de

Red Hat und Nvidia entwickeln Agentic-AI-Plattform

CHATBOT WAR GESTERN

Bis 2029 werden die Ausgaben für Enterprise-KI voraussichtlich auf mehr als eine Billion US-Dollar steigen. Getrieben wird diese Entwicklung vor allem von Agentic AI, da Unternehmen ihre Strategien anpassen und stärker auf komplexe, agentenbasierte Workflows setzen und die sich daraus ergebenden Anforderungen hinsichtlich KI-Inferencing und Infrastruktur erfüllen müssen. Um Unternehmen dabei zu unterstützen, vereinfacht die Red Hat AI Factory with Nvidia die Verwaltung sowohl klassischer als auch moderner Infrastrukturen, die die steigenden Anforderungen des KI-Stacks erfüllen.



Bild: ©Masque/stock.adobe.com

Die Red Hat AI Factory ist eine gemeinsam mit Nvidia entwickelte Software-Plattform, die Red Hat AI Enterprise und Nvidia AI Enterprise zu einer End-to-End-KI-Lösung für Unternehmen vereint, die KI in großem Maßstab einsetzen. Die Plattform beschleunigt die Bereitstellung der neuesten KI-Entwicklungen für Unternehmenskunden und liefert Day-0-Support für Nvidias Hardware-Architekturen. Sie soll den Weg zu produktionsreifer KI verkürzen und die Software-Plattform für KI-Fabriken liefern. Diese setzen auf Hardware-beschleunigte Computing-Infrastrukturen, die eine hohe Performance für die Modelle bereitstellen und Support für leistungsstarke GPUs von Nvidia bieten, die den Inference-Stack antreiben. Die KI-Infrastrukturen verschiedener Systemhersteller wie Cisco, Dell Technologies, Lenovo und Supermicro unterstützen die Plattform. Dadurch können IT-Administratoren und IT-Betriebsteams ihre KI-Workloads mit derselben operativen Genauigkeit und Vorhersagbar-

keit wie jeden anderen Enterprise-Workload skalieren und verwalten.

Die gemeinsam entwickelte Software-Plattform vereint die Open-Source-Expertise von Red Hat und Nvidia in den Bereichen Kollaboration, Entwicklung und Support. Für Unternehmen stellt sie eine vertrauenswürdige, Enterprise-taugliche Lösung mit einer hochskalierbaren Basis für KI-Bereitstellungen in beliebigen Umgebungen dar – sei es On-Premises, in der Cloud oder am Edge. Sie liefert Kernfunktionen für ein leistungsstarkes KI-Inferencing, für das Tuning und die Anpassungen von Modellen sowie die Bereitstellung und Verwaltung von Agenten, und das mit einem Fokus auf Sicherheit.

Schnelle Amortisation

Unternehmen können KI schnell in den Produktivbetrieb überführen durch schlanke Workflows und den sofortigen Zugriff auf vorkonfigurierte Modelle, da-

runter die mit einer Absicherung gegen Verletzung des geistigen Eigentums von Dritten versehene Granite-Familie von IBM sowie die offenen Modelle Nemotron und Cosmos, bereitgestellt als Nvidia NIM-Microservices. Darüber hinaus können Unternehmen ihre Modelle mit Nvidia NeMo noch besser an Unternehmensdaten anpassen und so Zeit und Kosten für das Fine-Tuning reduzieren. Unternehmen können so das Maximum aus ihrer Infrastruktur herausholen und die Inference-Performance mit einem einheitlichen, leistungsstarken Stack steigern. Red Hat AI Factory with Nvidia bietet Funktionen für die Überwachung der Modelle und nutzt die Inference-Funktionen von Red Hat AI, die auf vLLM, Nvidia TensorRT-LLM und Nvidia Dynamo basieren, um strenge KI-Service-Level-Ziele zu erfüllen. Auf diese Weise können Unternehmen das Zusammenspiel aus Modellen und Nvidia-GPUs verbessern und die Total Cost of Ownership von KI senken.

Intelligente GPU-Orchestrierung

Die Plattform bietet einen On-Demand-Zugriff auf GPU-Ressourcen über eine intelligente Orchestrierung und gepoolte Infrastrukturen, sodass Compute-Kosten auch in dynamischen Umgebungen planbar bleiben. Ein automatisiertes Checkpointing schützt lange laufende Jobs.

Sichere Basis für KI-Workloads

Durch die Nutzung von Red Hat Enterprise Linux als flexibler und stabiler Basis erhalten Unternehmen fortschrittliche Sicherheits- und Compliance-Funktionen, die fest integriert sind und dazu beitragen, Risiken zu reduzieren, Zeit zu sparen und Ausfallzeiten zu minimieren. Damit besteht eine sicherheitsoptimierte Grundlage für geschäftskritische KI-Workloads, die nach Isolierung und einer kontinuierlichen Verifizierung verlangen. Nvidia DOCA Microservices bauen darauf auf und schaffen eine Zero-Trust-Architektur, die KI zur Laufzeit über die gesamte Infrastruktur hinweg absichert. n

Red Hat GmbH
www.redhat.com

KI-gestützte Plattform beschleunigt digitale Fertigungsprozesse

Von der Idee zur Produktion

Die KI-gestützte Online-Plattform für die digitale Fertigung ProDesk kombiniert Echtzeit-Angebote und DFM-Analysen mit Funktionen für Zusammenarbeit, Bestellmanagement und Dokumentation. Sie unterstützt Produktentwicklungsteams damit von der Prototypenphase bis zur Produktion und soll Entwicklungs- und Beschaffungsprozesse beschleunigen.

Die Online-Umgebung ermöglicht KI-gestützte Echtzeit-Angebote inklusive Machbarkeitsanalyse (DFM), nahtlose teamübergreifende Zusammenarbeit sowie weitere Werkzeuge, die Prototyping- und Produktionsprojekte unterstützen und damit die Innovationsgeschwindigkeit von Produktentwicklungs- und Beschaffungsteams steigern. „Damit wir unsere Kundinnen und Kunden in jeder Projektphase – vom Prototyping bis zur Produktion – optimal unterstützen können, ist die Einführung von ProDesk als innovative Fertigungsressource entscheidend“, erklärt Suresh Krishna, Präsident und CEO von Protolabs.

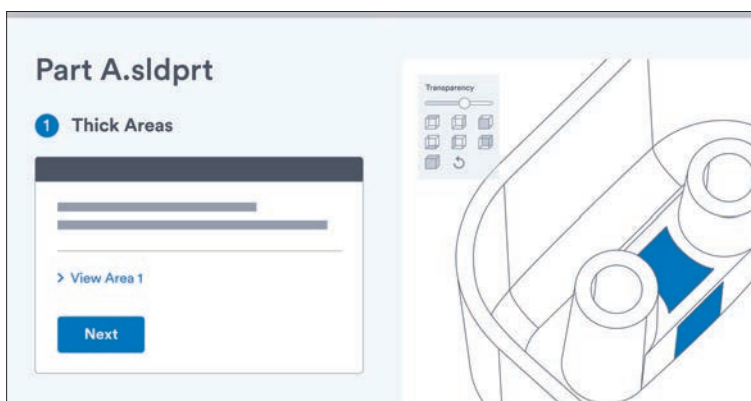
Umfassende Services und Dienstleistungen

Die Plattform bietet eine KI-gestützte DFM-Analyse für Spritzguss-, CNC-Bearbeitungs- und 3D-Druck-Dienstleistungen, um sofortiges Feedback zu Teilen zu erhalten, noch bevor diese in die Produktion gehen. Dabei umfasst die konfigurierbare Plattform auch die Möglichkeit zur Echtzeit-Angebotserstellung für Services und Dienstleistungen wie Materialoptionen, Nachbearbeitungen und Oberflächenbehandlungen. Darüber hinaus lassen sich auch Vorlaufzeiten einstellen, sodass Benutzer die Angebote je nach benötigten Durchlaufzeit und Budget anpassen können. ProDesk unterstützt den gesamten Produktentwicklungsprozess. In der Plattform können Nutzer im Produktionskatalog Bauteile auswählen, die bereits für die Fertigung freige-

geben sind. Das erleichtert die Verwaltung, Organisation und spätere Nachbestellung der Teile.

Kollaborative Plattform für mehr Effizienz

ProDesk ist mit Blick auf alle Teilaspekte des Bestellprozesses als kollaborative Plattform aufgebaut. Alle Angebote und Bestellungen lassen sich teamübergreifend teilen, um Bestellstatus und Sendungen stets nachvollziehbar verfolgen zu können. Eigene Produktionskataloge können innerhalb von Teams freigegeben werden, um die darin enthaltenen Bauteile anzuzeigen und gegebenenfalls nachzubestellen, sowie, um auf die Bestellhistorie, Dokumentation und Teiledetails zuzugreifen. Als zentrale Anlaufstelle für alle Fragen rund um Bestellungen, Dokumenten, Rechnungen sowie Qualitätsdokumentationen dient das Support-Center von ProDesk. Durch dieses wird die direkte Kommunikation mit dem erfahrenen Team aus Anwendungsingenieuren bei Protolabs hergestellt. Die bekannte Möglichkeit zur Designunterstützung sowie service-spezifische Dienstleistungen mit weiterführenden Informationen zur Machbarkeitsanalyse können hier wie gewohnt abgerufen werden. Alle genannten Funktionen vereint ProDesk in einem interaktiven Dashboard mit Echtzeit-Updates zu aktuellen Bestellungen und liefert so direkt nach dem Login die wichtigsten Informationen auf einen Blick.



Die Plattform bietet eine KI-gestützte Machbarkeitsanalyse für Spritzguss-, CNC- oder 3D-Druck-Dienstleistungen.

Protolabs Germany GmbH
www.protolabs.com/de-de

Wie FMEA mit KI zum Hebel für nachhaltiges Wirtschaften wird

Weniger Ausschuss, weniger CO₂

Nachhaltigkeit ist längst mehr als ein Imagefaktor. Steigende Energiepreise, knapper werdende Ressourcen, strengere regulatorische Vorgaben und wachsende ESG-Anforderungen erhöhen den Druck auf Industrieunternehmen, ihre Prozesse effizienter und ressourcenschonender zu gestalten. Während Betriebe häufig über energieeffiziente Maschinen oder den Einsatz erneuerbarer Energien diskutieren, bleibt ein entscheidender Hebel oft unbeachtet: die Qualität der Prozesse.

► Eine digitalisierte, KI-gestützte FMEA schafft die Grundlage, um Nachhaltigkeit, Ressourceneinsatz und Risikomanagement belastbar zu dokumentieren.



Bild: ©Luis Alvarez/Gettyimages.com

Jeder Fehler verursacht Ausschuss, Nacharbeit, zusätzlichen Materialverbrauch und unnötigen Energieeinsatz. Solche Mängel gar nicht erst entstehen zu lassen, ist deshalb nicht nur wirtschaftlich sinnvoll, sondern leistet gleichzeitig einen direkten Beitrag zur Nachhaltigkeit. Genau hier setzt die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) an. Durch den Einsatz künstlicher Intelligenz entwickelt sie sich zunehmend zu einem datengetriebenen Instrument, das Qualitätsmanagement und Nachhaltigkeit miteinander verbindet.

Qualität und Nachhaltigkeit verfolgen dasselbe Ziel

Die klassische FMEA dient dazu, potenzielle Risiken bereits in der Entwicklungs- oder Prozessplanung systematisch zu identifizieren, Risiken zu bewer-

ten und geeignete Maßnahmen abzuleiten. Ziel ist es, Abweichungen zu vermeiden, bevor sie überhaupt auftreten. Dieser präventive Ansatz wirkt sich unmittelbar auf die Nachhaltigkeit aus. Jeder vermiedene Fehler reduziert Materialeinsatz, Energieverbrauch und Transportaufwand. Niemand entsorgt unnötigen Ausschuss, produziert Bauteile erneut oder betreibt Maschinen zusätzlich. Gleichzeitig sinken Kosten, während sich die Prozessstabilität erhöht. Nachhaltigkeit setzt damit nicht erst beim fertigen Produkt oder dessen Recyclingfähigkeit an, sondern bereits bei der Art und Weise, wie Betriebe ihre Produktionsprozesse planen und absichern.

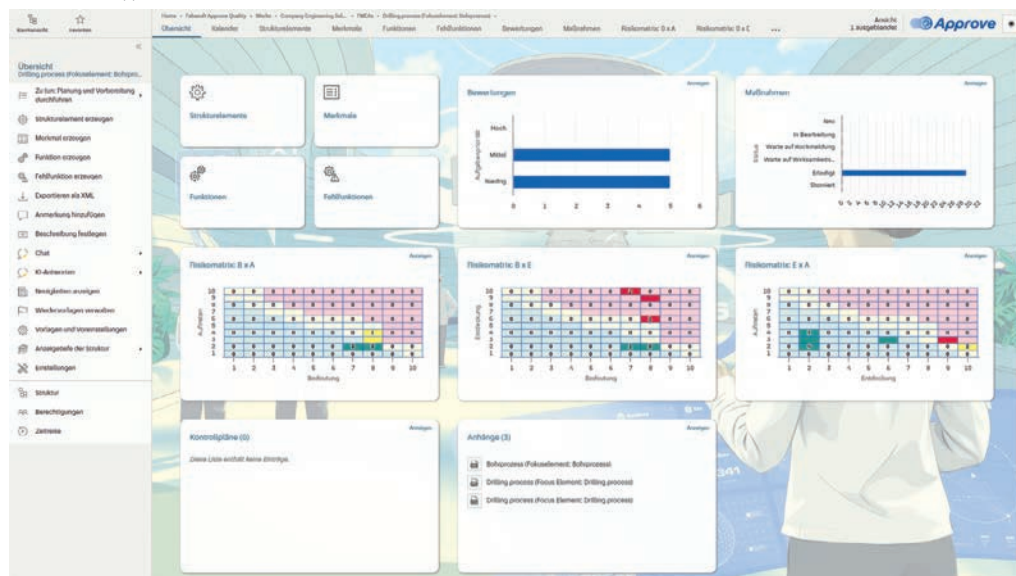
Das Risiko datenbasiert fundiert bewerten

Viele Unternehmen erstellen die FMEA jedoch noch immer weitgehend manuell.

Tabellenkalkulationen, isolierte Speziallösungen und fehlende Vernetzung erschweren den Zugriff auf vorhandenes Qualitätswissen. Die Risikobewertung basiert häufig auf Erfahrungswerten einzelner Experten. Dieses Wissen ist wertvoll, bleibt aber zwangsläufig subjektiv und lässt sich nur begrenzt auf neue Projekte übertragen. Mit der Integration künstlicher Intelligenz in moderne CAQ-Systeme verändert sich dieser Ansatz grundlegend. KI analysiert große Mengen historischer Qualitätsdaten – z.B. frühere FMEA-Projekte, Reklamationen, 8D-Berichte, Audit-Ergebnisse oder Prüfdaten – und erkennt Zusammenhänge, die manuell kaum sichtbar wären.

Dadurch identifizieren Qualitätsteams potenzielle Fehlerursachen bereits in frühen Projektphasen fundierter. Sie bewerten Risiken konsistenter und schlagen geeignete Maßnahmen auf

Bild: Fabasoft Approve GmbH



► FMEA in Fabasoft Approve

Basis realer Erfahrungswerte vor. Die FMEA entwickelt sich vom statischen Dokument zu einem kontinuierlich lernenden System.

Weniger Ressourcen durch stabile Prozesse

Der größte Nachhaltigkeitseffekt entsteht dabei nicht durch die KI selbst, sondern durch die daraus resultierende höhere Prozessqualität. Je früher Qualitätsteams Risiken erkennen, desto geringer ist der Aufwand, sie zu beseitigen. Fehler werden nicht erst während der Produktion oder gar beim Kunden entdeckt, sondern bereits in der Planung vermieden. Das reduziert Ausschuss ebenso wie Nacharbeit, Stillstände und ungeplanten Ressourceneinsatz.

Die positiven Effekte reichen dabei über einzelne Produktionsschritte hinaus: Sinkende Ausschussquoten verringern zusätzlich Transport-, Lager- und Entsorgungsaufwand, während stabile Prozesse die Auslastung von Anlagen verbessern und deren Effizienz erhöhen. Qualitätsmanagement wird damit zu einem wichtigen Baustein nachhaltiger Wertschöpfung.

Nachhaltigkeit messbar machen

Immer mehr Unternehmen müssen heute nicht nur nachhaltiger wirtschaften

ten, sondern dies auch nachweisen. ESG-Berichterstattung, Kundenanforderungen und regulatorische Vorgaben verlangen belastbare Informationen darüber, wie sie Ressourcen einsetzen und Risiken beherrschen. Eine digitalisierte, KI-gestützte FMEA schafft hierfür eine wichtige Grundlage. Qualitätsteams dokumentieren sämtliche Bewertungen, Entscheidungen und Maßnahmen revisionssicher; sie bleiben über den gesamten Produktlebenszyklus nachvollziehbar. Gleichzeitig verknüpfen Unternehmen Qualitätskennzahlen mit Nachhaltigkeitszielen.

Dadurch erkennen Verantwortliche, welche Prozessverbesserungen Ausschuss reduziert haben oder welche präventiven Maßnahmen den Material- oder Energieverbrauch nachhaltig senken konnten. Qualität und Nachhaltigkeit werden dadurch nicht länger getrennt betrachtet, sondern auf einer gemeinsamen Datenbasis bewertet.

KI unterstützt, der Mensch entscheidet

Trotz aller technologischen Möglichkeiten bleibt die Verantwortung beim Menschen. KI ersetzt weder die Erfahrung von Qualitätsmanager:innen noch das interdisziplinäre Arbeiten im FMEA-Team. Vielmehr übernimmt sie zeitaufwendige Analyseaufgaben, identifiziert Muster in umfangreichen Datenbestän-

den und stellt relevantes Erfahrungswissen genau dort bereit, wo es benötigt wird. Die endgültige Bewertung von Risiken sowie die Entscheidung über geeignete Maßnahmen treffen weiterhin die verantwortlichen Fachkräfte. Gerade diese Kombination aus menschlicher Expertise und datenbasierter Unterstützung erhöht die Qualität der Entscheidungen und sorgt gleichzeitig für mehr Konsistenz und Nachvollziehbarkeit.

Nachhaltigkeit beginnt im Qualitätsmanagement

Angesichts steigender regulatorischer Anforderungen und wachsender Erwartungen an nachhaltiges Wirtschaften verändert sich die Rolle des Qualitätsmanagements grundlegend. Es dient nicht mehr ausschließlich dazu, Fehler zu vermeiden, sondern wird zu einem zentralen Instrument, um Ressourcen effizient einzusetzen und industrielle Wertschöpfung langfristig nachhaltiger zu gestalten. Die Verbindung aus FMEA, integrierten Qualitätsmanagementsystemen und künstlicher Intelligenz eröffnet hierfür neue Möglichkeiten. Verantwortliche erkennen Risiken früher, verbessern Prozesse kontinuierlich und nutzen vorhandenes Wissen systematisch. Das reduziert nicht nur Kosten und erhöht die Produktqualität, sondern senkt zugleich Materialverbrauch, Energieeinsatz und CO₂-Emissionen.

Am Ende zeigt sich: Die nachhaltigste Ressource ist häufig nicht eine neue Technologie in der Produktion, sondern der Fehler, der gar nicht erst entsteht. Genau darin liegt das Potenzial einer KI-gestützten FMEA. n

Andreas Dangel
Geschäftsführer
Fabasoft Approve GmbH
www.fabasoft.com/approve



Um im Team gemeinsam mehr zu erreichen, unterstützt KI das vernetzte Arbeiten in Produktion, Montage und Wartung.

Von intelligenter Kollaboration profitieren Menschen und Prozesse

6 Wege, wie KI intelligente Zusammenarbeit fördert

Liefertermine wackeln, Teams arbeiten unter Dauerlast, Knowhow verschwindet in der Rente: In vielen Industrieunternehmen gehört der Ausnahmezustand zum Betriebsalltag. Gleichzeitig soll die Zusammenarbeit in Produktion, Qualitätskontrolle und Wartung immer schneller, präziser und vernetzter werden. Wie das KI-gestützt gelingen kann, zeigt der Softwarehersteller Augmentir an sechs Praxisbeispielen.

Intelligente Kollaboration in der Industrie geht über Online-Meetings oder den Zugriff auf Dokumente in der Cloud weit hinaus. Der Begriff beschreibt vielmehr das Zusammenspiel von Menschen, Prozessen und modernen Technologien. Zu letzteren zählen KI, IoT oder Automatisierung. Ziel ist es, die Wertschöpfung gleichzeitig effizienter, flexibler sowie zukunftsfähiger zu gestalten. Dazu werden mithilfe der technologischen Infrastruktur alle Beteiligten über Abteilungen, Schichten und Standorte hinweg vernetzt. KI spielt in diesem Gefüge eine zentrale Rolle. Sie analysiert Daten in Echtzeit, erkennt Muster, unterstützt Entscheidungen. Zudem überbrückt sie Kommunikationslücken und dokumentiert Erfahrungswissen. Damit wird künstliche Intelligenz zum Schlüssel für eine neue Qualität der Zusammenarbeit. Denn nicht nur die Prozesse laufen wie am Schnürchen, sondern vor allem die Menschen profitieren. Wie das in der Praxis aussieht, lässt sich an sieben Beispielen aus dem Bereich Connected Worker zeigen.

1. Besseres Miteinander durch individuelle Schulung

Wenn alle Teammitglieder genau das richtige Knowhow haben, um an ihrem Einsatzort beste Arbeit zu leisten – dann läuft die Zusammenarbeit reibungslos. Einer effektiven Aus- und Weiterbildung kommt daher eine große Bedeutung zu. Dazu muss sie

auf konkrete Bedürfnisse eingehen, anstatt nach dem Gießkannenprinzip verteilt zu werden. Hier helfen KI-gestützte Lernplattformen. Sie analysieren den aktuellen Kompetenzstand einzelner Mitarbeitender, identifizieren Qualifikationslücken und erstellen daraufhin personalisierte Lernpläne. Dazu greifen moderne Connected-Worker-Lösungen auf ein integriertes Skill Management zu, das die Ausbildung, Fähigkeiten sowie Erfahrungen der einzelnen Kräfte abbildet. So wird Wissen nicht nur gezielter vermittelt, sondern auch nachhaltiger verankert und direkt im Arbeitsfluss integriert.

2. Compliance sicher im Griff – ohne Extraaufwand

Ob gesetzliche Vorgaben, Sicherheitszertifikate oder verpflichtendes Training: In der Industrie muss jederzeit nachweisbar sein, dass Vorschriften eingehalten werden. Doch gerade bei hoher Taktung und verteilten Teams ist das manuell kaum noch zuverlässig zu leisten. KI-gestützte Systeme fangen diese Last auf. Sie automatisieren die Überwachung von Qualifikationsständen, Worker Permits sowie Compliance-Anforderungen. Sie erkennen, wenn ein Nachweis abläuft, erinnern automatisch an fällige Schulungen oder erfassen, ob Sicherheitsprotokolle eingehalten werden. Für Führungskräfte bedeutet das: weniger Papierkram, weniger Risiko, mehr Zeit für Führung und operative

Aufgaben. Gleichzeitig freuen sich auch die Mitarbeiter, wenn sie die lästigen Dokumentationspflichten los sind.

3. Informationsfluss von Hand zu Hand

Gerade in der Fertigung arbeiten Teams oft in Schichten, Aufträge laufen über mehrere Abteilungen oder Standorte. Die Gefahr: Relevante Informationen gehen bei Übergaben schnell verloren. Das führt potenziell zu Missverständnissen, unnötigen Rückfragen oder Doppelarbeiten. KI-basierte Kollaborationsplattformen schaffen hier Abhilfe. Sie stellen kontextbezogene Informationen verlässlich und in Echtzeit zur Verfügung. Für ein nahtloses Weiterarbeiten bieten die Plattformen zudem personalisierte Unterstützung an, die Wissenslücken schließt. Damit etablieren sie einen einheitlichen Kenntnisstand, selbst wenn sich die zuständigen Personen ändern – z.B. durch einen Schichtwechsel oder bei abteilungsübergreifender Zusammenarbeit.

4. Für Jedermann zugängliches Erfahrungswissen

Ein erheblicher Teil des industriellen Knowhows steckt freilich nicht in Handbüchern, sondern in den Köpfen langjähriger Mitarbeitender. Gehen die Wissensträger in Rente oder verlassen das Unternehmen, drohen wertvolle Praxiserfahrungen verloren zu gehen. Intelligente Kollaboration mit KI sorgt dafür, dass dieser Schatz erhalten bleibt und zugänglich wird. Denn generative KI-Systeme können Gespräche zwischen Mitarbeitern und einem Experten automatisch erfassen, strukturieren sowie in digitale Lernformate umwandeln – Zustimmung natürlich vorausgesetzt. Dasselbe gilt für Anleitungen am Arbeitsplatz, die per Video aufgezeichnet werden: KI erstellt daraus automatisiert Schritt-für-Schritt-Guides, Film-Tutorials oder abrufbare Wissensbausteine. So entsteht aus implizitem Wissen ein dokumentierter Bestandteil des unternehmensweiten Knowledge-Managements. Neue Mitarbeiter profitieren davon ebenso wie bereichsübergreifende Teams.

5. Plus an Arbeitsschutz und -sicherheit

In industriellen Umgebungen können menschliches Versagen und Ermüden zu ebenso kostspieligen und gefährlichen Sicherheitsvorfällen führen wie Gerätefehlfunktionen. Die reibungslose Zusammenarbeit zwischen Menschen, Systemen sowie Maschinen entscheidet im Ernstfall also sowohl über Anlagenverfügbarkeit als auch über Gesundheit. KI trägt hier dazu bei, Risiken frühzeitig zu erkennen, z.B. mithilfe der Analyse von Sensor- und Betriebsdaten. Industrielle KI-Agenten verstärken den Schutz noch weiter: Sie überwachen Sicherheitsprotokolle aktiv, erkennen Abweichungen und informieren automatisch die verantwortlichen Stellen. So entsteht ein Frühwarnsystem, das gleichermaßen menschengemachte Fehler minimiert, Ausfallzeiten reduziert sowie für ein rundum sichereres Arbeitsumfeld sorgt.

6. Mensch und Maschine als Team

Von der Max-Planck-Gesellschaft über Harvard bis Stanford: Für Experten liegt die Zukunft nicht in der reinen Automatisierung,

sondern in der Symbiose: KI ergänzt den Menschen, statt ihn zu ersetzen. Entsprechend geht auch die Deloitte-Studie Human Capital Trends 2025 davon aus, dass erfolgreiche Unternehmen „strategisch in die richtige Balance zwischen Mensch, Technologie und Organisation investieren“ müssen, um „widerstandsfähiger [zu] sein und bessere wirtschaftliche und menschliche Ergebnisse zu erzielen.“ Routine- und datengetriebene Aufgaben übernimmt dabei immer mehr die Maschine, während Men-



► Für ein reibungsloses Miteinander: KI-basierte Assistenten wie 'Augie' begleiten die tägliche Arbeit, helfen beim Erstellen von Statusberichten oder schließen Wissenslücken durch gezielte Trainings.

schen sich auf kreative Problemlösung sowie Entscheidungen konzentrieren. Etwa in der Qualitätskontrolle oder Planung: Die KI analysiert, schlägt vor, erkennt Muster – der Mensch entscheidet, bewertet, korrigiert. Das stärkt die Souveränität der Belegschaft, während gleichzeitig Tempo und Präzision steigen.

Denn je mehr sich KI um das Organisatorische, das Wiederkehrende und das Regelhafte kümmert, desto mehr Kapazitäten bleiben für strategisch wertvolle Aufgaben. Das schafft Freiräume: z.B. um Innovation sowie kontinuierliche Verbesserung voranzutreiben, den Kunden verstärkt in den Fokus zu rücken oder Mitarbeiter gezielt zu fördern. Mit digitalen Agenten bzw. Copiloten an ihrer Seite erhalten Fachkräfte und ungelernete Helfer auf ihrem jeweiligen Gebiet größeren Handlungsspielraum – etwa in der autonomen Wartung, wo sie zusätzliche Verantwortung übernehmen und ihre Kompetenzen gezielt weiterentwickeln.

Fazit: KI als Kollaborations-Katalysator

KI verändert nicht nur einzelne Prozesse – sie transformiert die Art, wie Menschen in der Industrie zusammenarbeiten. „Vom personalisierten Lernen über vorausschauende Sicherheit bis hin zur Wissenssicherung entsteht Teamwork der neuen Art“, sagt Carsten Hunfeld, Director EMEA bei Augmentir. Unternehmen, die KI intelligent integrieren, stärken zudem nicht nur ihre Effizienz, sondern auch ihre Resilienz und Innovationskraft. Hunfeld ist sich sicher: „Die Zukunft der Industrie gehört jenen, die Technologie und Teamarbeit gemeinsam denken – und genau da setzt intelligente Kollaboration an.“

Augmentir Inc.
www.augmentir.ai

Virtuelle SPS

Die Zukunft wird hybrid

Die virtuelle SPS gilt inzwischen als technisch ausgereift. Offen ist jedoch, welche Rolle sie künftig in der industriellen Automatisierung spielen wird. Wird sie die klassische Hardware-Steuerung lediglich ergänzen oder in bestimmten Anwendungen ersetzen? Besonders in Edge- und Cloudarchitekturen, bei digitalen Zwillingen und zentralisierten Automatisierungskonzepten sehen viele Anbieter großes Potenzial. Das SPS-MAGAZIN hat nachgefragt, wo die Branche die wichtigsten Einsatzfelder sieht und wann der breite Marktdurchbruch zu erwarten ist. (Teil 2 von 2)



INES STOTZ
Leitende Redakteurin

Wird die virtuelle SPS die klassische Hardware-PLC künftig ergänzen oder teilweise ersetzen?

ANDREAS HAGER, B&R: Die virtuelle SPS wird die klassische Hardware-PLC nicht ablösen, sondern sie gezielt er-

gänzen. Für hochdynamische Abläufe, deterministische Kommunikation und auch aus Safety-Gesichtspunkten bleibt die Hardware-SPS auch künftig unverzichtbar. Gleichzeitig eröffnen virtuelle SPS-Systeme neue Freiheitsgrade in Skalierbarkeit, IT-Integration und zentralem Management. Entscheidend ist jedoch immer der Anwendungsfall: Während klassische PLCs weiterhin die Maschine im Mikrosekundenbereich beherrschen, schaffen virtuelle Steuerungen zusätzliche Flexibilität für mo-

derne, softwarezentrierte Automatisierungsarchitekturen. Die Zukunft wird daher eine kooperative Koexistenz beider Welten sein. Moderne Lösungen wie unser X20 Edge verbinden Maschinensteuerung mit IT-Systemen und ermöglichen Echtzeit-Optimierung direkt an der Maschine. Mit offenen Standards wie OPC UA FX ermöglicht die SPS herstellerübergreifende Interoperabilität, während Edge-Computing und virtuelle SPS neue Freiheitsgrade in der Automatisierung schaffen.



DR. JOSEF PAPENFORT UND DANIEL KERKHOFF, BECKHOFF: Virtuelle PLCs können in Zukunft sicherlich einen Teil der Applikationen übernehmen. Beckhoff ist dafür gut gerüstet: Mit der Möglichkeit, TwinCAT sowohl in einer virtuellen Umgebung als auch innerhalb von Containern auf leistungsfähigen PCs laufen zu lassen, sind hybride Modelle realisierbar.

ROLAND WAGNER, CODESYS: Ergänzen: Ja, auf jeden Fall. Teilweise ersetzen: Ja, wo es sinnvoll ist – technisch und kommerziell. Aber nicht jede Maschine oder Anlage benötigt mehrere unabhängige Steuerungen. Wir sehen die virtuelle Steuerung neben den klassischen und den Soft-SPS als willkommene Ergänzung des Portfolios. So können Automatisierer für jede Anwendung die für sie geeignete Variante finden, gemischt einsetzen oder auch für einzelne Kunden von der einen zur anderen Variante wechseln. Das Codesys-

Laufzeitsystem ist überall das gleiche, und auch die Codesys-Projekte lassen sich problemlos auf verschiedene Plattformen herunterladen.

DANIEL SPERLICH, MITSUBISHI ELECTRIC: Sie wird die klassische Hardware-SPS in absehbarer Zeit vor allem ergänzen. In Bereichen, in denen Skalierung, Flexibilität und zentrale Verwaltung wichtiger sind als harte Echtzeit, kann sie hardwarebasierte SPS-Systeme teilweise ersetzen.

MICHAEL PLANKENSTEINER, NEURON AUTOMATION: Aus dem Safety-Bereich heraus sehen wir das ganz ähnlich wie die Kollegen aus dem Standard-SPS-Umfeld: Ergänzung, kein Ersatz, zumindest nicht in den nächsten Jahren. Wir haben das kürzlich in einer eigenen Branchenumfrage mit dem SPS-MAGAZIN abgefragt, und das Bild ist eindeutig: Die deutliche Mehrheit der Befragten erwartet eine Kombination aus hardware-

„Der Durchbruch kommt nicht schlagartig, sondern schrittweise.“

Michael Plankensteiner
Neuron Automation



und softwarebasierten Sicherheitslösungen, keinen radikalen Wechsel.

Bei uns geht es dabei nicht um Virtualisierung im klassischen Sinne einer gecontainernten SPS-Instanz, sondern um Hardware Independent Safety – also darum, eine einmal zertifizierte Si-

cherheitsfunktion auf unterschiedlicher Zielhardware einsetzen zu können, ohne für jede Variante komplett neu zu zertifizieren. Der Kunde entscheidet, wie viel Hardware und wie viel Software für seine jeweilige Anwendung sinnvoll ist. Genau diese Wahlfreiheit ist es, die wir in Gesprächen mit Kunden immer wieder als eigentlichen Bedarf hören, nicht die Technologie als Selbstzweck.

MICHAEL ROLF, PHOENIX CONTACT: Diese Entscheidung wird am Ende jeder Kunde oder jede Industrie für sich treffen müssen. Anwender, die ihre Steuerungen weiterhin in Schaltschränken verbauen wollen und in klassischem IEC-Code entwickeln, könnten dazu neigen, auf die etablierte SPS-Technik zu setzen. Gibt es bereits Computersysteme oder Serverarchitekturen in den Maschinen oder Fabrikgebäuden und werden die Vorteile der virtuellen Steuerungen erkannt, tendieren die Industrien/Kunden eher zu dieser Lösung. Auch Anwender, die bei der Planung neuer Anlagen oder Applikationen Wert auf Zukunftsfähigkeit, Flexibilität, Skalierbarkeit, Ressourceneffizienz oder einen geringen Wartungsaufwand legen, werden sich für eine virtuelle Steuerung aussprechen. Die Virtual PLCnext Control ermöglicht eine OT-/IT-Konvergenz. Wollen die Kunden ihre OT in die IT verlegen, bietet sich die Virtualisierung an. Beide Systeme werden noch eine lange Zeit Bestand

haben. Die weiteren Entwicklungen und Erfahrungen aus der Praxis werden dann zeigen, ob bald nur noch virtuelle Steuerungen im Einsatz sind.

DR. ANDRÉ KLEINE, WAGO: Die virtuelle SPS wird die klassische Hardware-PLC zwar nicht vollständig ersetzen, aber zweifelsfrei sinnvoll ergänzen. Für bestimmte Anwendungen bietet sie

lem Anlagenmanagement profitieren. Besonders dynamisch entwickeln sich Edge- und cloudbasierte Produktionsarchitekturen: Die Verlagerung der Steuerungslogik in zentrale Rechenumgebungen ermöglicht effizientere Fabriksteuerung, höhere Flexibilität und schnellere Anpassungszyklen. Gleichzeitig gewinnen neue Technologien wie die Safety-Virtualisierung an Reife und werden erste produktive Einsatzfelder erschließen. Insgesamt entsteht ein Automatisierungsumfeld, in dem virtuelle SPS-Systeme zentrale Bausteine moderner, skalierbarer und serviceorientierter Architekturen werden.

DR. JOSEF PAPENFORT UND DANIEL KERKHOFF, BECKHOFF: Anwendungen, die im Bereich von Millisekunden reagieren müssen und geringen Anspruch an Determinismus haben, könnten schon in den nächsten Jahren mit virtuellen PLCs realisiert werden. Besonders bei Applikationen, die vorbereitende Aufgaben für die Produktion übernehmen, sieht Beckhoff Chancen. Das können die Werkerführung oder die Überwachung des Materialflusses sein. Deterministisch anspruchsvollere Anwendungen, z.B. das koordinierte und synchrone Verfahren von Achsen, werden eher IPC-nah dem jeweiligen Prozess vorbehalten sein.

„Der Durchbruch hat faktisch bereits begonnen.“

Dr. André Kleine

Wago



klare Vorteile – vor allem in Hinblick auf Flexibilität und Skalierbarkeit. Dennoch bleiben Themen

wie Deterministik, geringere Verfügbarkeit/Lebensdauer und höhere Anforderungen an IT-Kenntnisse starke Argumente für den Weiterbestand klassischer Hardware-PLCs. Die Zukunft wird daher hybrid sein: die virtuelle SPS dort, wo sie Mehrwert schafft, die Hardware-PLC dort, wo sie unverzichtbar ist.

In welchen Anwendungen sehen Sie in den nächsten drei Jahren das größte Potenzial?

ANDREAS HAGER, B&R: Eines der größten Potenziale virtueller SPS-Systeme liegt in den nächsten Jahren klar in softwarezentrierten und simulationsnahen Anwendungen. Virtuelle Steuerungen ermöglichen hochgradig effiziente, virtuelle Inbetriebnahmen und modellbasierte Tests, verbessern die Nutzung vorhandener Edge-Ressourcen und unterstützen flexible, modulare Maschinenkonzepte. Einen weiteren Punkt sehe ich in Anwendungen, die stark von Skalierbarkeit, IT-Integration und zentra-

„Die Virtual PLCnext Control ermöglicht eine OT-/IT-Konvergenz.“

Michael Rolf

Phoenix Contact



„Virtuelle PLCs können künftig einen Teil der Applikationen übernehmen.“

Daniel Kerkhoff

Beckhoff



ROLAND WAGNER, CODESYS: Immer dann, wenn mehrere Steuerungen im Einsatz sind, bietet sich die Virtualisie-

„Der marktrelevante Durchbruch kann ganz plötzlich kommen.“

Roland Wagner

Codesys



rung an. Das gilt für klassische Produktionsanlagen, auf denen sich z.B. durch IT-

Server als Hardware mehrere Dutzend physische SPSen einsparen lassen. Aber auch andere Anwendungen sind möglich. Neulich sagte ein Gebäudeautomatisierer zu uns, er benötige oft bis zu vier Steuerungen für eine Installation. Die Abarbeitung seiner Applikationen auf vier unabhängigen virtuellen Steuerungen auf einem einzigen IPC würde ihm eine Menge an Installationsaufwand einsparen und auch die Gesamtkosten beträchtlich reduzieren. Die Möglichkeiten sind fast unerschöpflich. Wir sind gespannt, welche Anwendungen unsere User in den nächsten Monaten und Jahren für sich entdecken.

DANIEL SPERLICH, MITSUBISHI ELECTRIC: Anwendungen sehe ich vor allem in großen Unternehmen mit eigenen Rechenzentren oder in Private-Cloud-Umgebungen. Typische Anwendungen sind modulare Produktionslinien, digitale Zwillinge, Test-/Simulationsumgebungen, generische Standardmaschinen sowie Anlagen, die stark standardisiert und vielfach ausgerollt werden.

MICHAEL PLANKENSTEINER, NEURON AUTOMATION: Das größte kurzfristige Potenzial sehen wir bei Geräteherstellern und Maschinenbauern,

die dieselbe Sicherheitsfunktion über mehrere Hardwarevarianten hinweg einsetzen und heute für jede Variante erneut zertifizieren müssen. Das kostet Zeit und Geld, und genau diese Zielgruppe zeigt in unserer eigenen Umfrage auch die größte kurzfristige Umsetzungsbereitschaft. Ebenfalls vielversprechend sind Anwendungen mit kurzen Produktzyklen, etwa in der mobilen Robotik, wo sich Sicherheitsfunktionen künftig per Softwareupdate statt per Hardwaretausch weiterentwickeln lassen sollen. Zurückhaltender sind wir bei hochpräziser Motion-Synchronisation im Mikrosekundenbereich. Dort stößt jede Form von Virtualisierung, auch im Safety-Bereich, an physikalische Grenzen, die sich nicht allein softwareseitig lösen lassen.

RUDOLF BRAUN, PHOENIX CONTACT: Ganz klar in Datencenter-Applikationen, im Energiemarkt und im Ma-

„Großes Potenzial besteht überall dort, wo leistungsfähige Rechenleistung verfügbar ist.“

Rudolf Braun

Phoenix Contact



schinenbau. Aber auch hier muss gesagt werden: Es gibt noch viele Appli-

kationen und Felder, wo diese Technologie deutliche Vorteile bringen kann. Großes Potenzial besteht für Anwendungen, in denen hoch performante Rechenleistung zur Verfügung steht und Daten aus Maschinen, Applikationen oder Schaltanlagen gesammelt sowie für andere Anwendungen

bereitgestellt werden müssen. Hier spricht man über Edge-Computing und die Kombination mit einer Cloud und AI-Tools. Weiter eröffnet sich dort erhebliches Potenzial, wo die Steuerung von Anlagen oder Applikationen aus der IT-Ebene stattfindet, z.B. über klassische I/O-Stationen in Schaltanlagen.

DR. ANDRÉ KLEINE, WAGO: Besonders großes Potenzial sehe ich in den nächsten Jahren in zentralisierten Architekturen wie Serverfarmen sowie in komplexen Anlagen- und Prozesssteuerungen. Überall dort, wo viele Steuerungsinstanzen parallel betrieben, schnell skaliert oder flexibel angepasst werden müssen, spielt die virtuelle SPS ihre Vorteile aus. Zudem gewinnt sie auch bei Modernisierungsvorhaben, bei denen die Steuerungsebene enger mit IT- und Datenplattformen verknüpft wird, zunehmend an Bedeutung.

Ab wann erwarten Sie einen technologischen bzw. marktrelevanten Durchbruch?

ANDREAS HAGER, B&R: Technologisch hat die virtuelle SPS den Durchbruch bereits geschafft – insbesondere in Edge-nahen, simulationsbasierten und softwarezentrierten Anwendungen. Deterministische Echtzeitmechanismen und Safety-Virtualisierung entwickeln sich dynamisch weiter und werden es sicherlich innerhalb der nächsten Jahre auch zur

„Die Zukunft wird eine kooperative Koexistenz beider Welten sein.“

Andreas Hager

B&R



Marktreife schaffen. Der breite Marktdurchbruch ist aus meiner Sicht zu erwarten, sobald die letzten Hürden in Echtzeit und Safety überwunden sind und virtuelle Steuerungen in modularen Maschinenkonzepten, im Edge-Computing und in digitalisierten Engineering-Workflows flächendeckend eingesetzt werden können.

DR. JOSEF PAPENFORT UND DANIEL KERKHOFF, BECKHOFF: Einen Durchbruch wird es erst geben, wenn die Latenzen entsprechend klein sind und auch KMU einen günstigen Zugang zu virtualisierten Rechenressourcen

„Hybride Modelle sind realisierbar.“

Dr. Josef Papenfort
Beckhoff



haben, die eine deterministische Ausführung garantieren. Aktuell sehen wir diese Voraus-

setzungen hauptsächlich in größeren Unternehmen, die bereits vorhandene Rechenzentren und ihre Netzwerkinfrastruktur für vPLC-Anwendungen einsetzen wollen und können.

ROLAND WAGNER, CODESYS: Technologisch ist der Durchbruch bereits erfolgt. Erste produktive Anlagen wurden 2025 erfolgreich in Betrieb genommen. Der marktrelevante Durchbruch kann ganz plötzlich kommen. Die Bewegung am Markt ist unverkennbar. Wann sich das in Verkaufszahlen zeigt, ist schwer zu sagen.

DANIEL SPERLICH, MITSUBISHI ELECTRIC: Schwer zu prognostizieren. Da erste Produkte bereits aktiv im Pilot-einsatz sind, kann der Durchbruch schnell erfolgen – vorausgesetzt, frühe Anwen-

„Bei erfolgreicher Validierung könnte der Markt in den kommenden Jahren deutlich wachsen.“

Daniel Sperlich
Mitsubishi Electric



der erzielen nachweislichen ROI und klare Vorteile in Skalierbarkeit und Be-

trieb. Bei erfolgreicher Validierung könnte der Markt in den kommenden Jahren deutlich wachsen.

MICHAEL PLANKENSTEINER, NEURON AUTOMATION: Technologisch ist im Safety-Bereich schon heute vieles machbar. Die eigentliche Hürde liegt woanders: Unsere Umfrage zeigt sehr klar, dass nicht fehlende Technik, sondern offene Zertifizierungsfragen und fehlendes Vertrauen in softwarebasierte Sicherheitslösungen die breite Verbreitung bremsen. Einen echten marktrelevanten Durchbruch erwarten wir deshalb dann, wenn sich für hardwareunabhängige Safety-Lösungen eine ebenso etablierte Zertifizierungspraxis durchgesetzt hat wie heute für klassische Hardware-Sicherheitssteuerungen. Das dürfte sich in den kommenden zwei bis drei Jahren deutlich verdichten. Referenzprojekte laufen bereits, und in unserer eigenen Umfrage plant ein relevanter Teil der Befragten den produktiven Einsatz innerhalb dieses Zeitraums. Der Durchbruch kommt also nicht schlagartig, sondern schrittweise. Angeführt von den Anwendungsfällen mit dem klarsten wirtschaftlichen Vorteil.

MICHAEL ROLF, PHOENIX CONTACT: Die Virtual PLCnext Control ist technologisch ausgereift und wird bereits heute in realen Projekten genutzt. Wann der breite Markt diese neue Art der Auto-

matisierung anerkennt und als mögliche Standardlösung verwendet, ist schwer abzusehen. Zukünftige Weiterentwicklungen unserer vPLC werden die Lösung noch performanter und universell besser einsetzbar machen.

DR. ANDRÉ KLEINE, WAGO: Der Durchbruch hat faktisch bereits begonnen. Die virtuelle SPS ist bereits heute mehr als ein Trend – sie etabliert sich Schritt für Schritt als feste Größe im Automatisierungsportfolio. Die kommenden Jahre werden vor allem von breiterer Akzeptanz, verbesserten Lizenzmodellen und wachsendem Vertrauen in IT-getriebene Architekturen geprägt sein. Die Technologie der virtuellen SPS ist also auf dem besten Weg, sich ihren Anteil am Markt nachhaltig zu sichern. n

Andreas Hager

Product Manager Control Systems
Machine Automation Division
B&R

Dr. Josef Papenfort

Produktmanager Twincat
Beckhoff

Daniel Kerkhoff

Produktmanager Twincat
Beckhoff

Roland Wagner

Head of Product Marketing
Codesys

Daniel Sperlich

Strategic Product Manager PLC
Factory Automation EMEA
Mitsubishi Electric

Michael Plankensteiner

CEO
Neuron Automation

Rudolf Braun

Product Manager Control Systems
Phoenix Contact

Michael Rolf

Business Development Manager
Controls
Phoenix Contact

Dr. André Kleine

Head of Productmanagement Industry
Wago



► Im Application Park von Murrelektronik in Kirchheim/Teck stehen derzeit Beispielanlagen aus Automotive, Packaging und Logistik – also genau jenen Branchen, in denen sich die Vorteile der Dezentralisierung der Automatisierung in ihrer ganzen Breite zeigen.

Dezentrale Automatisierung im Praxis-Check vor Ort

Reallabor statt Showroom

Zwischen Automotive-Zelle, Delta-Roboter und Schweißzange wirkt der Raum eher wie eine Werkstatt als wie ein Showroom. Und genau das ist Absicht: Im Application Park des Engineering Satellite von Murrelektronik in Kirchheim unter Teck wird nicht präsentiert, sondern gebaut, verdrahtet und ausprobiert. Es geht dabei nicht um theoretische Machbarkeit, sondern um die Frage, was sich tatsächlich in die bestehende Maschinenwelt eines Anwenders integrieren lässt.

Das Besondere am Standort Kirchheim unter Teck von Murrelektronik liegt in seiner Funktion als Reallabor. Kunden können eigene Applikationen mitbringen oder simulieren lassen, um zu sehen, wie Lösungen im konkreten Fall funktionieren. Im Application Park stehen derzeit Beispiele aus Automotive, Packaging und Logistik bereit – also genau jenen Branchen, in denen sich die Dezentralisierung der Automatisierung in ihrer ganzen Breite zeigt.

Marco Bosch und Christian Knoop beschreiben den Ort als Umgebung, in der man losgelöst vom Druck des Tagesgeschäfts neue Konzepte schmieden kann. Gerade das ist wichtig, weil Maschinen beim Kunden selten im luftleeren Raum entstehen.

In der Praxis sprechen Konstruktion, Elektrokonstruktion, Inbetriebnahme und Produktion oft nebeneinanderher. Kirchheim hebt diese Trennung auf oder macht zumindest sichtbar, wie viel einfacher es wird, wenn Mechanik, Elektrik, Software und Montage nicht länger als getrennte Welten gedacht werden.

„Wir wollen ein Kundenerlebnis schaffen“, sagt Bosch. „Wenn ein Kunde ein Problem hat und z.B. seine Maschine schalt-schranklos umrüsten möchte, bieten wir ihm hier die Möglichkeit. Gemeinsam können wir auch mal Prozesse simulieren oder Technologien neu denken.“ Genau dieser Ansatz mache den Unterschied: Hier könne man Konzepte schmieden, Versuche fahren und technologisch alles prüfen – „ohne diesen Endkundendruck zu haben“.



► Wie UkonX, das vollständig digitale und visuell unterstützte Assistenzsystem für die elektrische Installation, Anwender wie ein Lotse Schritt für Schritt durch die Installation führt, zeigte Marco Bosch.

► Marco Bosch veranschaulicht den Unterschied zwischen zentraler und dezentraler Automation an Hand der Elektroplanung: Zusätzlich zu Schaltplänen bekommt man eine präzise 3D-Visualisierung inklusive Kabellängen und Komponentenplatzierung. Der Montageaufwand wird so sichtbar und planbar.



Automatisierung zum Anfassen

Im Mittelpunkt der gezeigten Beispiele steht Vario-X. Das modulare System bringt Steuerung, Stromversorgung, I/Os und Sicherheitstechnik direkt an die Maschine und reduziert damit Schrankvolumen, Verdrahtungsaufwand und Installationszeit. Murrelektronik versteht sich dabei ausdrücklich nicht nur als Komponentenlieferant, sondern als Partner für ein komplettes Automatisierungssetup – von der Leitung über die Module bis zur Software. Genau hier setzt das Engineering an: nicht erst bei der fertigen Maschine, sondern schon im digitalen Entwurf der Maschine.

Besonders eindrücklich wirkt der Verweis auf umgebaute Anlagen wie die Montratec-Maschine, die auf der Logimat gezeigt worden ist. Dort sind die ursprünglichen Elemente komplett ausgebaut und durch eine Murrelektronik-Lösung ersetzt worden. Dadurch lässt sich demonstrieren, dass der Ansatz nicht in PowerPoint endet. Was im Showroom steht, ist funktionsfähig, real verkabelt und als Dienstleistung mit dem Kunden zusammen umsetzbar. Das ist auch die eigentliche Botschaft des Standorts: Nicht erklären, was denkbar wäre, sondern zeigen, wie es läuft.

„Man bekommt keine PowerPoint oder 3D-Animation gezeigt, sondern sieht es wirklich live in Aktion“, erklärt Knoop den Unterschied zu klassischen Präsentationen. Genau diese Kombination aus sichtbarem Aufbau und nachvollziehbarer Funktion mache den Ansatz greifbar. Der Kunde sieht, wie aus einer bestehenden Maschine mit Schaltschrank eine dezentrale Lösung wird – und das ohne theoretische Umwege.

Der Nutzen im Detail

Aus dem Gespräch bleibt vor allem ein Gedanke hängen: In der dezentralen Automatisierung können ausgerechnet die schein-

bar banalsten Dinge den größten Engineering-Aufwand erzeugen. Leitungen sind dafür das beste Beispiel. „Sie transportieren nur Strom oder Daten und ist in Anführungsstrichen ein einfaches Produkt, da es keine Logik enthält wie ein IO-Modul oder eine SPS. Vom Planungsaufwand ist es jedoch mit das komplizierteste“, sagt Bosch. Denn während sich die Anzahl der Ein- und Ausgänge schnell berechnen lässt, werde die Frage nach Leitungslängen, T-Stücken und Verlegewegen schnell zur eigentlichen Herausforderung. Wird an dieser Stelle pauschal mit Sicherheitsreserven gearbeitet, summieren sich Material- und Montageaufwand sowie Platzbedarf in der Maschine schnell zu nennenswerten Kosten.

Bei dem System zur geführten Installation, erhält jede vorkonfigurierte Leitung eine Betriebsmittelkennzeichnung mit QR-Code. Wird dieser beim Anschließen gescannt, entsteht automatisch ein digitaler Zwilling der Verdrahtung. Bei Komponenten von Murrelektronik geht das System sogar noch weiter betont Bosch „Der passende Port am I/O-Modul beginnt zu blinken, so dass die Leitung nicht verwechselt werden kann. Wird sie dennoch an der falschen Stelle gesteckt, meldet die Software einen Fehler, den die installierende Person kommentieren und bestätigen kann, etwa wenn eine Leitung objektiv zu kurz für den vorgesehenen Port ist.“ Die Änderung fließt automatisch in den digitalen Schaltplan zurück. Damit verschiebt sich das Thema vom fehleranfälligen Nachziehen im Schaltschrank hin zu einer geführten, digitalen Installationslogik. Das Ziel ist ein konsistenter Maschinenzwilling, der nicht irgendwann im Ordner verschwindet, sondern die Realität der Anlage verlässlich abbildet.

Vom Stepmodell zum Zwilling

Auffällig ist, wie stark Murrelektronik den Projektstart an das Stepmodell koppelt. Mit Vario-X benötigt das Team statt eines

klassischen Schaltplans ein Stepmodell. Die mechanische Konstruktion liefert damit bereits alle Maße, aus denen sich exakte Kabellängen samt Bill of Material ableiten lassen, inklusive der passenden I/O-Module, Netzteile und Steuerungstechnik. „Im Prinzip steht das Konzept bereits nach dem zweiten Kundentermin“, so Knoop. Dabei werden auch technische Details wie Mindestbiegeradien, die bei einer rein rechnerischen Längenmessung leicht übersehen werden, berücksichtigt. Gerade für den Vertrieb ist das wertvoll, weil sich nicht nur technische, sondern auch wirtschaftliche Argumente früh belegen lassen.

Denn der Blick auf den Total-Cost-of-Ownership-Effekt gehört ausdrücklich dazu. Ein kleinerer Schaltschrank ist nur ein Teil der Rechnung; dazu kommen Klimatisierung, Wartung, Energiebedarf und Platzkosten. In großen Produktionshallen kann der Verzicht auf eine zusätzliche Schaltschrankebene schnell Millionenbeträge beim Bau und im Betrieb sparen. Der hardwareseitige Aufpreis dezentraler Systeme relativiert sich damit, sobald die Maschine als Gesamtsystem betrachtet wird. Genau diese Argumentation will man in Kirchheim mit Fakten, Modellen und realen Umbauten untermauern.

Software statt Angst

Die Gespräche in Kirchheim machen deutlich, dass Murrelektronik den Wandel zur dezentralen Automatisierung nicht als reines Technologie-, sondern auch als Akzeptanzthema begreift. Viele Kunden bringen Skepsis mit: wegen neuer Programmierumgebungen, wegen Safety-Fragen, wegen möglicher Mehrkosten oder schlicht wegen der Angst, bewährte Prozesse aufzugeben. Deshalb arbeitet man mit abgestuften Modellen –



► Frank Nolte (links) testet im Beisein von Geschäftsführer Dr. Ulrich Viethen, und Christian Knoop (rechts) das Schnellanschlussystem der MQ15 Power-Steckverbinder, die Murrelektronik für die Energieversorgung von Asynchron- und Drehstrommotoren bis 7,5kW sowie Frequenzumrichter entwickelt hat.

vom Training über Teilprogrammierung bis zur kompletten Automatisierung als Dienstleistung.

Besonders wichtig sind dabei fertige Libraries und Bausteine. Wer etwa aus der Siemens-Welt kommt, soll nicht auf einmal vor einem unüberschaubaren Codesys-Ökosystem stehen. Die Software muss helfen, nicht abschrecken. Murrelektronik setzt deshalb auf parametrierbare Bausteine, die die Hürde senken, ohne die Tiefe der Lösung zu verlieren. Auch bei IO-Link oder anderen Partnerprodukten geht es darum, Herstellerlogik zu abstrahieren und dem Anwender eine einheitliche Oberfläche zu geben.

„Wir haben unterschiedliche Bausteine in der Software. Im Expert Level kann man jedes einzelne Bit setzen. Bei den Basic-Bausteinen heißt es jedoch parametrieren statt programmieren. Nach ein paar Konfigurationsklicks läuft die Anlage meist schon“, erläutert Knoop. Genau dieser Schieberegler-Ansatz ermöglicht es, Kunden dort abzuholen, wo sie stehen – ob als erfahrene Programmierer oder als Umsteiger, die sich erst in der neuen Welt zurechtfinden müssen.

Diagnose, Service, Zukunft

Ein weiterer Schwerpunkt des Standorts ist die Veranschaulichung der Diagnosemöglichkeiten die Vario-X bietet. LED-Ringe an Motoren, Zustandsanzeigen rundum, digitale Rückmeldungen über Cloud, HMI oder Servicezugang: All das dient dazu, Fehler schneller einzugrenzen und Inbetriebnahme wie Betrieb überschaubarer zu machen. Gerade bei komplexen Zellen mit vielen Antrieben hilft eine von allen Seiten sichtbare Anzeige mehr als eine schlecht zugängliche LED an einer ungünstigen Stelle. Das ist kein spektakuläres Detail, aber ein typisches Beispiel für den praktischen Nutzen des Systems.

Hinzu kommt die Offenheit für unterschiedliche Kommunikationswelten. Ethercat, Profinet, Ethernet/IP oder andere Feldbusse lassen sich softwareseitig umschalten, ohne die Hardware zu tauschen. Für den internationalen Maschinenbau ist das ein starkes Argument, weil sich Anlagen so mit derselben Plattform in verschiedenen Märkten einsetzen lassen. Im Zusammenspiel mit virtueller Inbetriebnahme, Condition Monitoring und Fernwartung entsteht daraus ein Baukasten, der den Standort in Kirchheim weit über den Charakter eines Technologievorführraums hinaushebt.

Am Ende bleibt der Eindruck eines Ortes, an dem nicht bloß Komponenten gezeigt, sondern Denkweisen verschoben werden. Kirchheim steht damit für einen sehr praktischen Anspruch: Automatisierung soll einfacher, transparenter und näher an der Maschine werden. Und genau das ist hier nicht nur zu sehen, sondern im besten Sinne zu erleben. n





Schulung mittels Augmented Reality

Vom digitalen Zwilling zum digitalen Trainer



ningsmaterialien stets global auf dem gleichen, aktuellen Stand zu halten.

Der digitale Zwilling wird zur Wissensplattform

Digitale Zwillinge werden heute bereits in vielen Unternehmen genutzt, um Produkte, Maschinen oder Prozesse virtuell abzubilden. CAD-Daten, 3D-Modelle und Produktdaten aus PLM-Systemen unterstützen Konstruktion, Entwicklung und Simulation. Diese bereits vorhandenen Daten können über die bisherigen Bereiche hinaus auch von weiteren Teams wie etwa Training und Schulung sinnvoll eingesetzt werden. Aus einem CAD-Modell wird durch den Einsatz passender Schulungs-Software ein interaktives Trainingsobjekt. Mitarbeitende können an einem virtuellen Modell trainieren, es in ein-

zelne Komponenten zerlegen und wieder zusammensetzen oder Arbeitsschritte nachvollziehen, ohne dass eine reale Anlage verfügbar sein muss.

Fehler können in einer sicheren Umgebung gemacht und korrigiert werden, bevor die Tätigkeit an der tatsächlichen Maschine erfolgt. Das digitale Format erreicht zudem viel schneller alle relevanten Personen und spart Reisekosten, da die Lernenden unabhängig von ihrem Arbeitsort sowie dem Standort und der Verfügbarkeit der physischen Maschine trainieren können. Zudem können Lernende die Inhalte im eigenen Tempo durcharbeiten. Einzelne Schritte lassen sich beliebig oft wiederholen, ohne den Trainingsfortschritt anderer Teilnehmender zu verzögern.

Von CAD- und PDF-Daten zum immersiven Training

Die Erstellung der interaktiven Schulungsmaterialien beginnt meist mit bereits vorhandenen Daten. Viele Unternehmen verfügen über umfangreiche CAD-Modelle, PLM-Daten, Stücklisten oder technische Dokumentationen. Diese Informationen bilden die Grundlage für interaktive Trainingsszenarien. Fehlen vollständige 3D-Modelle, so kann moderne Trainings-Software physische Objekte auch per Smartphone oder Tablet erfassen und als 3D-Modell für Trainingszwecke aufbereiten.

Durch immer kürzere Innovationszyklen wird der Druck zur Weiterbildung und Wissensvermittlung immer größer. Aber wie lässt sich technisches Wissen schneller, effizienter und skalierbar vermitteln? Eine mögliche Antwort liefert eine Technologie, die sich in Bereichen wie Konstruktion, Simulation oder Produktentwicklung bereits bestens bewährt hat: Der digitale Zwilling entwickelt sich zunehmend auch zu einem Werkzeug für Wissensvermittlung und Qualifizierung.

In vielen Unternehmen basiert die technische Schulung noch immer auf Handbüchern, PDF-Dokumentationen, Präsenzveranstaltungen oder dem 'Shadowing', also dem Lernen durch die Begleitung erfahrener Kollegen. Diese Methoden haben ihre Berechtigung, stoßen jedoch bei komplexen Produkten, weltweit verteilten Serviceteams und dem Verlust von Erfahrungswissen zunehmend an Grenzen.

Ein zentrales Problem ist die mangelnde Skalierbarkeit. Expertenwissen ist häufig an einzelne Personen gebunden. Für Schulungen müssen die entsprechenden Anlagen oder Maschinen verfügbar sein. Durch immer kürzere Innovationszyklen haben Unternehmen zudem einen erheblichen Aufwand, um die Trai-



In vielen Unternehmen liegen umfangreiche Arbeitsanweisungen und Standard Operating Procedures bis heute nur als statische Dokumente vor. Neue, KI-basierte Ansätze ermöglichen es, aus solchen Inhalten automatisiert interaktive Trainings-Workflows abzuleiten und mit 3D-Modellen, Hinweisen, Bildern oder weiteren Medieninhalten anzureichern. Vorhandene statische Wissensbestände lassen sich so für moderne Trainingsszenarien nutzbar machen.

Vorteile auf einen Blick: Produktivität, Qualität und Wissenssicherung

Für Industrieunternehmen ergeben sich daraus mehrere Vorteile. Erstens lassen sich Einarbeitungs- und Qualifizierungsprozesse beschleunigen. Neue Mitarbeitende können produktnäher trainieren und erhalten einen besseren räumlichen Bezug zu komplexen Komponenten oder Prozessen.

Zweitens sind die Trainingsprogramme schnell und günstig skalierbar. Ein einmal entwickeltes Trainingsszenario kann standortübergreifend ausgerollt und kontinuierlich aktualisiert werden. Das ist besonders relevant für globale Serviceorganisationen oder Hersteller mit international verteilten Produktionsstandorten.

Drittens unterstützt der digitale Ansatz die Standardisierung. Lerninhalte, Prüfpunkte und Prozessschritte werden konsistent vermittelt und dokumentiert. In vielen Fällen ist per Standardschnittstelle ebenfalls eine Integration in Learning Management Systeme (LMS) möglich. Das verbessert Qualität und Nachvollziehbarkeit, insbesondere in regulierten oder sicherheitskritischen Umgebungen.

Nahtlose Datenkette: Praxisbeispiel GE Aerospace

Wie dieser Ansatz in der Praxis aussieht, zeigte etwa GE Aerospace. Der US-amerikanische Hersteller von Flugzeugtrieb-

werken nutzt den digitalen Zwilling eines Flugzeugtriebwerks als Grundlage für ein immersives Trainingskonzept. Die in Siemens Teamcenter vorliegenden Engineering- und PLM-Daten wurden in interaktive Schulungsinhalte auf Basis von TeamViewer Frontline Upskill überführt. An diesem digitalen Modell konnten die Techniker trainieren.

Nach Angaben von GE Aerospace reduzierte sich die Trainingsdauer um 20 bis 40 Prozent, gleichzeitig verbesserte sich die Trainingsqualität. Das Unternehmen betrachtet den Ansatz inzwischen als Blaupause für weitere Trainingsprogramme. Das Beispiel verdeutlicht zugleich die Bedeutung einer durchgängigen Datenkette ohne Medienbrüche. Durch die Integration von PLM-System und immersiver Trainingsanwendung werden für Qualifizierung, Wartung und Service immer die aktuellen Engineering-Daten genutzt.

Training wird Teil digitaler Arbeitsprozesse

Die Entwicklung endet jedoch nicht beim Training. Die gleichen digitalen Modelle und Workflows können künftig auch Produktion, Wartung, Reparatur und Qualitätssicherung unterstützen. Die Kombination aus digitalen Zwillingen, strukturierten Workflows und künstlicher Intelligenz eröffnet neue Möglichkeiten, um Anleitungen automatisch zu erstellen, Prozesse kontextbezogen zu unterstützen oder Fehler frühzeitig zu erkennen. Der digitale Zwilling wird somit zu einer Wissensplattform, die Engineering, Qualifizierung und operative Ausführung miteinander verbindet. Genau darin liegt sein Potenzial als digitaler Trainer der nächsten Generation. ■

Wade Lindsey
Vice President Product Management
TeamViewer Germany GmbH
www.teamviewer.com

- Anzeige -

Sichere Maschinenvernetzung und Datenauswertung

adstec

Industrial IT

Big-LinX
IIoT-Plattform
für sichere Fernwartung

IRF1000 - IRF3000
Industrielle Router-Firewalls für
zuverlässigen Netzwerkschutz



JETZT sichere Verbindungslösungen entdecken:
www.ads-tec-iit.com/industrial-security





Profinet V2.5 wird durch Sicherheitsstufen und Zertifikate zum durchgängigen Sicherheitsstandard

SECURITY SERIENMÄSSIG

Mit der Version 2.5 unterstützt Profinet die digitale Transformation. Mit dem Vorstandsvorsitzenden Xaver Schmidt sprach das SPS-MAGAZIN über wesentliche Punkte der technologischen Weiterentwicklung, die Kernveränderungen und was die neue Version für Maschinenbauer, Gerätehersteller und Betreiber bedeutet.

SPS Welche Neuerungen bringt Profinet V2.5 gegenüber der bisherigen Version, und welche Probleme werden damit konkret adressiert?

Die größte Neuerung ist die konsequente Integration von Security. Mit der neuen IEC-Norm 61784-6-3 wird sichere Kommunikation erstmals vollständig spezifiziert und standardisiert. Auf dieser Grundlage wurde in Profinet V2.5 ein

durchgängiges Sicherheitskonzept implementiert, das moderne Mechanismen wie TLS 1.3, eine zertifikatsbasierte Geräteidentität gemäß IEEE802.1AR sowie eine rollenbasierte Zugriffskontrolle (RBAC) auf Basis von X.509-Zertifikaten umfasst. Damit werden zentrale Herausforderungen wie Authentizität, Integrität und Vertraulichkeit in Netzen systematisch mit bewährten und anerkannten

Methoden gelöst und zugleich die Anforderungen aus regulatorischen Rahmenwerken besser erfüllt.

Ergänzt wird dies durch signierte Gerätebeschreibungen (GSDX V1.3) sowie maschinenlesbare Konformitätserklärungen (MRCD V1.0). Dies sorgt für Transparenz und Integrität entlang des gesamten Lebenszyklus. Dadurch werden typische

Probleme wie Manipulationsrisiken, inkonsistente Gerätedaten oder aufwändige Integrationsprozesse reduziert.

SPS Gibt es weitere Neuerungen, abgesehen von Security?

Ja, Security ist bei Weitem nicht alles: Gleichzeitig wurde die Kommunikationsarchitektur modernisiert. Mit dem neuen Service Exchange Protocol (SXP), das CLRPC ablöst, steht ein einheitliches, sicheres Protokoll für Dienste über Layer-2 und Layer-3-Grenzen hinweg zur Verfügung. In Kombination mit einer User-Space-Architektur ist man bei der Implementierung deutlich flexibler, etwa für containerbasierte Anwendungen oder virtuelle Steuerungskonzepte.

Die Unterstützung von Time Sensitive Networking (TSN) gemäß IEC/IEEE60802 ermöglicht deterministische Kommunikation auf Basis standardisierter Ethernet-Mechanismen. Darüber hinaus wurde eine hohe Skalierbarkeit der Bandbreite von 10Mbit/s bis 10Gbit/s sowie die Integration von Single Pair Ethernet (SPE) inklusive Power over Data Line (PoDL) umgesetzt. Damit werden sowohl klassische Anforderungen im Maschinenbau als auch neue Einsatzfelder, etwa kompakte Feldgeräte oder Anwendungen in der Prozessindustrie, abgedeckt.

SPS Wie bleibt die Kompatibilität zu bestehenden Profinet-Installationen und Engineering-Workflows erhalten, und wo müssen Anwender mit Anpassungen rechnen?

Die Version 2.5 ist zu bestehenden Profinet-Installationen kompatibel. Dazu gehören die Schnittstellen, das IO-Abbild, typische Parametrierungen sowie bewährte Engineering-Workflows. Sind Anpassungen nötig, lassen sich diese so einfach wie möglich in bestehende Prozesse integrieren.

Besonders wichtig für den Anwender: Unternehmen entscheiden selbst, wann und in welchem Umfang sie diese neuen Features anwenden. Damit unterstützt Profinet V2.5 sowohl klassische Automatisierungsansätze als auch moderne IT-nahe Architekturen. Außerdem begleiten wir als PNO diesen Übergang aktiv, beispielsweise durch langfristige Unterstützung bestehender Systeme, erweiterte Testmöglichkeiten und klare Migrationspfade.

SPS Wie wird paralleler TCP/IP-Verkehr neben Echtzeitkommunikation in V2.5 technisch sauber umgesetzt, und welche Auswirkungen hat das auf Performance, Latenz und Netzdesign?

Angesichts der zunehmenden Digitalisierung, datengetriebenen Anwendungen und insbesondere AI-Use-Cases wird der direkte und parallele Datenzugriff immer wichtiger. Die parallele Nutzung von TCP/IP-Verkehr neben der Echtzeitkommunikation ist seit jeher ein zentrales Merkmal von Profinet. Dabei werden Echtzeitkommunikation und Standard-TCP/IP-Daten je nach Anforderung unterschiedlich priorisiert. Der Anwender kann also seine Analyse-, Diagnose- oder AI-Use-Cases auf der gleichen Infrastruktur realisieren. Da Profinet dabei auf Mechanismen setzt, die auch in der IEC/IEEE60802 definiert sind, genügen standardkonforme Netzwerkkomponenten und Ethernet-Controller für den Aufbau entsprechender Infrastrukturen. Auch beim Netzwerkdesign bleibt Profinet flexibel, es lassen sich sowohl hochverfügbare redundante Architekturen als auch einfache Linienstrukturen umsetzen, ebenso wie verschiedene Topologien, Übertragungsmedien und Performance-Klassen.

SPS Welche Anforderungen stellt Cyber-Security und wie können diese mit der neuen Version 2.5 gelöst werden, insbesondere vor dem Hintergrund des Cyber Resilience Act?

Der Cyber Resilience Act fordert eine systematische, nachweisbare Sicherheitsarchitektur über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Während die regulatorischen Ziele bereits klar definiert sind, werden technische Details derzeit noch im Rahmen der Normung konkretisiert. Profinet V2.5 setzt daher auf einen konsequent standardbasierten und skalierbaren Sicherheitsansatz, der bewährte und anerkannte Security-Mechanismen enthält. Ziel ist es, unterschiedliche Anwendungen – von klassischen Automatisierungszellen bis hin zu vollständig vernetzten Architekturen – durch abgestufte Schutzkonzepte abzudecken. Dies sind z.B. 'Secure Cell', sichere Zugänge und bei 'Secure Realtime' geschützte Kommunikation innerhalb der Zelle. Dabei wird Security nicht isoliert implementiert, sondern ist integraler Bestandteil der gesamten Systemarchitektur.



PROGRAMMIERBARE LOGIKRELAIS

OPTA CODESYS

STEUERN.
PROGRAMMIEREN.
ERWEITERN.



Finder OPTA – das smarte Logikrelais mit CODESYS. Kompakt, robust und leistungsstark: Die programmierbare Kleinststeuerung erfüllt höchste Ansprüche in der Industrie- und Gebäudeautomation. IEC 61131-3-konform, modular erweiterbar durch digitale und analoge I/O-Module und flexibel programmierbar über die führende SPS-Plattform. Passende Finder Schaltnetzteile sorgen für eine zuverlässige und perfekt abgestimmte Spannungsversorgung.

- CODESYS-Programmierung (IEC 61131-3)
- Sprachen: LD · FBD · ST · SFC
- Digitale & analoge Erweiterungsmodule
- Kompaktes DIN-Schienen-Format

Bild: TeDo Verlag GmbH

SPS Welche Security-Funktionen müssen Gerätehersteller und Betreiber jetzt besonders beachten, etwa bei Identität, Update-fähigkeit, Härtung und sicherer Inbetriebnahme?

Eine pauschale Lösung gibt es leider nicht. Vielmehr müssen sich Unternehmen aktiv mit diesen Themen auseinandersetzen und eigene Konzepte entwickeln, um eine für sie passende aber zugleich wirtschaftlich sinnvolle Lösung zu entwickeln. Das ist zwar mit Aufwand verbunden, bietet aber auch Chancen. Daraus können neue und innovative Lösungen entstehen, die im weltweiten Wettbewerb für einen Vorsprung sorgen.

Auf diesem Weg unterstützen wir die Anwender auf vielfältige Weise, denn Profinet V2.5 bietet einen modularen Baukasten aus standardisierten Mechanismen. Dazu gehört u.a. eine sichere, vom Hersteller aufgebrachte Geräteidentität, die z.B. zur sicheren Inbetriebnahme genutzt wird.

SPS Wie unterstützt Profinet V2.5 sichere und zugleich flexible Use Cases in der Praxis, ohne die Anlagenverfügbarkeit oder das Engineering unnötig zu verkomplizieren?

Wie immer achten wir darauf, dass alle Erweiterungen trotz ihrer Komplexität für den Betreiber einfach anwendbar werden. Durch eine Standardisierung werden neue Funktionen (z.B. Security-, Redundanz- oder Diagnosefunktionen) direkt im Profinet-Stack implementiert. Dadurch können sich Anwender sowie Gerätehersteller auf etablierte Lösungen stützen und müssen nicht in eigene Implementierungen investieren.

SPS Welche Rolle spielt die Layertrennung im neuen Konzept, also die klare Trennung zwischen Applikation, Transport und Infrastruktur, und welchen Nutzen hat das für Skalierbarkeit und Zukunftssicherheit?

Die klare Trennung zwischen Applikation, Transport und Infrastruktur ermöglicht es, diese Ebenen unabhängig voneinander weiterzuentwickeln. Ein typisches



Profinet V2.5 setzt auf einen konsequent standardbasierten und skalierbaren Sicherheitsansatz.

Xaver Schmidt
Vorstandsvorsitzender
der PNO

Beispiel ist der Einsatz virtueller Steuerungen (vPLC). Hier wird die Netzwerkinfrastruktur zunehmend von der IT-Seite bereitgestellt, inklusive definierter und garantierter Eigenschaften. Profinet unterstützt diesen Ansatz durch entsprechende Guidelines und Tests, sodass Automatisierungsfunktionen und IT-Infrastruktur sauber entkoppelt bleiben und dennoch zuverlässig zusammenarbeiten.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Trennung ist die Skalierbarkeit: Steigende Anforderungen lassen sich beispielsweise durch einfaches Erhöhen der verfügbaren Bandbreite – etwa von 1 auf 10Gbit/s – adressieren, ohne dass Applikationen oder bestehende Feldgeräte angepasst werden müssen. Gleichzeitig ermöglicht die klare Struktur eine bessere Simulation und Validierung von Systemen, da einzelne Ebenen gezielt betrachtet und getestet werden können.

Auch in der internen Profinet-Architektur wird diese Layertrennung konsequent umgesetzt. Für Gerätehersteller bedeutet das mehr Modularität, bessere Wartbarkeit und eine höhere Übersichtlichkeit bei der Entwicklung.

SPS Wie werden Ethernet-APL und Single Pair Ethernet in Profinet V2.5 integriert, und welche Vorteile ergeben sich daraus speziell für die Prozessindustrie und kompakte Feldgeräte?

Ethernet-APL und Single Pair Ethernet (SPE) sind zentrale Bausteine, um Ether-

net-basierte Kommunikation konsequent bis in die Feldebene zu bringen.

Die Zwei-Leiter-Technik erlaubt die gleichzeitige Übertragung von Kommunikation und Energie, was wiederum die Installation vereinfacht, den Verkabelungsaufwand minimiert und neue Optionen für kompakte Feldgeräte eröffnet. Insbesondere für die Prozessindustrie ist die durchgängige Architektur von Ex- und Nicht-Ex-Bereichen relevant. Profinet V2.5 integriert diese Ansätze konsistent, indem es sie sauber referenziert und in ein durchgängiges Kommunikations- und Engineering-Konzept einbettet.

SPS Welche technischen Voraussetzungen müssen Maschinenbauer, Gerätehersteller und Betreiber erfüllen, um Profinet V2.5 produktiv einzusetzen?

Die technischen Voraussetzungen für den Einsatz von Profinet V2.5 reichen je nach Use Case von einem einfachen Firmware-Update über ein angepasstes Hardware-Design mit SPE-Interface bis hin zu dedizierter kryptographischer Hardware für höchste Security-Anforderungen. Daher verfolgt Profinet bewusst keinen monolithischen Ansatz, sondern stellt einen Baukasten bereit. Anwender und Hersteller können daraus genau die Funktionen auswählen, die sie für ihren konkreten Use Case benötigen – etwa im Bereich Security oder bei neuen physikalischen Übertragungstechnologien wie APL oder SPE. Profinet V2.5 ermöglicht passgenaue, skalierbare Lösungen – von einfachen Anwendungen bis hin zu hochintegrierten, sicheren und leistungsfähigen Automatisierungssystemen. ■

Das Interview führte

 **Dipl.-Ing. (FH)
Frank Nolte**
Chefredakteur



Unser Team für Deinen Vorsprung.

Chefredakteur Frank Nolte ist seit
27 Jahren Branchen- und Technologie-
Insider für die Automatisierung.



Alle Medienarten
auf einen Blick



Dipl.-Ing. (FH) Frank Nolte, Chefredakteur des SPS-MAGAZINs und Branchen-Insider:

„Als erfahrener Fachredakteur biete ich maßgeschneiderte, recherchierte und rechts-sichere Inhalte – individuell auf Ihre Zielgruppe abgestimmt. KI-Generatoren können Texte liefern, doch fundiertes Branchenwissen, kreative Ansprache und Verantwortung bleiben menschliche Stärken.“

Berührungslose Übertragung: Die Alternative zu Schleifring und Steckverbinder

Wenn Daten und Energie ohne Kontakt fließen

Die industrielle Automatisierung befindet sich im Umbruch. Mit der fortschreitenden Digitalisierung steigen die Anforderungen an Flexibilität, Dynamik, Verfügbarkeit und Wartungsfreiheit. Dabei geraten klassische Steckverbindungen zunehmend an ihre Grenzen – insbesondere bei rotierenden oder beweglichen Komponenten. Denn Abrieb, Vibration und häufige Steckzyklen beschleunigen den Verschleiß und führen zu ungeplanten Stillständen.

Kontaktlose Verbindungssysteme bieten hier eine zukunftsweisende Lösung: Sie übertragen Energie und Daten vollständig berührungslos. Dadurch lassen sich mechanische Schwachstellen eliminieren und langlebige, wartungsarme Schnittstellen realisieren. Sie steigern die Effizienz industrieller Anlagen auf mehreren Ebenen: Mechanische Kontaktstellen entfallen – typische Schwachpunkte klassischer Steckverbinder, die häufig für Wartungsaufwand und Anlagenausfälle verantwortlich sind. Die Systeme arbeiten verschleißfrei, ermöglichen hohe Bewegungsfreiheit und eignen sich für rotierende oder dynamische Anwendungen. Für die Datenübertragung kommen häufig Funktechnologien im 60GHz-Bereich zum Einsatz. Die hohe verfügbare Bandbreite ermöglicht Gigabit-Datenraten und die parallele Anbindung zahlreicher Sensoren und Kommunikationsschnittstellen. Die Energieversorgung wird über induktive Kopplung bei etwa 200kHz realisiert. Die eigens entwickelte Leistungselektronik

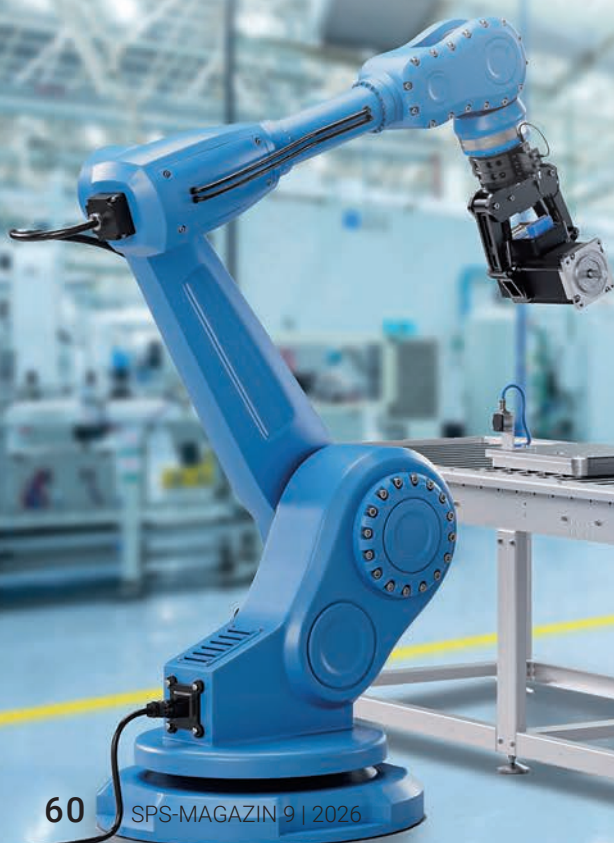
arbeitet besonders effizient, erzeugt minimale Abwärme und ermöglicht verlustarme Übertragung von Leistungen bis 30W, perfekt für Sensoren, Aktoren oder Greifer in automatisierten Systemen.

Mit der zunehmenden Integration intelligenter Sensorik, adaptiver Steuerungen und datengetriebener Prozesse steigen die Anforderungen an Kommunikation und Energieversorgung. Berührungslose Schnittstellen ermöglichen auch bei Relativbewegungen, wechselnden Abständen oder Rotationen eine stabile Übertragung und erweitern damit die Einsatzmöglichkeiten in dynamischen Anwendungen.

Alternative zu klassischen Verbindungssystemen

Schleifringe, Drehdurchführungen und kabelgebundene Verbindungen stoßen bei hoher mechanischer Belastung, Schmutz oder Vibrationen häufig an ihre Grenzen. Auch optische Drehübertrager erfordern oftmals eine präzise Ausrichtung. Die

► Industrieroboterarm an einer automatisierten Fertigungslinie, ausgestattet mit RoProxCon Hybrid Verbindern von Rosenberger





► RoProxCon: kontaktlose Daten- und Energieübertragung – Produktbeispiele

drahtlose Übertragung von Energie und Daten eliminiert diese Nachteile: Sie sind nahezu wartungsfrei, unempfindlich gegenüber äußeren Einflüssen und eignen sich hervorragend für Anwendungen mit hoher mechanischer Belastung. Damit leisten sie einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit und Betriebssicherheit.

Zuverlässigkeit für dynamische Applikationen

Die zunehmenden Bewegungsanforderungen in modernen Robotik- und Fertigungsanwendungen stellen hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit von Verbindungssystemen. Kritisch sind besonders Anwendungen mit hohen Zyklenzahlen wie z.B. Schnellwechselsysteme in Robotern.

Die berührungslose Übertragung bietet in solchen Szenarien klare Vorteile:

- Wartungsfrei und verschleißarm: keine mechanischen Kontaktstellen,
- hohe Verfügbarkeit: weniger Ausfälle und Serviceeinsätze,
- kompakte Integration: auch in engen oder rotierenden Einbau-räumen einsetzbar.

Auch in der Fördertechnik mit kontinuierlich bewegten Transporteinheiten oder drehenden Modulen ermöglichen die berührungslosen Schnittstellen eine stabile Daten- und Energieübertragung. Durch ihre modulare Architektur lassen sie sich einfach in bestehende Maschinenkonzepte integrieren und unterstützen gängige Kommunikationsprotokolle wie Profinet oder Ethercat, ohne zusätzlichen Integrationsaufwand.

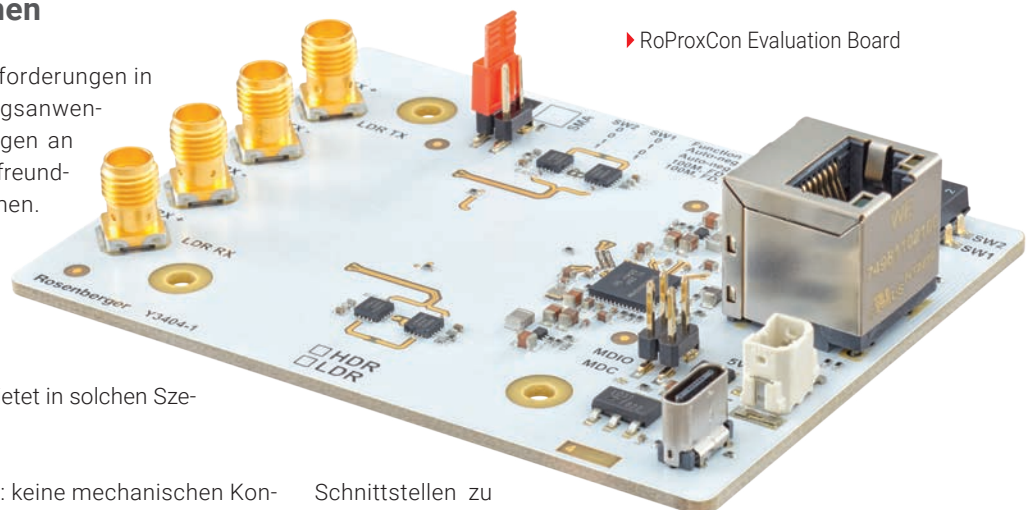
Integration durch geeignete Gehäusekonzepte

Bei Systemen zur drahtlosen Energie- und Datenübertragung spielt die Auslegung des schützenden Gehäuses eine wesentliche Rolle für die Gesamtleistung. Es dient nicht nur dem mechanischen Schutz der empfindlichen Antennen- und Übertragungselemente, sondern beeinflusst auch maßgeblich die Ausbreitung elektromagnetischer Felder. Für eine verlustarme

und stabile Übertragung sind insbesondere die verwendeten Materialien sowie deren dielektrische Eigenschaften von Bedeutung. Ebenso wirken sich konstruktive Parameter wie Wandstärke, Geometrie und Fertigungstoleranzen auf die Übertragungsqualität aus. Eine sorgfältige Abstimmung zwischen Übertragungseinheit und Gehäuse ist daher erforderlich, um eine zuverlässige Funktion auch unter industriellen Bedingungen sicherzustellen.

Entwicklung und Evaluierung

Für die Entwicklung entsprechender Anwendungen stehen Evaluierungsplattformen zur Verfügung. Diese bestehen in der Regel aus Funkmodulen, die für die stabile Übertragung von Daten über kurze Distanzen ausgelegt sind und eine schnelle technische Bewertung der Übertragungstechnologie ermöglichen. Sie dienen als Werkzeuge für Entwicklungsteams, OEMs und Systemintegratoren und erlauben es, Übertragungseigenschaften unter realistischen Einsatzbedingungen zu testen,



► RoProxCon Evaluation Board

Schnittstellen zu validieren und die Integration in bestehende Systemarchitekturen vorzubereiten. So lassen sich kundenspezifische Anwendungen schrittweise auf kontaktlose Übertragungskonzepte umstellen, evaluieren und weiterentwickeln, ohne frühzeitig in eine spezifische Serienauslegung einsteigen zu müssen.

Fazit

Berührungslose Schnittstellen markieren einen bedeutenden Fortschritt in der industriellen Automatisierung. Sie beantworten zentrale Anforderungen moderner Fertigungsumgebungen: hohe Dynamik, minimale Wartung und verlässliche Kommunikation – auch unter schwierigen Bedingungen. Mit den entsprechenden Lösungen steht eine zukunftsfähige und praxiserprobte Technologie bereit, um die Schnittstellen der Industrie von morgen bereits heute effizient und robust zu gestalten. n

Simon Huber
Product Manager Industries
Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH & Co. KG
www.rosenberger.com

60 Jahre Steckverbinderkompetenz bei Lapp

„Der beste Steckverbinder ist der, über den niemand nachdenkt.“

Steckverbinder gelten oft als unscheinbare Standardkomponenten. Tatsächlich sind sie längst zu hochentwickelten Systemschnittstellen geworden, die Energie, Signale und Daten zuverlässig übertragen. Seit 60 Jahren entwickelt Lapp Verbindungslösungen für den industriellen Einsatz. Im Interview spricht Michael Zahl, Global Product Cluster Manager Connectors, über den Wandel der Verbindungstechnik, die Grenzen der Miniaturisierung und warum manchmal eine einfache Rutsche die bessere Lösung ist als ein Roboter.

SPS Herr Zahl, Steckverbinder gehören zu den wichtigsten Komponenten einer Maschine – trotzdem

spricht kaum jemand über sie. Ist das eigentlich ein Kompliment?

Absolut. Denn wenn wir unsere Arbeit gut machen, denkt niemand über den Steckverbinder nach. Er funktioniert einfach. Erst

wenn eine Verbindung ausfällt, wird sichtbar, welche Bedeutung sie für die gesamte Maschine hat. Dann kann ein vergleichsweise kleines Bauteil einen Produktionsstillstand verursachen – mit Kosten, die den Wert des Steckverbinders um ein Vielfaches übersteigen. Genau deshalb ist Zuverlässigkeit unser oberstes Entwicklungsziel. Ein Steckverbinder muss auch nach vielen Jahren unter Vibrationen, Schmutz oder mechanischer Belastung zuverlässig funktionieren. Das klingt selbstverständlich, ist aber das Ergebnis kontinuierlicher Entwicklungsarbeit.

SPS Lapp feiert in diesem Jahr 60 Jahre Steckverbinderkompetenz. Wenn Sie diese Entwicklung mit etwas Abstand betrachten: Was hat sich am stärksten verändert?

Die Aufgaben eines Steckverbinders sind heute völlig andere als noch vor einigen Jahrzehnten. Früher ging es in erster Linie darum, elektrische Leistung sicher zu übertragen. Heute erwarten unsere Kunden, dass ein Steckverbinder Energie, Signale und große Datenmengen transportiert – und das auf immer

► Michael Zahl im Gespräch mit Ines Stotz über 60 Jahre Verbindungstechnik bei Lapp, intelligente Systeme und die Kunst, Probleme verschwinden zu lassen.



kleinerem Bauraum. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Materialien, Fertigungsgenauigkeit und Lebensdauer kontinuierlich. Moderne Steckverbinder müssen leistungsfähiger sein, sich einfacher montieren lassen und trotzdem wirtschaftlich bleiben. Kurz gesagt: Die Welt der Automatisierung ist deutlich komplexer geworden und mit ihr die Verbindungstechnik.

SPS Was treibt diese Entwicklung besonders stark?

Die Digitalisierung der Maschinen. Mit jeder zusätzlichen Sensorik, jeder Kamera und jedem neuen Antrieb wächst die Menge der Daten, die innerhalb einer Anlage übertragen werden muss. Gleichzeitig werden Maschinen kompakter und modularer aufgebaut, was auch die Anforderungen an unsere Produkte verändert. Steckverbinder sind deshalb längst keine reinen Verbindungselemente mehr, sondern übernehmen die Funktion zentraler Schnittstellen innerhalb eines Gesamtsystems. Das zeigt sich besonders bei Hybridsteckverbindern: Sie übertragen Energie, Daten und Signale über nur eine Verbindung. Dadurch lassen sich Bauraum und Verdrahtungsaufwand reduzieren, während die Installation deutlich einfacher wird.

SPS Die Zahl der Verbindungen nimmt also zu – aber Montage und Inbetriebnahme sollen schneller werden. Wie passt das zusammen?

Genau darin liegt eine der großen Herausforderungen. Niemand möchte heute Tausende Steckverbinder einzeln verschrauben und anschließend jede Verbindung noch einmal kontrollieren. Deshalb beschäftigen wir uns intensiv mit Schnellanschlusstechniken – sogenannten Quick-Connect-Systeme. Mit ihnen lassen sich Steckverbinder mit einem Klick verbinden. Was bei einem Stecker irrelevant erscheint, reduziert die Montagezeit bei vielen erheblich und minimiert gleichzeitig Fehler. Gerade bei großen Anlagen mit hunderten oder tausenden Verbindungen entsteht daraus ein enormer wirtschaftlicher Vorteil. Hinzu kommt der Fachkräftemangel. Qualifizierte Servicetechniker und -technikerinnen werden immer schwieriger zu

finden. Deshalb müssen Produkte einfacher zu installieren und möglichst fehler-sicher sein. Gute Verbindungstechnik unterstützt den Anwender dabei, Fehler gar nicht erst entstehen zu lassen.

SPS Ein weiterer Trend ist Single Pair Ethernet, SPE. Viele sprechen darüber – im industriellen Alltag spielt die Technologie bislang aber noch eine überschaubare Rolle. Warum?

Weil eine Technologie erst dann erfolgreich ist, wenn das gesamte Ökosystem bereit ist. Steckverbinder allein reichen nicht. Entscheidend ist, dass Sensoren, Aktoren

ren. Eine starke Erwärmung kann die Lebensdauer der Kontakte verkürzen, Materialien belasten und die Zuverlässigkeit der Verbindung beeinträchtigen. Gleichzeitig müssen Steckverbinder mechanisch belastbar bleiben und sich unter industriellen Bedingungen sicher montieren lassen. Der kleinste Steckverbinder ist deshalb nicht automatisch der beste. Entscheidend

Der beste Steckverbinder ist der, über den niemand nachdenkt.

Michael Zahl
Lapp



ist immer die Balance aus Größe, Leistungsfähigkeit und Bedienbarkeit. Ein Produkt, das sich später nicht mehr vernünftig montieren lässt oder unter Belastung an Robustheit verliert, hilft dem Kunden am Ende nicht weiter. Deshalb denken wir Miniaturisierung nie isoliert. Unser Ziel ist es, möglichst viel Leistung auf möglichst kleinem Raum unterzubringen – ohne Kompromisse bei Zuverlässigkeit oder Handhabung einzugehen.

und andere Feldgeräte flächendeckend auf Single Pair Ethernet setzen. Ich bin überzeugt, dass sich SPE durchsetzen wird. Die Vorteile liegen auf der Hand: weniger Materialeinsatz, kleinere Kabel und gleichzeitig die Möglichkeit, Daten und Energie effizient zu übertragen. Bis wir diesen Kipppunkt erreichen, wird allerdings noch etwas Zeit vergehen. Solche Veränderungen erfolgen in der Industrie selten über Nacht.

SPS Miniaturisierung gilt als einer der großen Trends der Verbindungstechnik. Gibt es irgendwann eine Grenze des Machbaren?

Natürlich gibt es physikalische Grenzen. Wenn ich höhere Ströme übertragen möchte, entsteht Wärme. Je kleiner ein Steckverbinder ist, desto schwieriger wird es jedoch, diese Wärme abzuführen.

Wir möchten dem Kunden die Komplexität abnehmen.

Michael Zahl
Lapp



SPS Parallel dazu entwickeln sich Steckverbinder vom passiven Bauteil zur intelligenten Systemschnittstelle. Wie weit ist diese Entwicklung heute?

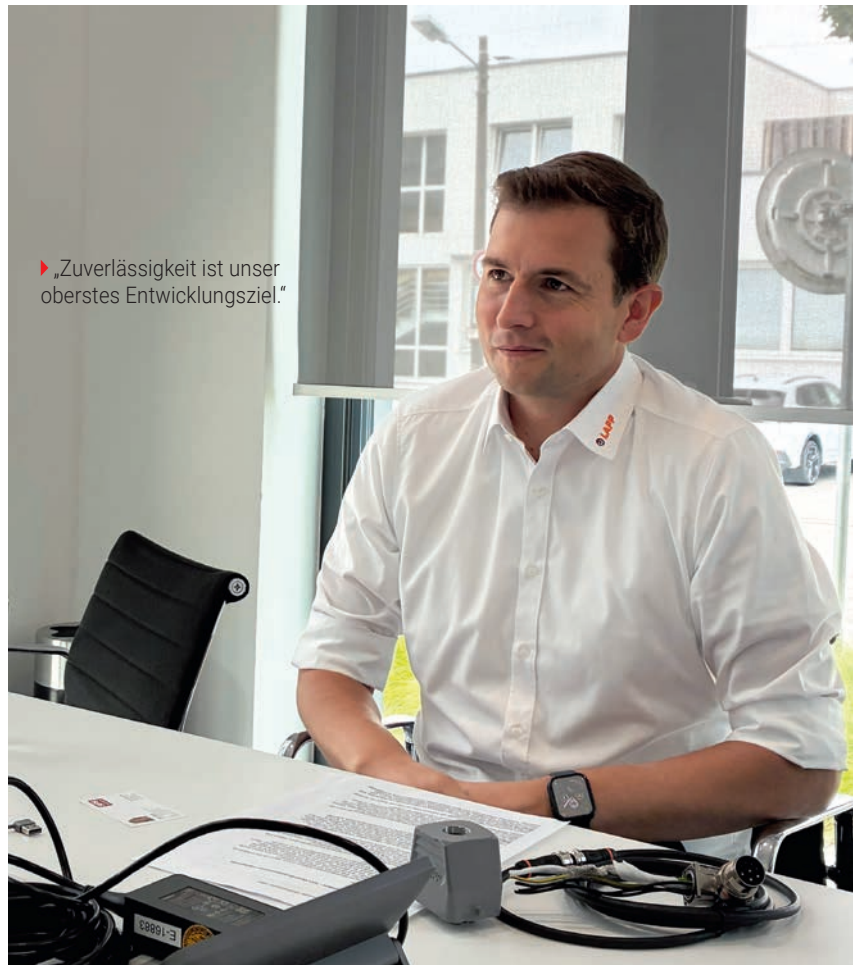
Sie hat begonnen, steht aber noch am Anfang. Die spannende Frage lautet nicht, was technisch möglich ist, sondern welche Informationen dem Kunden tatsächlich einen Mehrwert bieten. Ein gutes Beispiel ist die Temperaturüberwachung. Wenn ein Steckverbinder frühzeitig meldet, dass sich eine Verbindung ungewöhnlich erwärmt, kann der Betreiber reagieren, bevor ein Ausfall entsteht. Das spart Stillstandszeiten und Wartungskosten. Ich glaube aber auch, dass wir aufpassen müssen, nicht jeden Trend unreflektiert mitzugehen. Daten um der Daten willen sind keine Lösung. Jeder zusätzliche Sensor erzeugt Informationen, die verarbeitet, gespeichert und bewertet werden müssen. Entscheidend ist deshalb immer die Frage: Welches Problem lösen wir damit für den Kunden?

SPS Welche Rolle spielt dabei künstliche Intelligenz?

Vor allem in der Entwicklung wird sie unsere Arbeit verändern. Schon heute helfen Simulationen dabei, thermische, mechanische oder elektrische Zusammenhänge deutlich früher zu verstehen. Dadurch verkürzen sich Entwicklungszyklen erheblich. KI wird diesen Prozess weiter beschleunigen. Ich kann mir gut vorstellen, dass Konstrukteure künftig Anforderungen formulieren und daraus automatisch erste CAD-Modelle oder Optimierungsvorschläge generiert werden. Auch komplexe Simulationen werden sich deutlich schneller durchführen lassen. Trotzdem bleibt Ingenieurwissen unverzichtbar. KI liefert Vorschläge – die Verantwortung für eine gute technische Lösung liegt weiterhin beim Entwickler.

SPS Sie verantworten nicht nur das Produktmanagement, sondern kommen selbst aus der Produktion. Hat das Ihren Blick auf neue Technologien verändert?

Auf jeden Fall. Ich finde Automatisierung faszinierend und bin überzeugt, dass Robotik weiter an Bedeutung gewinnen wird. Gleichzeitig habe ich gelernt, dass die beste Lösung nicht zwangsläufig die technisch aufwendigste ist. Während



► „Zuverlässigkeit ist unser oberstes Entwicklungsziel.“

eines Aufenthalts in Japan hat mich das sogenannte Karakuri-Prinzip beeindruckt. Dort werden viele Aufgaben mit einfachen mechanischen Lösungen gelöst – etwa mit Rutschen, Gegengewichten oder cleveren Mechaniken statt mit komplexer Automatisierung. Ich glaube, wir neigen in Deutschland manchmal dazu, jedes Problem mit möglichst viel Technik lösen zu wollen. Dabei lohnt sich oft die einfachere Frage: Brauche ich hier wirklich einen Roboter – oder erfüllt eine intelligente mechanische Lösung den gleichen Zweck? Gute Ingenieursarbeit bedeutet für mich, genau diese Balance zu finden.

SPS Wenn Sie auf die nächsten zehn Jahre blicken: Wie wird sich die Verbindungstechnik weiterentwickeln?

Die grundlegenden Trends werden sich fortsetzen. Steckverbinder werden kompakter, leistungsfähiger und stärker in digitale Gesamtsysteme integriert sein. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Datenübertragung, Zuverlässigkeit und einfache Installation weiter. Was sich aus meiner Sicht jedoch nicht än-

dern wird, ist die eigentliche Aufgabe der Verbindungstechnik. Die beste Software nützt nichts, wenn die physische Verbindung nicht zuverlässig funktioniert. Deshalb wird Qualität auch künftig die wichtigste Grundlage jeder Automatisierung bleiben. Ich bin davon überzeugt, dass Lapp künftig noch stärker als Anbieter kompletter Connectivity-Lösungen wahrgenommen wird. Wir verfügen über umfassende Kompetenz bei Kabeln, Steckverbindern, Verschraubungen und Konfektionierung. Unser Anspruch ist es, diese Bausteine zu einer durchgängigen Verbindungslösung zusammenzuführen, damit sich unsere Kunden auf ihre Maschinen und Prozesse konzentrieren können. Wir wollen dadurch Komplexität reduzieren und Verbindungstechnik so einfach wie möglich machen. n

Das Interview führte

Dipl.-Ing. (FH)
Ines Stotz
Leitende Redakteurin



Plug&Play-Datenanalyse direkt an der Maschine ohne komplexe IT

Leichter Einstieg in Predictive Maintenance



Bild: Igus SE & Co. KG

► Das i.Cee² Edge-Modul von Igus ermöglicht die Erfassung, Visualisierung und Analyse von Maschinendaten direkt im Schaltschrank.

Lokale Datenverarbeitung, sekundenschnell

Anders als rein cloudbasierte Modelle nutzt das Modul die Prinzipien des Edge Computing. Das reduziert Datenvolumen sowie Abhängigkeiten von Netzwerken und ermöglicht kurze Reaktionszeiten. Über standardisierte Schnittstellen wie REST- und MQTT-APIs sind Daten bei Bedarf an Cloud-Plattformen, Scada- oder MES-Systeme übertragbar. Eine Internetanbindung ist nicht erforderlich. Das System funktioniert vollständig autark im lokalen Betrieb. Die Eingangsbeschaltung für die 24V-DC-Stromversorgung ist bereits in zahlreichen industriellen Anwendungen mit 'schmutzigen' Netzen und extremen EMV-Einstrahlungen erprobt und sorgt für einen stabilen Betrieb auch unter schwierigen elektrischen Bedingungen. Durch die Integration von jeweils vier analogen und digitalen Ein-/Ausgängen, CAN-Bus, RS485, HDMI und 2x RJ45 lässt sich das Gerät mit vielen am Markt erhältlichen Sensoren verbinden.

Offene Software, aber ganz flexibel

Auch softwareseitig verfolgt Igus einen offenen Ansatz. Das Modul wird mit einer sofort einsatzbereiten Umgebung aus etablierten Open-Source-Lösungen ausgeliefert, darunter Node-RED als visuelles Programmier-Tool, InfluxDB als Zeitreihendatenbank und Grafana für die Visualisierung. Damit können Anwender ohne tiefgreifende Programmierkenntnisse erste Dashboards erstellen, Datenflüsse definieren und Zusammenhänge analysieren. Gleichzeitig bleibt das System offen für Erweiterungen, etwa durch zusätzliche Analysealgorithmen oder KI-basierte Auswertungen. n

Der Einstieg in Condition Monitoring und Predictive Maintenance scheitert in der Praxis häufig an komplexen IT-Strukturen, hohen Implementierungskosten und fehlender Datentransparenz. Mit dem Edge-Modul von Igus können Unternehmen jetzt schnell und einfach erste Maschinendaten erfassen, sichtbar machen und nutzbar auswerten.

Nur wer seine Prozesse kennt und gezielt analysiert, kann Energieverbräuche sowie Stillstände reduzieren und langfristig wettbewerbsfähig bleiben. Gleichzeitig zeigt sich in vielen Unternehmen eine gewisse Unsicherheit gegenüber komplexen Digitalisierungsstrategien.

Datenlogger und Analysemodul

Hier setzt Igus mit dem i.Cee²-Modul an. Das kompakte Gerät wird direkt im Schaltschrank installiert und arbeitet als Edge Device an der Maschine. Es übernimmt die Rolle eines universellen Datenloggers und Analysemoduls. Über integrierte analoge und digitale Schnittstellen lassen sich verschiedene Sensoren anschließen – etwa zur Erfassung von Stromverläufen, Temperaturen, Feuchtig-

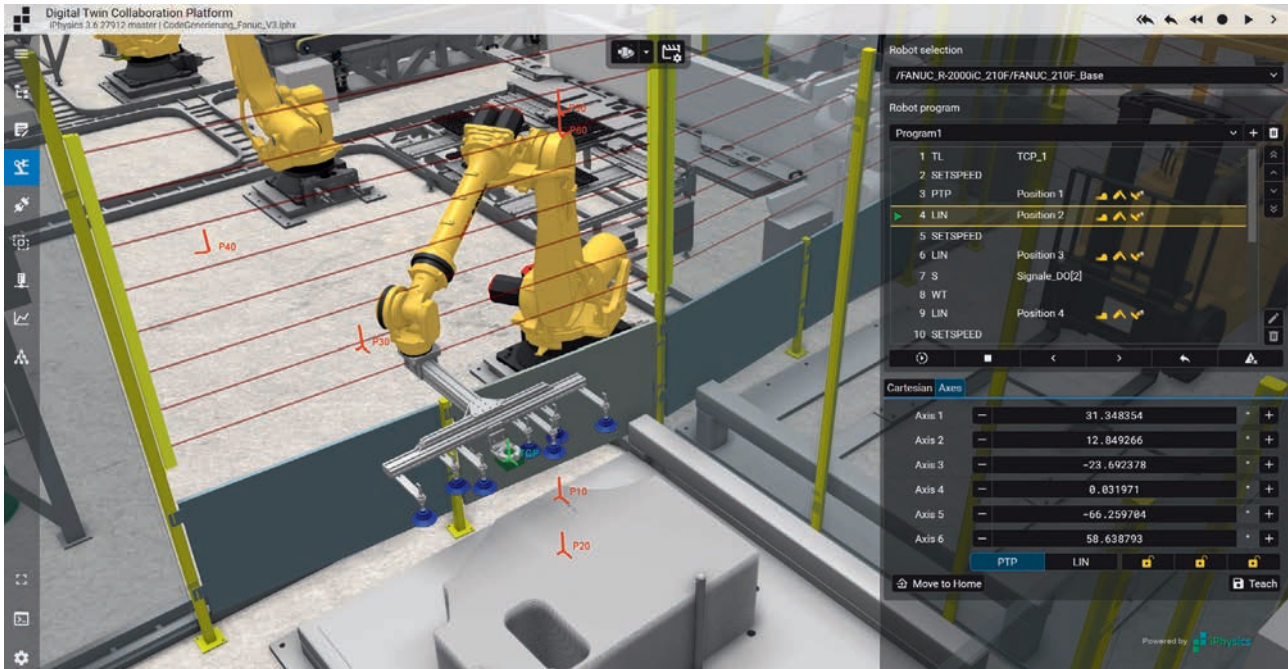
keit oder Kräften. Die Daten werden unmittelbar im Gerät gespeichert, verarbeitet und visualisiert. Anwender erhalten so einen direkten Einblick in den Zustand ihrer Anlagen, ohne zuvor komplexe IT-Infrastrukturen aufbauen zu müssen.

„Mit dem i.Cee² erfassen Kunden zunächst ihre Maschinendaten und erkennen daraus Schritt für Schritt Zusammenhänge und Zustände. So entsteht ganz pragmatisch der Übergang zum Condition Monitoring“, erklärt Richard Habering, Geschäftsbereichsleiter Smart Plastics bei Igus. Erst in einem weiteren Schritt entstehen daraus Prognosen und konkrete Wartungsempfehlungen im Sinne der Predictive Maintenance. Gerade für Unternehmen ohne ausgeprägte Datenhistorie schafft dieser Ansatz eine belastbare Grundlage für weiterführende Analysen.

Igus SE & Co. KG
www.igus.de

Physikalische Simulation meistert Herausforderungen der modernen Bahnplanung

Kollisionsfrei und dynamisch



Die Plattform iPhysics bringt komplette Maschinen und Anlagen bereits im Vorfeld virtuell zum Laufen und schafft so die Basis für effiziente, sichere und flexible Entwicklungsprozesse.

Um Kollisionen und Taktzeitverluste bereits vor der physischen Inbetriebnahme zu vermeiden, erfolgt die Bahnplanung bei Robotern zunehmend im digitalen Zwilling. Durch die Integration physikalischer Simulationen und virtueller Inbetriebnahmen lassen sich dynamische Belastungen und steuerungstechnische Abhängigkeiten präzise analysieren. Dies verschiebt die Validierung in die Entwicklungsphase und sichert eine effiziente Produktionsausführung.

Anpassungen in der Produktion, wie die Implementierung neuer Greifer, zusätzliche Produktvarianten oder geänderte Werkstückgeometrien, können bestehende Bewegungsabläufe beeinflussen. Geringfügige Änderungen führen in der Praxis mitunter zu Kollisionen oder dazu, dass Zielpositionen nur über kritische Roboterstellungen erreicht werden, was die Einhaltung vorgegebener Taktzeiten gefährden kann.

Im Maschinen- und Anlagenbau führen eine steigende Variantenvielfalt, verkürzte Produktlebenszyklen und Anforderungen an die Flexibilität zu häufigeren Anpassungen der Bewegungsabläufe. Parallel dazu nimmt die Komplexität der Anlagen zu; Roboter agieren in engeren Fertigungszellen und teilen sich Arbeitsbereiche mit weiteren Kinematiken. Zudem ergeben sich Risiken aus der Interaktion mit Fördertechnik, Spannsystemen und Peripheriekomponenten.

Die Bahnplanung stellt daher eine zentrale Engineering-Aufgabe dar. Dabei steht nicht mehr primär die Erreichbarkeit eines

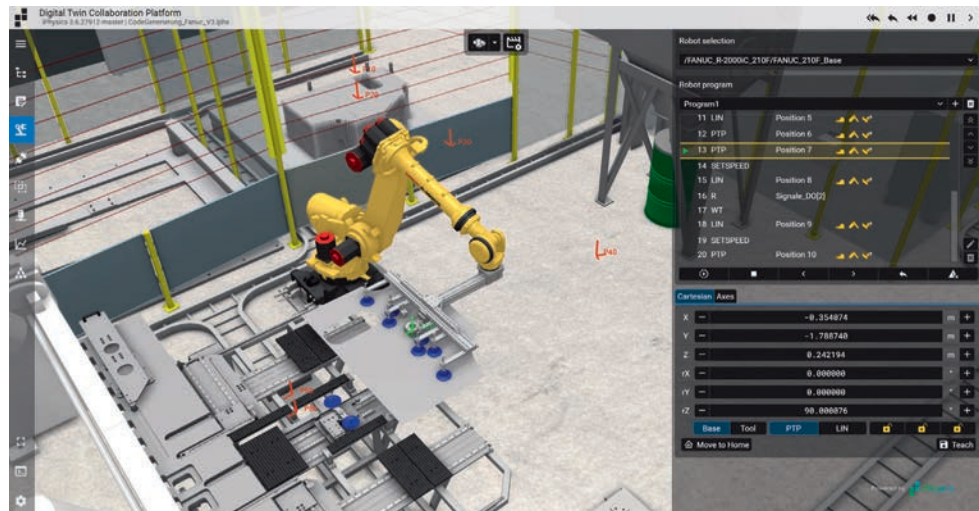
Punktes im Vordergrund, sondern der gewählte Weg und dessen Auswirkungen auf den gesamten Produktionsprozess. Während diese Fragen früher oft erst während der Inbetriebnahme geklärt wurden, ermöglicht der digitale Zwilling eine frühere Absicherung. Bewegungen können bereits in der Entwicklung am virtuellen Modell analysiert, optimiert und im Zusammenspiel mit der realen Steuerungssoftware validiert werden.

Technische Grundlagen der Bahnplanung

Aus technischer Sicht beginnt jede Bewegung mit der Verlagerung einer Kinematik von einer Start- in eine Zielposition. Bei Industrierobotern erfolgt die Berechnung meist über die inverse Kinematik, wobei aus der gewünschten Position und Orientierung des Tool Center Points (TCP) die erforderlichen Achsstellungen ermittelt werden. Da oft mehrere mathematisch gültige Lösungen für dieselbe Werkzeugposition existieren, müssen während der Planung Randbedingungen wie Gelenk- und Achsgrenzen, Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte, Kollisionsräume sowie Prozess- und Taktzeitvorgaben berücksichtigt werden.



Mit steigender Anlagenkomplexität, insbesondere in Zellen mit mehreren Robotern oder Zusatzachsen, vergrößert sich der Lösungsraum. Zur automatisierten Ermittlung kollisionsfreier Bewegungen werden algorithmische Suchverfahren eingesetzt. Methoden wie Rapidly Exploring Random Trees (RRT) oder Probabilistic Roadmaps (PRM) durchsuchen den Arbeitsraum, um Pfade zwischen Start- und Zielkonfiguration zu generieren. Das Ergebnis ist zunächst eine geometrisch gültige Bahn, die für einen stabilen Produktionsprozess jedoch oft nicht ausreichend ist.



► Mit Hilfe der integrierten Roboterbibliothek kann eine generische Inverskinematik, eine Bahnplanung für Roboter sowie einiger generischer Roboterkinematiken genutzt werden.

Bedeutung der physikalischen Simulation

In vielen Engineering-Projekten wird die Bahnplanung primär geometrisch betrachtet. Solange keine Kollisionen auftreten und Zielpunkte erreichbar sind, wird die Bewegung als korrekt eingestuft. In realen Produktionsanlagen erzeugt jede Bewegung jedoch Kräfte, Beschleunigungen und dynamische Belastungen. Schwere Werkstücke beeinflussen das Verhalten von Robotern und Handhabungssystemen, während starke Beschleunigungen die Belastung für Führungen, Lager und Antriebssysteme erhöhen.

Zur Ermittlung der optimalen Bahn wird daher die physikalische Simulation eingesetzt. Im digitalen Zwilling werden neben Geometrien und Kinematiken auch physikalische Eigenschaften wie Massen, Trägheiten, Gelenkmodelle und Kontaktverhalten integriert. Die Simulationsplattform iPhysics von Machineering ermöglicht es, diese Effekte bereits während der Entwicklung zu analysieren. Bewegungen werden dabei nicht nur auf Erreichbarkeit und Kollisionsfreiheit, sondern auch hinsichtlich des dynamischen Anlagenverhaltens bewertet.

Durch die Einbeziehung dieser Faktoren lassen sich Bewegungsstrategien objektiv vergleichen. Es kann sich zeigen, dass die geometrisch kürzeste Bahn nicht die produktivste Lösung darstellt; eine leicht verlängerte Bahn kann beispielsweise geringere Beschleunigungen erfordern, Schwingungen reduzieren und so die Zykluszeiten insgesamt verkürzen. Zudem können Auswirkungen von Änderungen, wie ein schwererer Greifer oder eine zusätzliche Achse, unmittelbar im virtuellen Modell untersucht werden. Der Fokus verschiebt sich somit von der reinen Bahnfindung zur Optimierung des gesamten Bewegungsverhaltens.

Integration in die virtuelle Inbetriebnahme

Die Kombination der Bewegungsplanung mit der virtuellen Inbetriebnahme verbindet die reale Steuerungssoftware di-

rekt mit dem Simulationsmodell. Die SPS kommuniziert mit dem digitalen Zwilling analog zur späteren physischen Maschine, wobei Sensoren, Aktoren und Antriebe in Echtzeit auf Steuerungsbefehle reagieren.

Für die Bahnplanung bedeutet dies, dass Bewegungen im Kontext des gesamten Automatisierungsprozesses betrachtet werden. Die Synchronisation von Fördertechnik und Roboterbewegung sowie die rechtzeitige Auslösung von Sensoren lassen sich nur durch die gemeinsame Betrachtung von Bewegungsplanung, Steuerungslogik und Anlagenverhalten vollumfänglich validieren.

Automatisierungingenieure können so SPS-Programme testen, Prozessabläufe validieren und Bewegungsstrategien optimieren, bevor die reale Anlage verfügbar ist. Fehler werden bereits in der Entwicklung erkannt und behoben, was eine gemeinsame Arbeitsgrundlage für Konstruktion, Automatisierung und Inbetriebnahme schafft. Insbesondere bei Retrofit-Projekten oder neuen Produktvarianten können Änderungen im digitalen Zwilling abgesichert werden, bevor sie in die Produktion übernommen werden.

Frühe Validierung statt später Fehlersuche

Die Bahnplanung hat sich zu einer interdisziplinären Engineering-Disziplin entwickelt. Der digitale Zwilling erlaubt es, Bewegungen in frühen Projektphasen unter realitätsnahen Bedingungen zu analysieren. Durch die Verknüpfung von Bahnplanung, physikalischer Simulation und virtueller Inbetriebnahme werden neben Kollisionen auch dynamische Effekte, Prozesswechselwirkungen und steuerungstechnische Abhängigkeiten berücksichtigt. Die Optimierung der Bahnplanung wird somit von der realen Inbetriebnahme in die Entwicklungsphase vorgezogen, um die zuverlässige und effiziente Ausführung der Bewegungen unter tatsächlichen Produktionsbedingungen sicherzustellen. n

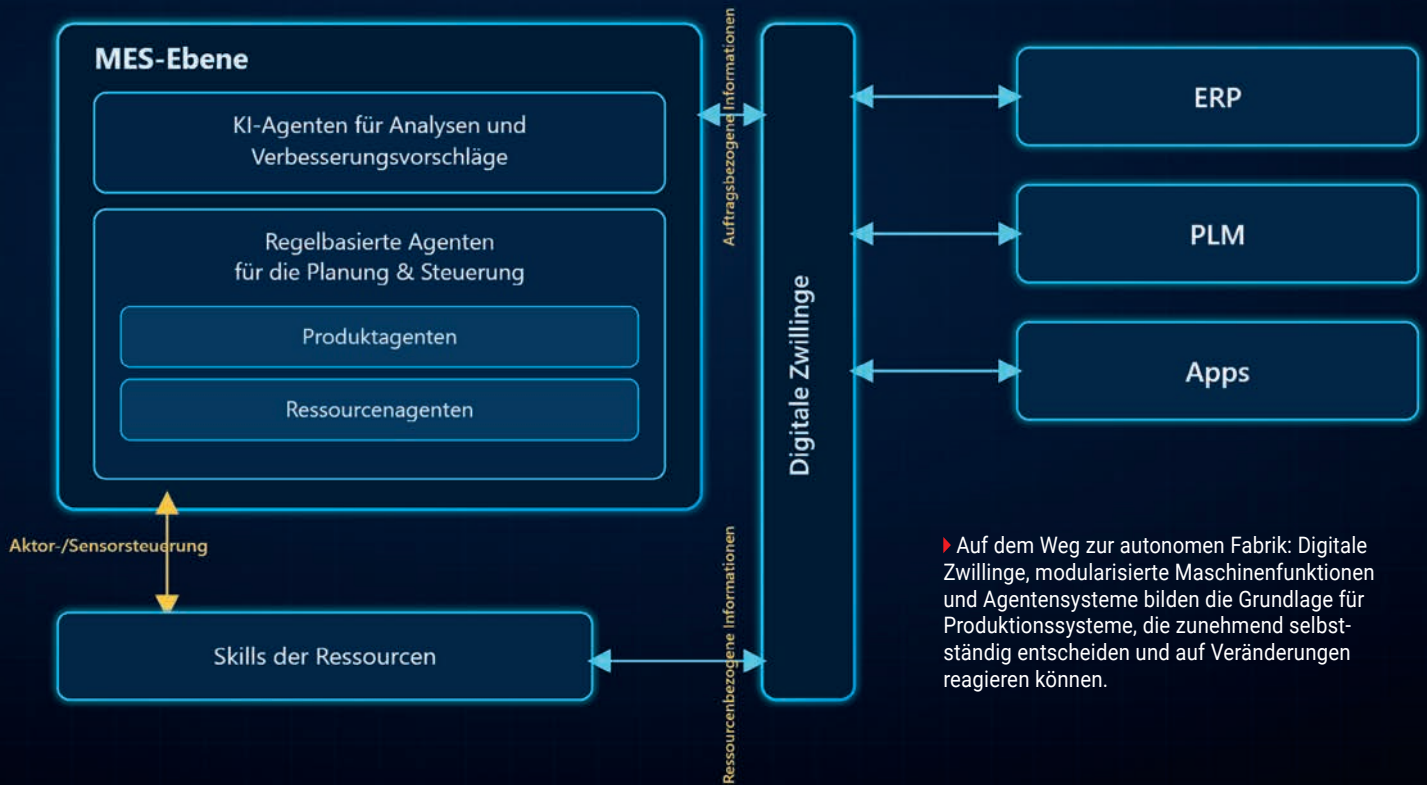


Bild: TeDo Verlag GmbH (KI-generiert) / Gössling et al. (2026):
Mit Agenten und Digital Twins zur Software Defined Industry. ATP Magazin 6-7 2026 (S. 12-14)

Auf dem Weg zur autonomen Produktion

Wenn die Fabrik selbst entscheidet

Automatisierung sorgt seit Jahrzehnten für zuverlässige und reproduzierbare Produktionsabläufe. Doch steigende Variantenvielfalt, volatile Märkte und der Fachkräftemangel verlangen zunehmend Systeme, die nicht nur vorgegebene Abläufe ausführen, sondern auf Veränderungen selbstständig reagieren. Die SmartFactory-KL arbeitet deshalb an einer Architektur für die autonome Fabrik. Digitale Zwillinge, modularisierte Maschinenfunktionen und Agentensysteme bilden dabei die zentralen Bausteine.

Automatisierung bedeutet, menschliche Handlungsweisen durch technische Abläufe zu ersetzen – Abläufe, die verlässlich, reproduzierbar und in der Regel deterministisch sind. Ein Automat ist dabei eine abgeschlossene Einheit, deren Verhalten vollständig beschrieben und von klar definierten Bedingungen abhängig ist. Diese Form der Automatisierung war und ist essenziell für Effizienz, Qualität und Sicherheit.

Doch der industrielle Kontext verändert sich schneller, als klassische Automatisierung reagieren kann. Variantenvielfalt, volatile Märkte, dynamische Lieferketten und der demografische Wandel fordern Systeme, die nicht nur ausführen, sondern entscheiden, adaptieren und interpretieren. Autonomie erweitert daher den Horizont: Ein autonomes System kann unter unsicheren und variablen Randbedingungen wirken, Entscheidungs-



Das Ziel ist eine Synergie zwischen Mensch und Maschine.

Simon Jungbluth, SmartFactory-KL

und Verfügbarkeit, Logistiksysteme planen dynamisch optimale Wege. Produktionsabläufe werden damit nicht mehr zentral vorgegeben, sondern dezentral ausgehandelt. Systeme beginnen, sich selbst zu organisieren.

Eine Architektur für beides

gen über längere Zeiträume treffen und sich selbst stabilisieren – ohne ständige menschliche Eingriffe.

Bei der Technologie-Initiative SmartFactory-KL in Kaiserslautern entsteht dafür mit der 'Autonomik' eine neue wissenschaftliche Disziplin. Sie verbindet Automatisierungstechnik, KI, Informatik mit Sozial- und Rechtswissenschaften und beschäftigt sich mit der Frage, wie Maschinen, Systeme sowie Fabriken eigenständig handeln können – sicher, robust und verantwortungsvoll. Der demografische Wandel erhöht dabei den Handlungsdruck: In den kommenden Jahren wird eine Generation erfahrener Fachkräfte die Industrie verlassen, während gleichzeitig die Anforderungen an Produktionssysteme steigen.

Entscheidend ist, dass die Referenzarchitektur traditionelle Automatisierungslösungen mit modernen Software- und Hardwarekomponenten verbindet. Im Mittelpunkt steht das Zusammenspiel zwischen OT-, IT/OT-Kopplungs- und IT-Ebene. Klar definierte Komponenten, Schnittstellen und Prozesse sollen Konsistenz und Interoperabilität gewährleisten. Unterschiedli-



Unsere zukünftigen Produktionssysteme müssen mehr können, weil wir weniger Menschen haben werden, die sie tragen.

Prof. Martin Ruskowski, SmartFactory-KL



Drei Bausteine für die autonome Fabrik

Um den Übergang von heutigen Produktionslandschaften zu autonomen Fabriken zu ermöglichen, hat die SmartFactory-KL ein Architekturmodell geschaffen, das modular, offen und Brownfield-fähig ausgelegt ist. Es basiert auf drei fundamentalen Bausteinen.

Den ersten bildet ein digitaler Backbone als Gedächtnis und Nervensystem der Fabrik. Digitale Zwillinge repräsentieren die relevanten Assets – Maschinen, Komponenten, Softwaremodule, Produkte oder Arbeitsplätze. Dadurch entsteht eine einheitliche Beschreibung der Produktionsobjekte, klassische Datensilos können aufgelöst und Informationen für Entscheidungen bereitgestellt werden. Der digitale Backbone schafft so die Grundlage für Interoperabilität und maschinelles Verständnis.

Der zweite Baustein betrifft die Automatisierung selbst. Während klassische Automatisierung in Signalen, Kabeln und Schaltplänen denkt, soll die Fabrik der Zukunft in Funktionen denken. Durch softwarebasierte Kapselung werden Maschinenverhalten, Ressourcen und Arbeitsplätze abstrahiert. Sie lassen sich dadurch unabhängig von Hersteller oder Technologie flexibel einsetzen. Selbst ältere Anlagen können so als Bausteine eines autonomen Systems weitergenutzt werden.

Als dritte Ebene kommen Agentensysteme hinzu. Softwareagenten übernehmen aktive Steuerungsrollen: Produkte kennen ihren nächsten Bearbeitungsschritt, Maschinen ihre Fähigkeiten

- Anzeige -

VARGROUP

Var Group GmbH
80807 München | Tel.: +49 89 47502063
info@vargroup.de
www.vargroup.de



Entschlüsseln Sie Ihre Engineering-DNA

Für automatisierte Zusammenarbeit, schnellere Produktreife und mehr Zeit für Innovation.

Var Group kreiert mit Ihnen ein vernetztes, datengetriebenes Engineering-Ökosystem für einfachere Prozesse und eine effizientere Produktentwicklung. Dafür analysieren wir Ihre manuellen Prozesse, IT-Systeme und Software-Tools. Von ECAD und MCAD über PLM und ERP bis ALM und Simulation integrieren wir starke Software-Lösungen und verbinden sie zu einem digitalen Thread. So arbeiten Abteilungen synchron, Datenübergaben laufen automatisiert und Fehler werden frühzeitig erkannt. Das Ergebnis: kürzere Entwicklungszeiten, weniger Änderungsaufwände, bessere Entscheidungen und eine schnellere Produkteinführung.





che Systeme können dadurch miteinander interagieren – eine technische Voraussetzung dafür, dass Maschinen eigenständig handeln und kooperieren können. Gleichzeitig erleichtert die Architektur die Integration selbstlernender Systeme, intelligenter Algorithmen und Foundation Models. Sie können Daten in Echtzeit erfassen, analysieren und daraus lernen. Damit entsteht die Grundlage für autonome Entscheidungen und die automatische Anpassung an veränderte Produktionsanforderungen oder unvorhergesehene Ereignisse.

Digitale Zwillinge und Skills machen flexibel

Eine wichtige Rolle spielen dabei digitale Zwillinge und standardisierte Skills. Erkennt der digitale Zwilling beispielsweise Verzögerungen in einem Bearbeitungsschritt, können andere Ma-

“ Die SmartFactory-KL implementiert solche agentenbasierten Systeme aktiv in der eigenen Modellfabrik.

Dr. Henning Gössling, SmartFactory-KL



onsressourcen mit dynamischen Materialflüssen. Produktagenten können anhand des jeweiligen Arbeitsplans selbst entscheiden, welcher Weg durch die Produktion für ein einzelnes Produkt optimal ist. Eine zentrale Materialflussssteuerung, in der sämtliche möglichen Wege aller Produkttypen hinterlegt werden müssen, kann dadurch entfallen.

Industrielle Agentensysteme sammeln dazu Umgebungsinformationen über Sensoren, kommunizieren untereinander, analysieren Informationen und treffen auf dieser Basis Entscheidungen. Sie können aus Erfahrungen lernen, Konsequenzen ihrer Handlungen berücksichtigen und ihre Strategien weiterentwickeln. Durch ihren modularen Aufbau lassen sie sich zudem an unterschiedliche Produktionsumgebungen anpassen. Neue Maschinen und können durch Ressourcenagenten integriert werden, ohne umfangreiche Umprogrammierungen vorzunehmen. Echtzeitdaten erhöhen gleichzeitig die Transparenz und ermöglichen es anderen Agenten, unmittelbar auf Planabweichungen zu reagieren.

“

Standardisierte Schnittstellen und Skills erlauben es, Automatisierung modular und sektorübergreifend einzusetzen.

Pascal Rübel, SmartFactory-KL



schinen automatisiert Aufgaben übernehmen. Einheitliche Skills beschreiben die Fähigkeiten einer Maschine und ermöglichen eine schnelle und flexible Neuverteilung der Aufgaben. Der Prozess kann dadurch ohne manuelle Eingriffe stabil gehalten werden.

Das verändert auch die Aufgabenverteilung innerhalb der Automatisierung. Produktionsprozesse werden variabler, Losgrößen kleiner und Anpassungen häufiger. Während die SPS weiterhin für Sicherheits- und Echtzeitfunktionen relevant bleibt, übernehmen Hochsprachen zunehmend flexible Aufgaben. Standardisierte Schnittstellen und digital beschriebene Maschinenfähigkeiten ermöglichen es, Automatisierung modular einzusetzen.

Bei KI-basierten Entscheidungen liegt die Messlatte in der Industrie allerdings hoch. Sie müssen zuverlässig, erklärbar und zertifizierbar sein. Fehlerquoten, die in Consumer-Anwendungen akzeptabel sein mögen, sind in industriellen Umgebungen nicht tragbar. Die Vision einer universellen, skillbasierten und KI-gestützten Automatisierung sieht die SmartFactory-KL deshalb erst in zehn bis 15 Jahren vollständig realisiert.

Wenn Produkte ihren Weg selbst bestimmen

Wie eine solche dezentrale Produktionslogik aussehen kann, zeigt die Matrixproduktion. Im Gegensatz zu traditionellen Produktionslinien bietet sie eine flexible Anordnung von Produkti-

Vom starren Ablauf zum flexiblen System

Agentenbasierte Automatisierung kann bestehende Prozesse flexibler und effizienter machen. Voraussetzung dafür sind interdisziplinäre Teams und ein klar definierter Fahrplan. KI-Agenten übernehmen das Monitoring und machen Vorschläge für Anpassungen innerhalb der regelbasierten Produkt- und Ressourcenagenten. Mit der zunehmenden Vernetzung von Anlagen und der fortschreitenden Digitalisierung entwickelt sich die Technologie damit zu einem Baustein für Produktionssysteme, die sich zunehmend selbstständig an neue Anforderungen anpassen können. ■

Harting AG & Co. KG
www.harting.com

Prof. Dr. Martin Ruskowski
Vorstandsvorsitzender
Simon Jungbluth
Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Automatisierung)
Pascal Rübel
Projektleiter Factory-X
Dr. Henning Gössling
Senior Researcher mit Forschungsschwerpunkt Agentenbasierte Produktion und Logistik
Technologie-Initiative SmartFactory KL e.V.
www.smartfactory.de



*Hochpräzise Aktuatoren erhöhen
Prozesssicherheit und Produktqualität*

Auf den Mikrometer genau

Orientalmotor

BAUKASTEN

Digital auswählen
und konfigurieren

Seite 74

TRANSPORTSYSTEM

Ungebremste Versorgung
trotz variabler Formate

Seite 76

NEUHEITEN

Neue Produkte aus der
Welt der Antriebstechnik

Seite 77



► Der rotierende Hohlwellenaktuator DGII erzielt eine Wiederholgenauigkeit von bis zu $\pm 0,004^\circ$ und ermöglicht kurze Maschinenzyklen. Als Antrieb bietet sich ein Hybrid Stepper Servo der AZ-Serie an, der sich aufgrund der geringen Wärmeentwicklung gut für den Dauerbetrieb eignet.



Hochpräzise Aktuatoren erhöhen Prozesssicherheit und Produktqualität

Auf den Mikrometer genau

Automatisierungssysteme müssen nicht nur besonders effizient und genau arbeiten – sie sollten auch möglichst wenig Platz in der Anwendung beanspruchen. Diese Anforderungen können Maschinen- und Anlagenbauer nur mit Antrieben erfüllen, die auf engem Raum exakt arbeiten. Oriental Motor entwickelt seit Jahrzehnten kompakte, leistungsstarke und präzise Antriebslösungen für industrielle Anwendungen, die sich selbst in enge Bauräume problemlos integrieren lassen.

Automatisierungssysteme müssen nicht nur besonders effizient und genau arbeiten – sie sollten auch möglichst wenig Platz in der Anwendung beanspruchen. Diese Anforderungen können Maschinen- und Anlagenbauer nur mit Antrieben erfüllen, die auf engem Raum exakt arbeiten. Oriental Motor entwickelt seit Jahrzehnten kompakte, leistungsstarke und präzise Antriebslösungen für industrielle Anwendungen, die sich selbst in enge Bauräume problemlos integrieren lassen.

In Zusammenarbeit mit Anwendern verschiedener Branchen entwickelt Oriental Motor immer wieder Lösungen, die auf spezifische Applikationsanforderungen zugeschnitten sind. So war es auch beim rotierenden Hohlwellenaktuator DGII und den elektrischen Linearantrieben DRS2/DR.

Die Hohlwellen-Drehtische der DGII-Serie sind mit einem Kreuzrollenlager ausgestattet und erzielen so eine Wiederholgenauigkeit bis $\pm 0,004^\circ$ sowie eine hohe Steifigkeit. Sie sind für Drehmomente bis 50Nm, Drehzahlen bis 1.800°/s sowie Momentenlasten bis 500Nm und Traglasten bis 4.000N ausgelegt. Mit diesen Eigenschaften eignen sie sich für den Einsatz in der Wafer-Herstellung, in der Verpackungstechnik, zur Bildkontrolle sowie

in Getränkeabfüllanlagen. Oriental Motor bietet die Antriebe in verschiedenen Ausführungen mit Hohlwellen-Durchmessern von 20 bis 100mm und Rahmengrößen von 60 bis 200mm an.

Konstruktion spart Platz

Das Besondere an den rotierenden DGII-Aktuatoren ist ihre Konstruktionsweise: Arme und andere Lasten können direkt am Drehtisch montiert werden, wodurch keine Kupplungen oder andere Montageteile benötigt werden. Dies reduziert den Bauraum und verkürzt die Installationszeit. Als Antrieb dient ein Hybrid Stepper Servo der AZ-Serie. Dieser liefert in Kombination mit Getrieben Haltemomente bis 157Nm und eignet sich aufgrund der geringen Wärmeentwicklung gut für den Dauerbetrieb. Die Motoren sind mit Flanschmaßen von 20 bis 85mm lieferbar und verfügen über einen eingebauten batterielosen Absolutencoder.

Die Absolutposition wird über eine mechanisch erzeugte magnetische Signatur ermittelt. Ein direkt mit dem Rotor gekoppeltes Zahnrad treibt ein mehrstufiges Getriebe an, dessen Zahnräder mit Permanentmagneten ausgestattet sind. AMR-Sensoren werten die entstehenden Phasenverschiebungen aus, was



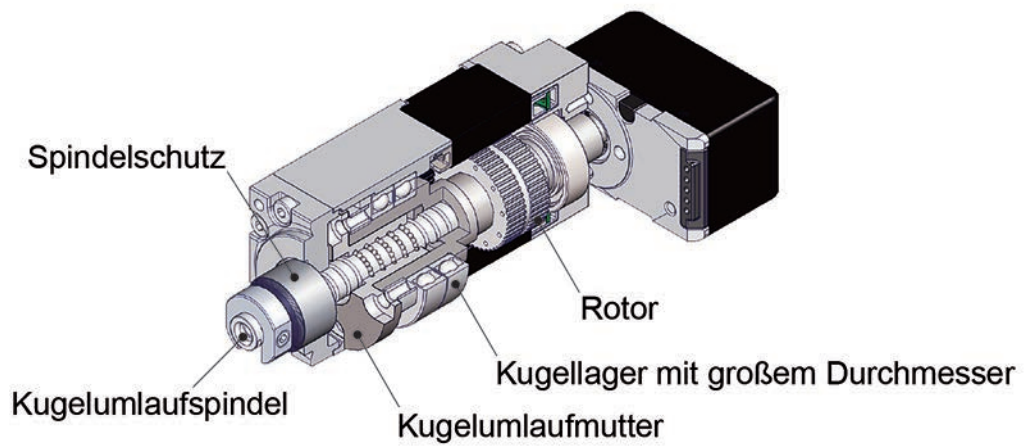
eine hochauflösende Absolutpositionsbestimmung ganz ohne Batterie ermöglicht.

Maschinenzyklus wird verkürzt

Da der Sensor keine Batterie benötigt, ist die Position des Antriebs jederzeit bekannt – sie kann nicht durch einen Ausfall der Stromversorgung verlorengehen. Auch systembedingte Faktoren wie z.B. wechselnde Lasten haben keinen Einfluss auf die Positioniergenauigkeit des Antriebs, weil das Closed-Loop-System notfalls nachregeln würde. Da keine externen Referenzsensoren erforderlich sind, kann die Nullposition direkt mit hoher Geschwindigkeit angefahren werden, was den Maschinenzyklus verkürzt. Die Ausführungen mit Flanschmaßen von 28 bis 85mm gibt es auch mit elektromagnetischer Bremse.

Der mechanische Absolutencoder hat aber noch weitere Vorteile: Da er ohne Batterie arbeitet, ist kein externer Sensor und somit keine aufwändige Verdrahtung erforderlich. Dadurch sinken nicht nur die Kosten des gesamten Antriebssystems, sondern auch der Installationsaufwand. Darüber hinaus ermöglicht der eingesparte Bauraum Konstrukteuren mehr Flexibilität bei ihrer Planung.

Für Servos mit Flanschmaßen von 42 bis 85mm bietet der Hersteller drei verschiedene Kabelabgangsrichtungen an. Für die Kommunikation der Motoren mit der übergeordneten Steuerung stehen Einzelachs-, Multiachs- und Mini-Treiber zur Verfügung. Letztere sind für den Einsatz in Schaltschränken mit begrenztem Platzangebot konzipiert. Unterstützt werden Feldbusprotokolle wie Profinet, Ethercat, Ethernet/IP oder Modbus RTU RS-485. Einige Treibervarianten mit AC- und DC-Eingangsspannung verfügen über eine zertifizierte STO-Funktion.



► Die Kugelumlaufspindeln in den Aktuatoren bieten eine hohe Positioniergenauigkeit.

Für präzise integrierte Linearbewegungen

Für die Ausführung präziser Linearbewegungen in platzkritischen Anwendungen hat Oriental Motor die kompakten elektrischen Aktuatoren der DRS2-Serie entwickelt. Sie kombinieren einen Closed-Loop-Schrittmotor der AZ-Serie mit einem Hohlrotor sowie einer präzisen Kugelumlaufspindel. Verfügbar sind sie mit Flanschmaßen von 42mm (mit oder ohne Führung) und 60mm (ohne Führung) und mit Hüben von 40 bzw. 50mm. Die maximale Schubkraft beträgt 500N. Die Präzisionskugelumlaufmutter erzielen eine Wiederholgenauigkeit von $\pm 0,003\text{mm}$, die gerollten Kugelumlaufspindeln erreichen $\pm 0,01\text{mm}$.

Die DR-Serie basiert auf demselben Konstruktionsprinzip wie die DRS2-Aktuatoren, ist jedoch für einen geringeren Leistungsbereich optimiert. Um die Steifigkeit des Systems zu erhöhen, haben die Ingenieure auch hier den Hohlrotor und die Spindelmutter in den Motor integriert: Dadurch bauen die Linearantriebe sehr kompakt. Gleichzeitig sorgt der AZ Hybrid Stepper Servo im Zusammenspiel mit der Kugelumlaufspindel für eine Wiederholgenauigkeit von $\pm 0,003\text{mm}$ (geschliffene Spindel) bzw. $\pm 0,01\text{mm}$ (gerollte Spindel).

Linearantriebe der DR-Serie, die es mit Flanschmaßen von 20 und 28mm gibt, sind prädestiniert für alle Anwendungen, bei denen es auf jeden Zentimeter Platzeinsparung ankommt und die gleichzeitig eine hohe Positioniergenauigkeit erfordern.

► Die elektrischen Linearantriebe der DR-Serie wurden für platzkritische Applikationen im kleineren Leistungsbereich entwickelt.



Präzise wie eh und je

Fast 20 Jahre ist die DG-Serie von Oriental Motor inzwischen auf dem Markt. Seit ihrer Einführung hat der Antriebstechnik-Spezialist sein Programm an Hohlwellen-Drehtischen und elektrischen Linearaktuatoren weiter ausgebaut. Die Produkte überzeugen durch ihre Positioniergenauigkeit sowie ihr platzsparendes Design. Die Industrie erzielt durch die hohe Wiederholgenauigkeit der Aktuatoren eine erhöhte Prozesssicherheit und kann eine konstante Produktqualität sicherstellen. n

Oriental Motor (Europa) GmbH
www.orientalmotor.de



Kundenspezifische Getriebemotoren für die Rührwerkstechnik

Digital auswählen und konfigurieren

► Getrieberührwerke mit einem U-Impeller für den Bodeneinbau eignen sich zum Mischen und Lagern in offenen und sterilen Prozessen bis zu 80.000l Rührvolumen und niedrigviskosen Medien. Sie haben günstige Anschaffungskosten und lassen sich einfach warten und reinigen.

Parameter vorgenommen. Der Konfigurator ermöglicht es, die passende Antriebstechnik schnell und präzise auszuwählen. Das beschleunigt die Lösungsfindung für den Endkunden.

Effiziente Produktauswahl mit wenigen Klicks

Sobald eine passende Motor-/Getriebekombination von SEW-Eurodrive gefunden ist, können weitere Eigenschaften wie die Bauform oder Einbauausführung hinzugefügt werden. Auch kundenspezifische Optionen, z.B. eine spezielle Farbe, lassen sich einfach auswählen. All diese Informationen werden im Warenkorb des On-

Dank des benutzerfreundlichen Online Supports und der digitalen Produktauswahl von SEW-Eurodrive können Anwender ihre Getriebemotoren auswählen und konfigurieren. Die Lieferzeit und der kundenspezifische Preis werden unmittelbar angezeigt. Für PRG Präzisions-Rührer ist das ein großer Vorteil im Vertriebsprozess.

PRG bietet maßgeschneiderte Rührlösungen, die genau auf die Erfordernisse der Branchen und spezifischen Wünsche der Kunden abgestimmt sind. Für ihre Rührwerke setzen sie häufig effiziente und zuverlässige Flach- oder Kegelradgetriebe aus dem Antriebsbaukasten von SEW-Eurodrive ein. „Neben den guten technischen Eigenschaften der Antriebe ist für

uns auch die weltweite Servicefähigkeit sehr wichtig“ erläutert PRG-Vertriebsleiter Matthias Ridder.

Das Kundenportal Online Support von SEW bietet umfassende Funktionen zur digitalen Produktauswahl und -konfiguration. Marco Götte, Vertriebsmitarbeiter bei PRG, nutzt seit vielen Jahren den digitalen Produktkonfigurator. Er schätzt die direkte Verfügbarkeit aller notwendigen Informationen und die einfache Handhabung des Systems.

„Aus der gewünschten Drehzahl und der damit verbundenen, berechneten Antriebsleistung ergeben sich der Wellendurchmesser sowie die passende Getriebegröße“, erklärt Götte. Diese Auswahl wird im Produktkonfigurator durch die Eingabe einer Getriebe-/Motorkombination oder durch die geführte Eingabe der einzelnen

line Supports zusammengefasst. Neben der Typbezeichnung des Getriebemotors enthält er auch die technischen Eigenschaften, CAD-Daten und weitere Dokumente zum direkten Download. Ist der Nutzer eingeloggt, erhält er zusätzlich seinen kundenspezifischen Nettopreis und die Lieferzeit. Götte ist begeistert von der Unterstützung, die das Tool bietet: „Der Online Support hilft mir nicht nur bei der Auswahl der gewünschten Antriebe. Durch die Anzeige der tagesaktuellen Preise kann ich auch sehr schnell auf die Anfragen meiner Kunden reagieren und muss nicht auf eine Angebotserstellung von SEW warten“.

Nahtlose Integration in den Bestellprozess

Wenn ein Kunde bestellt, übergibt Götte die Informationen an Michael Gundlach

Bild: SEW-Eurodrive GmbH & Co. KG



Bild: PRG

„Durch die Nutzung des Online Supports vermeiden wir unnötige Lagerhaltungskosten und erreichen größere Flexibilität“, erläutert PRG-Vertriebsleiter Matthias Ridder. „Er ermöglicht uns, schnell und effizient auf Kundenanfragen zu reagieren und die benötigten Antriebskomponenten zeitnah zu bestellen.“

aus dem PRG-Einkauf: „Seit mir SEW-Eurodrive das Online-Bestellen vor ein paar Jahren zeigte, nutze ich diesen Weg. Es sei denn, unsere Produktauswahl kann im

Standard nicht abgebildet werden. Dann nutze ich den Weg über eine separate Anfrage und entsprechende Projektabwicklung“. Im Warenkorb kann der Einkäufer mit den Produkten weiterarbeiten, die PRG-Bestellreferenz eintragen, eine Wunschlieferart sowie den Termin auswählen und bestellen. In der Auftragsabwicklung werden alle Informationen direkt in das ERP-System von SEW-Eurodrive übertragen. Die Auftragsbestätigung kann dadurch zügig direkt an PRG versendet werden.

Mehr Flexibilität und Effizienz

Matthias Ridder, Vertriebsleiter der PRG, hebt die Vorteile des Tools hervor: „Durch die Nutzung des Online Supports vermeiden wir unnötige Lagerhaltungskosten und erreichen größere Flexibilität. Er ermöglicht uns, schnell und effizient auf Kundenanfragen zu reagieren und die benötigten Antriebskomponenten

zeitnah zu bestellen.“ Der Online Support ist nicht nur für die Warburger Firma von großem Nutzen, sondern auch für jeden OEM-Kunden, der regelmäßig Antriebe

von SEW-Eurodrive bestellt. Die Plattform hat eine benutzerfreundliche Oberfläche und zahlreiche Funktionen, die den Bestellprozess vereinfachen und beschleunigen. Mit zusätzlichen Aktivitäten in den Bereichen 'Planung & Engineering' stehen künftig noch mehr Funktionen und Tools zur Verfügung, die den Kunden bei der Auswahl und Bestellung der passenden Antriebstechnik unterstützen.

Zu Beginn wurden die Anfragen noch per E-Mail bearbeitet und die Angebote manuell an PRG Präzisions-Rührer gesendet. Heute hat sich dieser Prozess dank des digitalen Kundenportals Online Support erheblich vereinfacht und beschleunigt. Die Digitalisierung ermöglichte, dass alle Schritte von der Produktauswahl bis zur Bestellung effizient online abgewickelt werden können. ■



Das Video zur Kundenreferenz

<https://tedo.link/CkKzOX>

Michaela Flindt-Sauter
Marketing Coordinator Online Support
SEW-Eurodrive GmbH & Co KG
www.sew-eurodrive.de

Anzeige



Kübler

Safety over
EtherCAT®

SAFETY DREHGEBER

Flexibel einsetzbar und maximale Performance dank umfassender Drehgeberfunktionalität und Cyber Security.



kuebler.com



Shuttles bringen Flexibilität in die Herstellung von Infusionsbeuteln

Ungebremsste Versorgung trotz variabler Formate



► AcopasTrak erlaubt durch individuell Shuttle-Bewegungen eine Produktionsumstellung ohne mechanische Bauteileänderungen.

Adaptive Produktionslinie sorgt für Nachvollziehbarkeit

Für echte Formatfreiheit sorgt in der neuen Maschine die individuelle Shuttlesteuerung des AcopasTrak von B&R. Jedes Shuttle auf dem Track-System bewegt sich unabhängig und Beutelgrößen können ohne mechanische Änderungen gewechselt werden. Das spart Reinraumzeit und macht auch kleine Chargen wirtschaftlich rentabel. Die smarte Bildverarbeitung mittels integriertem Vision System von B&R identifiziert die Shuttles präzise und zuverlässig. Damit behalten die Bediener jederzeit den Überblick – intuitiv, klar und browserbasiert.

Ein leistungsstarker B&R Industrie-PC verfolgt jedes Shuttle in Echtzeit und sorgt für lückenlose Transparenz und sichere Prozesse. Die mit Mapp View entwickelte Benutzeroberfläche bietet eine intuitive Webvisualisierung und OPC-UA-Kompatibilität sorgt für eine vollständige Datenintegration.

Bereits während der Konzeptionsphase der Beutelherstellungsmaschine stellte B&R einen digitalen Zwilling der Maschine zur Verfügung. Damit konnten die ideale Konfiguration von AcopasTrak und den Shuttle-Geschwindigkeiten ermittelt werden, bevor mit der eigentlichen Hardware gearbeitet wurde. Mit dem digitalen Zwilling lassen sich Risiken wie Fehlkonfigurationen früh erkennen und beseitigen und Abläufe realitätsnah simuliert. Der finale Maschinenaufbau verläuft dadurch deutlich schneller und reibungsloser. n

Bei der Herstellung von medizinischen Infusionsbeuteln ist jede Naht und jedes Detail entscheidend für die Sicherheit sowie die Qualität – und letztlich für das Wohl von Patienten. Trotzdem müssen die Produktionslinien in der Pharmaindustrie möglichst flexibel sein, da immer kleinere Losgrößen, häufige Formatwechsel und lückenlose Nachverfolgbarkeit gefragt ist. Durch eine adaptive Lösung von B&R ist Thimonier in der Lage, bei seinen Befüllmaschinen für flexible Beutel den wachsenden Anforderungen des Marktes zu begegnen.

Personalisierte Therapien verlangen hohe Flexibilität, da Produktionslinien nahezu im Minutentakt unterschiedliche Beutelgrößen und -formate verarbeiten müssen. Traditionelle Maschinen benötigen dafür aufwendige Umbauten, in denen wertvolle Reinraumzeit verloren geht. Thimonier wollte deshalb eine Anlage konstruieren, die Formatwechsel in Minuten statt Stunden ermöglicht. Sie sollte gleichzeitig den Materialabfall reduzieren, eine lückenlose Rückverfolgbarkeit gewährleisten und sich nahtlos in ein GMP-konformes Umfeld integrieren lassen.

„Unser höchstes Ziel ist es Maschinen zu entwickeln, die nicht nur schnell, flexibel und effizient sind, sondern mit den steigenden Bedürfnissen unserer Kunden mitwachsen“, so Eric Duhoo, CEO von Thimonier. „Mit den adaptiven Automatisierungslösungen von B&R können wir das sicherstellen.“

B&R Industrie-Elektronik GmbH
www.br-automation.com

In dem Video sehen Sie,
wie die Maschine in der
Produktion läuft:





Batterie-lose Kit-Encoder

Bei den zwei neuen Drehgeber-Modellen (Kit Encoder) für sicherheitskritische Anwendungen von Fraba stehen die batterie-lose Multiturn-Erfassung und Kosten-effizienz im Fokus. Während sie eine geringere Auflösung und begrenzte Messbereiche als andere Multiturn-Geräte im Ixarc-Encoder-Portfolio des An-

bieters aufweisen, bieten die neuen Modelle Vorteile in sicherheitskritischen Anwendungen wie AGVs und AMRs. Zudem eignen sie sich für Hebesysteme und automatisierte Lagertechnik, die eine zuverlässige Positionsrückmeldung, kompakte Einbaumaße und einen störungsfreien Langzeitbetrieb erfordern.



Posital B.V.
www.posital.de

- Anzeige -

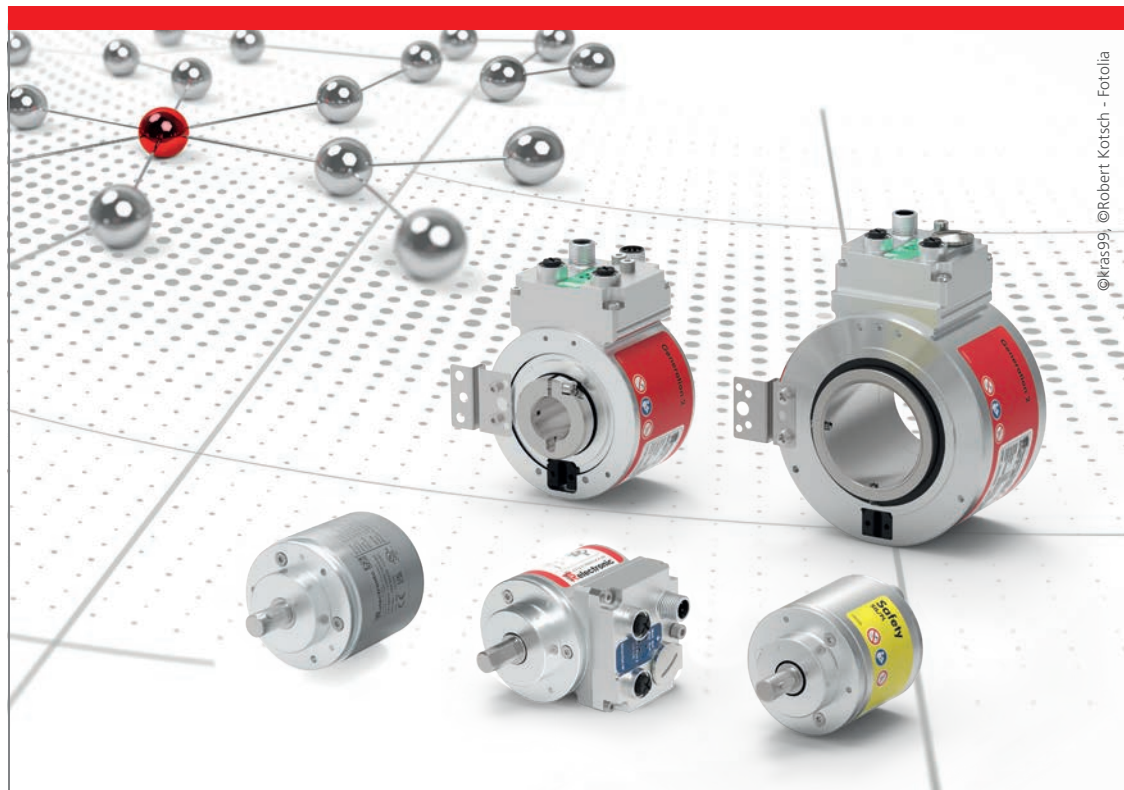
Frequenzumrichter

Der Frequenzumrichter Sinamics G200 von Siemens unterstützt eine einfache und effiziente Umsetzung typischer Applikationen, von der Auswahl und Inbetriebnahme



bis hin zum Betrieb. Sein kompaktes Design ermöglicht eine platzsparende Integration im Schaltschrank. Er unterstützt Profinet und lässt sich nahtlos in Simatic-Umgebungen integrieren, einschließlich TIA Portal und Startdrive. Dieser One Network-Ansatz vereinfacht die Systemauslegung, reduziert den Engineering-Aufwand und verbessert die Datentransparenz über die gesamte Anlage. Integrierte Safety- und Cybersecurity-Funktionen sowie umfassende Zertifizierungen sorgen für einen zuverlässigen Betrieb in unterschiedlichen Einsatzbereichen weltweit.

Siemens AG
www.siemens.com



©kras99, ©Robert Kotsch - Fotolia

Vielseitiger Netzwerker – nahtlos, schnell, direkt INDUSTRIAL ETHERNET von 58 bis 110 mm

Die ganze Welt der Kommunikation,
alle Drehgeber-Familien

- Industriestandard 58 mm
- Funktional sicher 58 mm und 75 mm
- für große Hohlwellen bis 50 mm
- M 12 Steckverbinder
- Anwendungen: Lager- und Logistik, Metallbearbeitung, erneuerbaren Energien, Verpackungsindustrie...

PROFINET

EtherNet/IP

EtherCAT

ETHERNET POWERLINK

TR electronic

www.tr-electronic.de



Sensorlose Fangschaltung

Mit Flying Restart erweitert Sieb & Meyer den Funktionsumfang seiner Drive Controller aus der SD4x-Familie. Die Lösung gestattet das sensorlose Aufschalten auf einen bereits drehenden Synchronmotor oder -generator und eröffnet damit neue Möglichkeiten für Anwendungen, in denen rotierende Systeme nach einer Unterbrechung schnell und kontrolliert wieder in den Regelbetrieb übernommen werden sollen. Die Funktion basiert auf zusätzlicher Hardware zur Phasenspannungsmessung und wird perspektivisch

für ausgewählte Geräte der SD4x-Familie verfügbar sein. Vorgesehen ist die Funktion zunächst für den SD4M sowie künftig für Geräte der SD4S-Serie ab 24kW aufwärts. Die sensorlose Fangschaltung ermöglicht, dass ein freidrehender Antrieb oder Generator nach einer kurzen Unterbrechung nicht erst vollständig abbremsen muss, bevor der Betrieb fortgesetzt werden kann. Der Drive Controller erkennt die aktuelle Drehbewegung und schaltet sich ohne Drehgeber auf den laufenden Motor oder Generator auf –



ein erneuter Start bei Drehzahl Null, der bisher zwingend notwendig war, entfällt.

Sieb & Meyer AG
www.sieb-meyer.de

Neuer Muttertyp sorgt für mehr Leistung

Bosch Rexroth erweitert die Performance Line seiner Kugelgewindetriebe um eine Lösung für vertikale und dynamische Linearanwendungen. Durch einen neu entwickelten Muttertyp mit verbessertem Ablaufverhalten lassen sich Spin-



delantriebe für Werkzeugmaschinen oder Servopressen noch leistungstärker, zuverlässiger und präziser realisieren. Die neue Flansch-Einzelmutter FEH-E-B ist in acht Größen mit einem Nenndurchmesser von 32 bis 63mm und einer Steigung von 5 bis 20mm erhältlich. Sie verbessert das Ablaufverhalten durch eine geteilte Kugelschnecke mit verringerter Anzahl von Umläufen und bietet im Vergleich zum Vorgängermodell um bis zu 14 Prozent größere dynamischen Tragzahlen sowie eine bis zu 50 Prozent längere Lebensdauer.

Bosch Rexroth AG
www.boschrexroth.de

Drehgeber liefert auch Zustandsdaten

Lenord+Bauer erweitert sein Portfolio digitaler MiniCoder um eine Variante mit serieller Schnittstelle für Fanuc-Umrichtersysteme. Der lagerlose Drehgeber GEL 244xF lässt sich direkt an Fanuc qi SP/SPB/SP-D Systeme anbinden und bietet eine Auflösung von 24Bit. Über die digitale Schnittstelle werden neben Drehzahl und Position auch Betriebszustandsdaten übertragen. Dazu zählen Warn- und Fehlermeldungen zur frühzeitigen Erkennung kritischer Zustände sowie Temperaturwerte aus dem Umfeld der Lagerstelle. Damit unterstützt der Drehgeber die Zustandsüberwachung

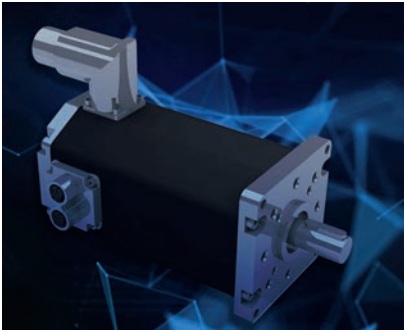
von Motorspindeln. Der Drehgeber ist für die präzise Drehzahl- und Positionsmesung im Werkzeugmaschinenbau ausgelegt. Eine jitterfreie Positionswertbildung und latenzfreie Übertragung ermöglichen eine hohe Regelgüte über den gesamten Drehzahlbereich. Die maximale Drehzahl beträgt 100.000U/min. Die berührungslose magnetische Abtastung ermöglicht einen verschleißfreien Betrieb. Mit kompaktem Gehäuse, Schutzart IP68 sowie hoher Schock- und Vibrationsfestigkeit eignet sich der Einbaugeber insbesondere für Motorspindeln und Anwendungen mit begrenztem Bauraum.



► MiniCoder der Baureihe GEL 244xF übertragen neben Drehzahl und Position auch Betriebszustandsdaten für Fanuc-Systeme.

Lenord, Bauer & Co. GmbH
www.lenord.de

Flexible Ethercat-Architektur



Der duale Ansatz von Dunkermotoren bei der Ethercat-Architektur ermöglicht es OEMs, die Antriebsarchitektur präzise auf mechanische Einschränkungen, Um-

gebungsbedingungen und das Systemlayout abzustimmen. Die integrierten dPro-Antriebe vereinen Motor, Encoder, Antriebselektronik und Ethercat-Schnittstelle in einem kompakten Gehäuse. Dieses All-in-One-Konzept eignet sich besonders für dezentrale Automatisierungssysteme, bei denen der Platz im Schaltschrank begrenzt ist, der Verdrahtungsaufwand reduziert werden muss und Intelligenz direkt auf Antriebsebene erforderlich ist. Für Anwendungen, die eine geteilte Architektur erfordern, lassen sich die dCore-Motoren mit externen Ethercat-Steuerungen, wie dem BGE

5510 dPro EC, kombinieren. Diese Konfiguration ist besonders sinnvoll, wenn die Steuerelektronik aufgrund starker Vibrationen, anspruchsvoller thermischer Bedingungen oder Maschinenlayouts, die auf zentralisierten Schaltschrankkonzepten basieren, vom Motor getrennt werden muss. Dunkermotoren ermöglicht den Zugriff auf Antriebsparameter, Statusinformationen und Diagnosedaten über Ethernet via Ethercat, ohne die Echtzeitkommunikation zu unterbrechen.

Dunkermotoren GmbH
www.ametek.com

Effizienter Induktionsmotor

WEG hat den W22 Prime auf den Markt gebracht, die nächste Generation seiner W22-Induktionsmotorenreihe. Er erreicht die Effizienzklassen IE4 und IE5 ohne den Einsatz eines Frequenzumrichters und vermeidet wesentliche Änderungen an bestehenden Anlagen. Die Mehrspannungsfähigkeit des Motors erhöht seine Vielseitigkeit zusätzlich. Diese Eigenschaft ermöglicht es Originalgeräteher-

stellern (OEMs) und Endnutzern, denselben Motor weltweit in verschiedenen geografischen Regionen und in unterschiedlichen Stromnetzen einzusetzen. Die Baureihe wird schrittweise auf den Markt gebracht: Die Baugrößen 225 bis 315 sind ab sofort erhältlich, gefolgt von den Baugrößen 160 bis 225 und 315 bis 450 im Laufe dieses Jahres sowie den Baugrößen 63 bis 160 im Jahr 2027.



WEG Germany GmbH
www.weg.net

Intelligente Antriebslösungen für Pressen

Die leistungsstarke Servopressen-Systemlösung von Baumüller besteht aus einem DST2-High-Torque-Motor, einem B Maxx-Netzwechselrichter, einem B Maxx-Servoumrichter, Steuerungstechnik sowie einem umfangreichen Softwarepaket. Das flexible Portfolio der Servoumrichter ermöglicht



durch verschiedene Kombinationen eine intelligente Antriebsarchitektur. Dadurch können Pressen mit Servoantriebstechnik mit hoher Prozessqualität sowie mit reduziertem Energieverbrauch und niedrigeren Energiespitzen punkten. Herzstück des Antriebssystems ist ein gemeinsamer Zwi-

schengreis. Er verbindet den B Maxx-Netzwechselrichter, eine Ein- und Rückspeiseeinheit, mit dem B Maxx-Servoumrichter. Der Zwischenkreisverbund ermöglicht das Speichern von höheren Energiemengen in die Zwischenkreiskapazitäten. Damit werden prozessbedingte Peaks abgefangen und die elektrische Anschlussleistung kann ohne Energiespitzen wesentlich geringer ausgelegt werden. Zudem kann der B Maxx-Netzwechselrichter überschüssige Energie aus dem gemeinsamen Zwischenkreis ins Versorgungsnetz zurückspeisen. Dies spart Energie und Kosten. Durch das Rückführen der überschüssigen Energie können zudem Bremswiderstände kleiner ausgelegt werden oder komplett entfallen.

Baumüller Nürnberg GmbH
www.baumueller.com



► Eine Public Key Infrastructure (PKI) schafft die Vertrauensbasis für digitale Produkte: Sie authentisiert Geräte und Nutzer, schützt Software und Daten und unterstützt Unternehmen bei der Umsetzung der Anforderungen des Cyber Resilience Act.

Cyber Resilience Act: Neue Sicherheitsanforderungen für vernetzte Produkte

Vertrauen wird zur Pflicht

Der Cyber Resilience Act macht Cybersicherheit für Produkte mit digitalen Elementen zur verbindlichen Pflicht. Unternehmen müssen künftig nachweisen, dass Identitäten, Software und Kommunikation über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg geschützt sind. Eine Public Key Infrastructure schafft dafür die technische Vertrauensbasis – und wird damit zum Schlüssel für Compliance, Security by Design und nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit.

Mit dem Cyber Resilience Act (CRA) definiert die EU verbindliche Anforderungen an die Cybersicherheit digitaler Produkte. Betroffen sind Hersteller, Importeure und Händler nahezu aller vernetzten Systeme – von Sensoren und Steuerungen über Maschinen bis hin zu IoT-Komponenten. Der CRA schreibt dabei keine bestimmte Technologie vor. Stattdessen fordert er, dass Hersteller Risiken systematisch bewerten, Sicherheitsmaßnahmen bereits während der Entwicklung berücksichtigen und Schwach-

stellen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg behandeln. Ebenso müssen sie nachweisen können, dass Software, Daten und Kommunikationspartner authentisch und unverändert sind.

Viele Unternehmen verfügen bereits über einzelne Sicherheitsmechanismen. Häufig fehlt jedoch eine durchgängige Vertrauensarchitektur, die Identitäten, Berechtigungen und kryptografische Verfahren über alle Komponenten hinweg miteinander verbindet. Genau an diesem Punkt setzt eine Public Key Infrastructure (PKI) an.

PKI ist der Schlüssel

Eine Public Key Infrastructure ist weit mehr als eine Zertifikatsverwaltung. Sie umfasst Prozesse, Richtlinien sowie Hard- und Software, um digitale Zertifikate sicher zu erzeugen, zu verteilen, zu verwalten und bei Bedarf zu widerrufen. Damit schafft sie die Grundlage für vertrauenswürdige digitale Identitäten. Im industriellen Umfeld übernimmt eine PKI dabei mehrere zentrale Aufgaben gleichzeitig. Sie authentisiert Geräte, Maschinen und Benutzer eindeutig, schützt



Daten durch Verschlüsselung vor unbefugtem Zugriff und stellt mithilfe digitaler Signaturen sicher, dass Software und Informationen nicht manipuliert wurden. Gleichzeitig lassen sich hochverfügbare und georedundante Infrastrukturen ebenso realisieren wie Offline-Szenarien. Damit adressiert eine PKI zentrale Schutzziele des CRA unmittelbar: Identität, Integrität, Vertraulichkeit und sichere Kommunikation werden zu einer durchgängigen Vertrauensbasis für das gesamte digitale Ökosystem.

Vom Entwicklungsprozess bis zum Betrieb

Die Bedeutung einer PKI reicht weit über den eigentlichen Produktbetrieb hinaus. Bereits während der Entwicklung unterstützt sie Security-by-Design-Konzepte. Beim Code Signing werden Softwarestände digital signiert, sodass ausschließlich autorisierte Programme ausgeliefert werden können. Secure-Boot-Mechanismen stellen sicher, dass Geräte ausschließlich vertrauenswürdige Firmware starten. Auch im laufenden Betrieb spielt die PKI eine zentrale Rolle. Geräte, Backend-Systeme und Servicetechniker werden eindeutig identifiziert und erhalten ausschließlich die Zugriffsrechte, die sie tatsächlich benötigen. Firmware-Updates lassen sich signieren und ihre Echtheit vor der Installation automatisch prüfen. Gleichzeitig können vertrauliche Daten verschlüsselt übertragen werden. Damit unterstützt eine PKI nicht nur die Umsetzung regulatorischer Anforderungen, sondern reduziert auch das Risiko erfolgreicher Cyberangriffe erheblich.

Praxisbeispiele aus der Industrie

Wie sich dieser Ansatz konkret umsetzen lässt, zeigt die Secunet eID PKI Suite. Sie ermöglicht die zertifikatsbasierte Identifizierung von Geräten, Maschinen und Benutzern sowie die sichere Verwaltung kryptografischer Schlüssel über den gesamten Lebenszyklus hinweg. So kann beispielsweise ein

Energieversorger seine Fernwirktechnik sicher über öffentliche Netze betreiben. Ausschließlich autorisierte Kommunikationspartner erhalten Zugriff auf die Infrastruktur, Wartungsverbindungen werden zertifikatsbasiert abgesichert und sensible Energie- sowie Kundendaten verschlüsselt übertragen.

Auch in der Fertigung bietet eine PKI Vorteile. Hersteller können digitale Zertifikate automatisiert direkt während der Produktion in ihre Geräte integrieren. Jeder Sensor oder jede Steuerung erhält dadurch bereits ab Werk eine eindeutige digitale Identität. Ein OCSP-Responder ermöglicht darüber hinaus jederzeit die Überprüfung der Gültigkeit ausgestellter Zertifikate.



► Die Secunet eID PKI Suite bildet eine zentrale Vertrauensinstanz für Geräte, Anwendungen und Benutzer. Über digitale Zertifikate lassen sich Identitäten verwalten, Software absichern und sichere Kommunikationsbeziehungen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg etablieren.

Sicherheit wird zum Wettbewerbsvorteil

Eine Public Key Infrastructure erfüllt nicht nur regulatorische Anforderungen. Sie schafft gleichzeitig die Grundlage für ein zentrales Identitäts- und Schlüsselmanagement über Unternehmens- und Lieferketten hinweg. Dank ihrer Skalierbarkeit eignet sie sich ebenso für kleine Installationen wie für große Geräteflotten und lässt sich sowohl in IT- als auch in OT-Infrastrukturen integrieren. Gleichzeitig schafft sie die Voraussetzungen für zukünftige kryptografische Verfahren

bis hin zur Post-Quantum-Kryptographie. Sicherheit wird damit zu einem festen Bestandteil des Produkts – und entwickelt sich zunehmend vom Compliance-Thema zum Differenzierungsmerkmal im Wettbewerb.

Vom Compliance-Druck zum Marktvorteil

Der CRA-Countdown läuft. Wer erst kurz vor Inkrafttreten reagiert, riskiert aufwendige Nachrüstungen und unnötige Unsicherheiten. Unternehmen, die bereits heute eine belastbare Vertrauensarchitektur etablieren, schaffen dagegen die Grundlage für regulatorische Konformität, sichere digitale Produkte und langfristige Investitionssicherheit. Eine

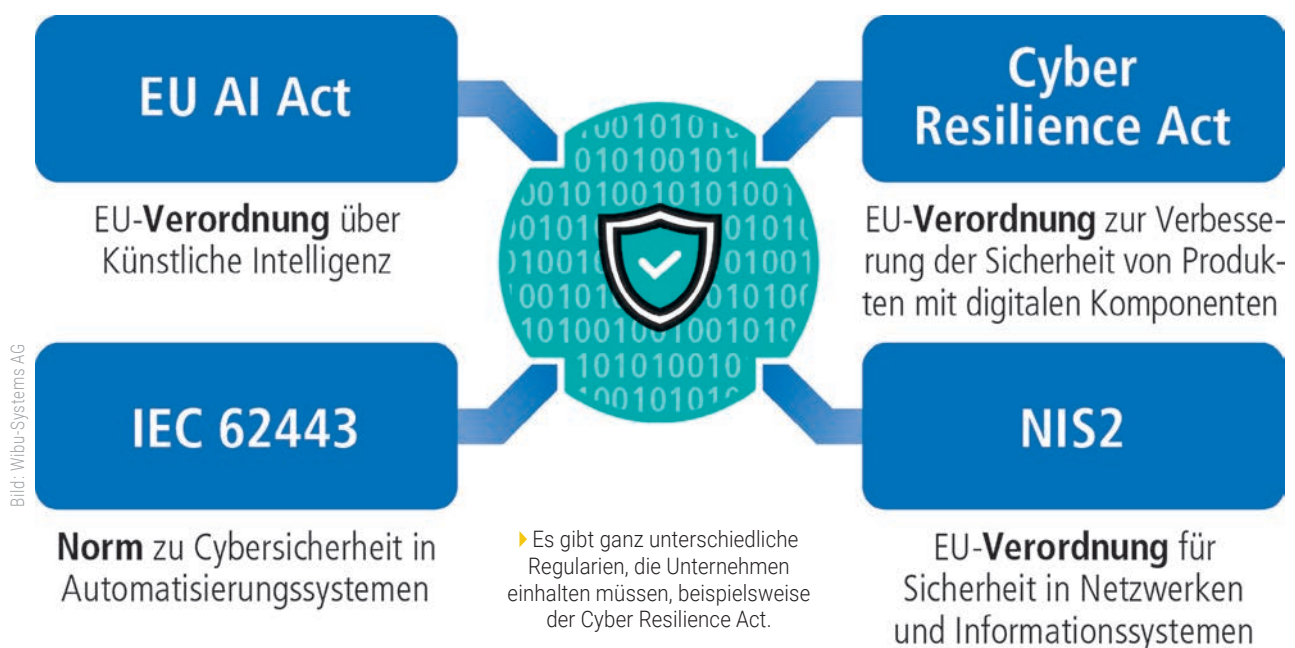
Public Key Infrastructure ist dabei kein technisches Add-on, sondern die Basis für vertrauenswürdige Identitäten, geschützte Kommunikation und manipulationssichere Software. Wer diese Basis früh schafft, erfüllt nicht nur die Anforderungen des CRA – sondern stärkt zugleich das Vertrauen von Kunden, Partnern und Märkten. n

Secunet Security Networks
www.secunet.com

Wie sich die zentralen Anforderungen des Cyber Resilience Acts erfüllen lassen

Vier Bausteine für sichere Softwareprodukte

Der Cyber Resilience Act stellt Softwarehersteller vor neue Anforderungen an Produktsicherheit und Compliance. Wie sich zentrale Vorgaben wie Zugriffsschutz, Datenintegrität oder Lizenzmanagement technisch umsetzen lassen, zeigt das Beispiel der CodeMeter-Technologie von Wibu-Systems.



Seit Dezember 2024 ist der Cyber Resilience Act (CRA) der EU in Kraft. Er soll die Cybersicherheit von Produkten mit digitalen Elementen in Europa erhöhen und Anwender sowie Unternehmen besser vor Manipulationen und Cyberangriffen schützen. Künftig dürfen nur noch Produkte auf dem europäischen Markt bereitgestellt werden, die den Anforderungen des CRA entsprechen. Die Verordnung betrifft Produkte mit digitalen Elementen, die direkt oder indirekt mit Geräten oder Netzwerken kommunizieren. Ausnahmen gelten unter anderem für Produkte, die nur vorübergehend auf Messen gezeigt werden, sowie für Bereiche mit bereits strengeren Regelungen, etwa Medizintechnik, Automobilindustrie oder Luftfahrt. Übergeordnetes Ziel des CRA ist die Schaffung eines höheren Sicherheitsniveaus im digitalen Raum, indem ausschließlich hinreichend geschützte Produkte auf dem europäischen Markt angeboten werden und dadurch eine sichere Nutzung für Anwender und Unternehmen gewährleistet wird.

Mehr Regeln für die Cybersicherheit

Da digitale Komponenten heute in zahlreichen Produkten enthalten sind, betrifft die Umsetzung des CRA deutlich mehr Un-

ternehmen, als zunächst vermutet wird. Europäische Unternehmen müssen die Anforderungen bis zum Ende der Übergangsfrist im Jahr 2027 erfüllen. Bei Verstößen drohen Geldbußen bis 15 Millionen Euro oder 2,5 Prozent des weltweiten Jahresumsatzes, wobei der jeweils höhere Betrag maßgeblich ist.

Neben dem CRA existieren weitere relevante Regelwerke im Bereich Cybersicherheit, darunter das EU-Gesetz zur künstlichen Intelligenz, die internationale Norm IEC62443 für Embedded-Geräte in Automatisierungssystemen sowie die EU-Richtlinie NIS2 zur Sicherheit von Netzwerken und Informationssystemen. Der CRA konzentriert sich speziell auf die Sicherheit von Produkten mit digitalen Komponenten.

CodeMeter-Technologie unterstützt

Diese CRA-Anforderungen können durch die CodeMeter-Technologie von Wibu-Systems erfüllt werden:

- Maßnahmen zur Wiederherstellung der Compliance (Artikel 13 Absatz 21 CRA): Treten bei Produkten mit digitalen Elementen sicherheits- oder compliancebezogene Probleme auf,

müssen Hersteller geeignete Korrekturmaßnahmen umsetzen können. Ist dies nicht möglich, muss das betroffene Produkt vom Markt genommen werden. Dafür ist entscheidend, dass Hersteller wissen, welcher Kunde welches Produkt in welcher Version nutzt, um gezielt informieren und Updates bereitstellen zu können. Mit CodeMeter und den zugehörigen Tools erhalten Hersteller Transparenz über Kunden, Produkte und eingesetzte Lizenzen. Die Nutzungsrechte werden in Lizenzcontainern gespeichert. Im Rahmen einer Änderung der Nutzungsrechte wird die betreffende Lizenz gezielt aus dem Lizenzcontainer entfernt, sodass der Anwender diese nicht länger verwenden kann; bei Bedarf kann anschließend eine neue Lizenz hinzugefügt werden. Ein solcher Vorgang kann beispielsweise erforderlich sein, wenn eine Lizenz nicht mehr kompatibel ist oder wenn eine regional beschränkte Lizenz unzulässigerweise in einer anderen Region genutzt wird. Mit CodeMeter License Central oder dem CodeMeter License Portal können Hersteller Lizenzen im Feld komfortabel, transparent und auch über mehrere Ebenen hinweg verwalten. Darüber hinaus lassen sich Rollen und Berechtigungen systematisch über unterschiedliche Ebenen hinweg zuordnen. Auf diese Weise verfügen Hersteller jederzeit über einen aktuellen Überblick über den Status der im Feld eingesetzten Lizenzen.

- **Zugriffskontrolle (Anhang I Teil I (2d) CRA):** Identitäten werden im Rahmen der Zugriffskontrolle geprüft und verwaltet, um festzulegen, wer auf eine Software zugreifen darf und in welchem Umfang deren Nutzung zulässig ist. Hersteller sind verpflichtet, Schutzmechanismen gegen eine unautorisierte Nutzung einzurichten. Dies kann beispielsweise durch Authentifizierungsverfahren oder durch Managementsysteme mit differenzierten Berechtigungsstrukturen umgesetzt werden. Mit CodeMeter kann jeder Softwareversion eine eindeutige Lizenz zugewiesen werden. Darüber hinaus lassen sich länderspezifische sowie nutzer- oder rollenbasierte Lizenzmodelle definieren. Hersteller können zudem kryptografische Schlüssel selbst erzeugen und als Secret Data in der Lizenz speichern. Diese Schlüssel können verwendet, jedoch nicht ausgelesen wer-

den. License Central ermöglicht deren sicheres Ausrollen auf Endgeräte.

- **Vertraulichkeit und Integrität von Daten (Anhang I Teil (2e, 2f) CRA):** Daten mit dem Status ‚unverfälscht‘ gelten als vertraulich und frei von Manipulationen. Insbesondere bei Bibliotheken ist sicherzustellen, dass ausschließlich die vorgesehene und unveränderte Version verwendet wird und nicht eine manipulierte Variante zum Einsatz kommt. Die in den CodeMeter-Lizenzen hinterlegten kryptografischen Schlüssel ermöglichen durch Verschlüsselung und Signaturen die Validierung solcher Bibliotheken. Über die CodeMeter API lassen sich Daten prüfen und signieren; mit der CodeMeter Protection Suite können Hersteller diese Anforderungen umfassend umsetzen.
- **Sicherstellung der Compliance:** Um jederzeit nachvollziehen zu können, wo sich welche Lizenz befindet und welchen Status sie aufweist, benötigen Hersteller ein hohes Maß an Transparenz über die ausgerollten Lizenzen. Über das License Portal können hierfür definierte Stufen für die Lizenzverteilung eingerichtet werden. Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, verschiedene OEM-Partner anzulegen, die ihrerseits ihre jeweiligen Kunden verwalten. Unabhängig von diesen Ebenen behalten Hersteller jederzeit den Überblick darüber, welche Lizenz welchem Kunden zugeordnet ist. Die Nachvollziehbarkeit der im Feld eingesetzten Lizenzen bleibt somit durchgängig gewährleistet.

Die CodeMeter-Technologien unterstützen Softwarehersteller dabei, ihre Produkte zu schützen, flexibel zu lizenzieren und zugleich wesentliche Anforderungen des CRA zu adressieren. Durch die gezielte Definition und Lizenzierung einzelner Softwarefunktionen lassen sich Sicherheits- und Compliance-Vorgaben effizient umsetzen. Gleichzeitig können wiederkehrende Erlösmodelle geschaffen werden, die dazu beitragen, den Aufwand für die CRA-konforme Ausgestaltung wirtschaftlich sinnvoll zu nutzen. ■

Elke Spiegelhalter
PR
Wibu-Systems AG
www.wibu.com

Zurück in die Zukunft: **RETROFIT** neu gedacht



Alte Anlage? Neue Intelligenz mit zenon.

Mit smarten Retrofit-Strategien
erhöhen Sie die Wertschöpfung:

- ▶ *Modernisierung ohne Neuinvestition*
- ▶ *Datenverfügbarkeit durch nachträgliche Digitalisierung*
- ▶ *Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz*
- ▶ *Produktivität steigern*
- ▶ *Security und Connectivity auf aktuellem Stand*

Blieben Sie
wettbewerbsfähig mit:



zenon
by COPA-DATA

www.copadata.com/de/retrofit



**Was sich durch den CRA für
Hersteller und Anwender ändert**

Sicherheit beginnt *in der Design-Phase*



Bild: Rockwell Automation GmbH

► Mit dem CRA müssen Maschinenbauer bereits während der Produktentwicklung potenzielle Cyberrisiken identifizieren, mögliche Angriffsvektoren bewerten und die betrieblichen und wirtschaftlichen Folgen abschätzen können.

Bislang lag der Schwerpunkt der Cybersicherheit für viele Maschinenbauer darauf, Betriebssysteme nach ihrer Inbetriebnahme zu schützen. Der Cyber Resilience Act (CRA) ändert diesen Ansatz: Maschinenbauer und Hersteller müssen nun Cybersicherheit über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg integrieren und nachweisen, dass Cyberrisiken auch lange nach Inbetriebnahme der Anlagen kontinuierlich beherrscht werden.

Im Mittelpunkt des CRA stehen die Prinzipien 'Security by Design' und 'Security by Default'. Maschinenbauer müssen während der Produktentwicklung potenzielle Cyberrisiken identifizieren, mögliche Angriffsvektoren bewerten und die betrieblichen und wirtschaftlichen Folgen abschätzen können, sollten diese Risiken ausgenutzt werden. Dies macht es erforderlich, Cybersicherheit als Teil des Konstruktionsprozesses

zu betrachten, anstatt sie erst nach der Fertigstellung einer Maschine zu berücksichtigen. Risikobewertungen müssen in Konstruktionsentscheidungen einfließen, Sicherheitsmaßnahmen sind ebenso zu beachten wie Leistung, Safety und Zuverlässigkeit. Hersteller haben zudem nachzuweisen, wie Cyberrisiken über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg bewertet, reduziert und verwaltet werden.

Ebenso wichtig ist der Einblick in jede digitale Komponente einer Maschine. Software- und Hardware-Stücklisten bilden die Grundlage, um zu verstehen, welche Produkte betroffen sind, wenn neue Schwachstellen entdeckt werden, und um künftige Meldepflichten zu erfüllen.

Compliance endet nicht mit der Auslieferung

Eine der größten CRA-Änderungen ist die fortbestehende Verantwortung für Anlagen nach deren Auslieferung. Hersteller benötigen künftig entsprechende Prozesse, um

neu entdeckte Schwachstellen zu identifizieren und zu bewerten. Im Anschluss müssen sie entscheiden, welche Produkte davon betroffen sind und entsprechende Sicherheitsupdates und / oder Patches bereitstellen. Produkte mit bekannten ausnutzbaren Schwachstellen dürfen künftig nicht ohne entsprechende Maßnahmen weiter betrieben werden, zudem muss eine proaktive Meldung dazu erfolgen.

Für Industrieanlagen mit jahrzehntelangen Betriebslebenszyklen schafft dies neue Herausforderungen. Betriebssysteme veralten, Hardware erreicht das Ende ihres Supportfensters und während der gesamten Lebensdauer einer Maschine entstehen neue Angriffsmethoden. Ein effektives Lifecycle-Management wird daher ebenso wichtig wie die ursprüngliche Konstruktion.

Allerdings stellen nicht alle Sicherheitslücken ein Betriebsrisiko von identischem Ausmaß dar. Eine Schwachstelle eines streng geschützten Assets innerhalb eines segmentierten Netzwerks erfordert eine andere Reaktion als eine Sicherheitslücke, die eine unternehmenskritische, übergeordnet vernetzte Anlage betrifft. Das Verständnis des Kontextes ermöglicht es Herstellern und Betreibern, Gegenmaßnahmen auf der Grundlage des tatsächlichen Betriebsrisikos zu priorisieren.

Informationen in Maßnahmen umsetzen

Um diese Verpflichtungen erfüllen zu können, bedarf es einer Transparenz über alle industriellen Anlagen hinweg. Hersteller benötigen ein detailliertes Verständnis der in jeder Maschine installierten Steuerungen, HMIs, Industrie-PCs, Server, Switches und Software sowie der Firmware-Versionen, Betriebssysteme, Sicherheitskonfigurationen und des Lebenszyklusstatus. Ohne diese Informationen können Unternehmen weder exakt bestimmen, ob neu veröffentlichte Schwachstellen ihre Anlagen betreffen, noch die Einhaltung von Meldepflichten nachweisen.

Moderne Cybersicherheitsplattformen gehen über reine Bestandsaufnahmen von Anlagen hinaus: Sie identifizieren Schwachstellen, überwachen Konfigurationsänderungen, bewerten die System-

absicherung und stellen den Kontext bereit, der zur Priorisierung echter betrieblicher Risiken erforderlich ist.

Sobald Unternehmen Probleme identifiziert haben, benötigen sie zunehmend Tools zur Behebung dieser Schwachstellen. Diese validieren sichere Konfigurationen, tracken den Lebenszyklus von Assets und stellen gegebenenfalls Sicherheitspatches für Betriebssysteme bereit. Der Kontext ist entscheidend für die Bestimmung der Kritikalität und des Risikos.

Compliance in den täglichen Betrieb integrieren

Hersteller sollten rechtzeitig damit beginnen, ihr Produktportfolio zu überprüfen und einheitliche Risikobewertungsprozesse zu etablieren. Auch sind die Verantwortlichkeiten in den Bereichen Sales, Entwicklung, Service, Beschaffung und der Rechtsabteilung festzulegen. Ebenso sind Lieferketten detaillierter zu überprüfen. Das Verständnis der von Drittanbietern gelieferten Software und Hardware, das Monitoring neu auftretender Schwachstellen und die Pflege präziser SBOMs (Software Bills of Materials) werden zu grundlegenden Bestandteilen des laufenden Produktsupports.

Auch rechtliche und geschäftliche Prozesse dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Kundenverträge, Lieferantenvereinbarungen, Supportvereinbarungen und Versicherungspolicen müssen überprüft werden, um den durch die Gesetzgebung eingeführten neuen Verantwortlichkeiten Rechnung zu tragen. Hier drängt die Zeit. Eine Verzögerung der Vorbereitungen erhöht sowohl das Compliance-Risiko als auch den erforderlichen technischen Aufwand, je näher die Umsetzungsfristen rücken.

Umfassender Ansatz für Cybersicherheit

Um die Anforderungen des CRA erfüllen zu können, ist weit aus mehr erforderlich, als nur einzelne Sicherheitstechnologien zu implementieren. Es bedarf einer Kombination aus Risikobewertung, anlagenübergreifender Transparenz, Lebenszyklusmanagement und einem kontinuierlichen operativen Support.

Rockwell Automation ermöglicht dies mit seiner 'Secure OT'-Lösungssuite, die Beratungsdienstleistungen, Managed Security Services und die 'Secure OT-Plattform' vereint. In Kombination helfen diese Funktionen Herstellern dabei, umfassende Bestandsaufnahmen ihrer Anlagen zu erstellen, Schwachstellen zu identifizieren und in einen Kontext zu setzen, die Systemabsicherung zu bewerten, den Lebenszyklus von Anlagen zu überwachen und das kontinuierliche Schwachstellenmanagement in allen Umgebungen der Betriebstechnologie zu unterstützen. ■

Stefan Turi
Cybersecurity Lead, OEM EMEA
Rockwell Automation GmbH
www.rockwellautomation.com

Functional Safety - Works!



- **Stop reinventing Safety** – nutzen Sie die vorzertifizierten, TÜV-geprüften Bausteine aus dem Neuron Toolkit
- **Von der Idee zu SIL3 / PL e** – schneller und mit deutlich weniger Entwicklungs- & Zertifizierungsaufwand
- **Software-definierte Safety** auf Standard-Hardware + KI-gestützte Engineering-Tools

Sounds exciting?





Engineering-Umgebung für funktionale Sicherheit mit KI-Unterstützung

Safety-Engineering wird endlich modern

Die Art, wie Applikationen in der Industrieautomatisierung entwickelt werden, verändert sich grundlegend. Versionskontrolle mit Git, mehrsprachige Codebasen, KI-gestützte Assistenten, Extensions statt monolithischer Toolchains – das sind heute die Standards in der modernen Softwareentwicklung. Im Functional Safety-Engineering hingegen hat sich an den Werkzeugen lange wenig verändert. Neuron Automation ändert das jetzt mit dem Neuron Smart Engineer.

Der Neuron Smart Engineer bringt erstmals eine Engineering-Umgebung für funktionale Sicherheit, die sich an den Workflows moderner Softwareentwicklung orientiert – und gleichzeitig alle normativen Anforderungen bis SIL 3 (IEC61508) und ASIL C (ISO26262) erfüllt. Das Tool ist T3-qualifiziert, unterstützt Safe- und Non-Safe-Entwicklung in einer gemeinsamen Umgebung und lässt sich um beliebige Sprachen und Werkzeuge erweitern. „Unsere Kunden fragen sich nicht mehr, ob sie moderne Entwicklungsprozesse in Safety-Projekten einsetzen wollen. Sie fragen sich, warum ihre bisherigen Tools das nicht können“, sagt Michael Plankensteiner, CEO von Neuron Automation. „Mit dem Smart Engineer liefern wir die Antwort.“

Moderne Werkzeuge, Safety-zertifiziert

Was im klassischen Safety Engineering oft an Toolchain-Grenzen gescheitert ist, löst der Neuron Smart Engineer architektonisch: Das Tool baut auf dem bewährten Backend des Neuron Power Engineer auf – inklusive zertifiziertem Compiler-Prozess und qualifizierter Bibliotheksstruktur – und ergänzt dies um ein modernes webbasiertes Frontend mit offener Visual-Studio-Code-Extension-Architektur. Dabei können Entwickler bekannte Werkzeuge und Sprachen direkt einbinden – von Python-Scripting über Hochsprachenunterstützung bis zu kunden- und domänenspezifischen Extensions.

Der Neuron Smart Engineer bildet dabei die technologische Grundlage für DevOps-fähiges Safety Engineering: Alle Projektdateien liegen in einem offenen, textbasierten Format vor – lesbar, versionierbar und kompatibel mit jedem gängigen Versionskontrollsystem. Über die integrierte Command-Line-Schnittstelle lassen sich Safety-Applikationen in automatisierte Build-Pipelines einbinden und im Headless-Betrieb bauen. IEC61131-3-Sprachen (ST, FBD, Ladder) sind ebenso enthalten wie C/C++ für die Implementierung von POUs und Legacy-Code-Integration.

Ein integriertes Unit Test Framework inklusive PLC-Simulator ermöglicht frühes Testen ohne Hardware. Kurz: Was die Branche als nächsten Schritt diskutiert, ist bei Neuron bereits Realität.

KI als Engineering-Werkzeug – nicht als Ersatz

Mit der integrierten KI-Erweiterung Transforma, entwickelt im Rahmen des FFG-Frontrunner-Projekts 'Neuron Transforma', geht das Unternehmen einen Schritt weiter. Transforma generiert direkt aus strukturierten Sicherheitsanforderungen lauffähigen Structured-Text-Code, wandelt diesen optional in FBD-Darstellungen um, erzeugt Testfälle und unterstützt bei der Fehleranalyse im Code – alles eingebettet in die gewohnte Engineering-Umgebung.

„Was einen Safety-Ingenieur heute Stunden oder Tage kostet – Code, Tests, Dokumentation – entsteht künftig in Minuten. Die Verantwortung bleibt dabei beim Menschen“, sagt Robert Mühlheller, CTO von Neuron Automation.

Transforma unterstützt sowohl Online- als auch Offline-LLMs und lässt sich damit auch in geschlossenen Produktionsumgebungen ohne Cloud-Anbindung betreiben – ein entscheidender Faktor für sicherheitskritische Industrien.

Einsatz und Verfügbarkeit

Der Neuron Smart Engineer kann auf Desktop-Systemen, Servern oder in Cloud-Umgebungen betrieben werden. OEM-fähige White-Label-Optionen inklusive Custom Branding, rollenbasierter Zugriffssteuerung und anpassbarer Benutzeroberfläche erlauben die nahtlose Integration in bestehende Produktökosysteme. n

Neuron Automation
www.neuron-automation.eu



Sichere Entwicklung erreicht Reifegrad ML3

Softing Industrial hat seine Zertifizierung nach IEC62443-4-1:2018 durch TÜV Süd erneuert und den Reifegrad Maturity Level 3 (ML3) erreicht. Damit bestätigt die Zertifizierung nicht nur definierte und dokumentierte Security-Prozesse, sondern auch deren systematische Anwendung in laufenden Produktentwicklungen. Die bestehende ML2-Zertifizierung wurde bis Juli 2029 verlängert und neben dem Hauptsitz in Haar und dem Entwick-

lungsstandort Cluj-Napoca in Rumänien auf den Standort Schwäbisch Gmünd ausgeweitet. Der erstmals erreichte ML3-Nachweis gilt für Haar und Cluj-Napoca. Der zertifizierte Entwicklungslebenszyklus umfasst u.a. die Definition von Sicherheitsanforderungen, sicheren Entwurf und Implementierung sowie Verifizierung und Validierung. Auch Schwachstellen- und Patch-Management sowie Prozesse für das Ende des Produktlebenszyklus sind berücksichtigt.



► Softing weist Full-Process-Profil nach IEC62443-4-1 für ML2 und ML3 nach.

Softing Industrial Automation GmbH
industrial.softing.com

Sensorik als Schlüsselkomponente für sichere Antriebssysteme

Funktionale Sicherheit im Maschinenbau beginnt nicht im Antrieb, sondern am Sensor. Sicherheitsfunktionen wie Safe Limited Speed, Safe Limited Position oder Safe Direction, die die IEC61800-5-2 für Servoantriebe definiert, sind in der Praxis nur so zuverlässig wie die Ausgabe des Sensors, auf der sie basieren. TWK bietet neue sicherheitszertifizierte Ring Encoder als lagerlose KIT Encoder an, die den Funktionsumfang moderner Safety-Antriebsarchitekturen absichern – insbesondere bei Robotern und Roboterarmen. Moderne Servoantriebe nach IEC61800-5-2 bieten eine umfassende Bibliothek an

Sicherheitsfunktionen, zu der STO (Safe Torque Off), SS1 und SS2 (Safe Stop 1 und 2), SOS (Safe Operating Stop), SLS (Safe Limited Speed), SLP (Safe Limited Position), SDI (Safe Direction) sowie SBC

(Safe Brake Control) gehören. Die induktiven oder magnetischen Ring Encoder können mehrere Schnittstellen gleichzeitig bedienen und sind nach den Normen IEC61508, EN ISO13849-1 oder IEC62061 zertifiziert. Sie erfüllen die Voraussetzungen für diese Sicherheitsfunktionen, die die SIL2 oder SIL3 bzw. PLd oder PLe Anforderungen nur dann erreichen, wenn der eingesetzte Sensor mit seinen Positions- und Geschwindigkeitsdaten eine entsprechende Einstufung aufweist.



TWK-Elektronik GmbH
www.twk.de

Not-Halt-Schalter mit M12-Anschluss



Georg Schlegel erweitert seine Baureihe Shortron Connect um drei neue Not-Halt-Geräte mit 8-poligem M12-Anschluss. Die Geräte sind für industrielle Anwendungen mit erhöhten Anforderungen an Robustheit und Sicherheit konzipiert. Mit den Modellen FRVKOO_C231, FRVKOOI_C232 und FRVKLOO_C233 stellt der Anbieter drei weiterentwickelte Not-Halt-Geräte vor, die mit einem 8-poligen, A-kodierten M12-Anschluss ausgestattet sind. Die Anschluss technik ermöglicht eine

schnelle und sichere Installation. Die Not-Halt-Geräte sind für eine Einbauöffnung von 22,3mm vorgesehen und verfügen bei angeschlossenem Kabel sowohl front- als auch rückseitig über die Schutzarten IP65 und IP67. Der zulässige Lager temperaturbereich liegt zwischen -40 und 80°C, der Betriebstemperaturbereich zwischen -25 und 70°C.

Georg Schlegel GmbH & Co.KG
www.schlegel.biz



***Drahtlose Kommunikation
und Condition Monitoring
im Druckluftsystem***

Dem Energieverlust auf der Spur

► Stephan Fillinger im Industrial Application Center (IAC) von SMC in Egelsbach. Im interaktiven Showroom veranschaulichen direkt einsatzbereite Applikationen für Energieeffizienz (wie hier vom Air Management System), Handhabungstechnik und Sensorik die Produktpalette von SMC.



Mit innovativer Produktentwicklung und vernetzten Arbeitswelten setzt SMC ein klares Zeichen für nachhaltige Technologien und die Zukunft des Maschinen- und Anlagenbaus. Das SPS-MAGAZIN sprach mit Stephan Fillinger u.a. darüber, warum das Air Management System (AMS) mehr ist als nur ein Druckmonitor, welche Rolle das Wireless-System EXW1 dabei spielt, und weshalb sich Energieeinsparung in der Automatisierung heute konkret rechnen muss.

SPS Ein wichtiger Baustein in Ihrem Portfolio ist das Air Management System. Was leistet es?

Das AMS ist für uns ein zentraler Ansatz, um Druckluft sichtbar und steuerbar zu machen. Das Druckluftmanagementsystem kombiniert Regler, Air Management

Hub und Restdruckentlüftungsventil und ermöglicht es, den Druckluftverbrauch zu messen, zu überwachen und zu optimieren. Es arbeitet mit Schwellenwerten für Druck und Durchfluss und erkennt, wenn sich eine Maschine außerhalb des definierten Normalbereichs bewegt. Dann meldet das System: Hier läuft etwas nicht wie vorgesehen. Es greift aber nicht selbst in den aktiven Betrieb ein – das bleibt Aufgabe der SPS oder des Bedieners.

SPS Welche Rolle spielt das im praktischen Betrieb?

Vor allem beim Energiesparen. Wenn etwa eine Leckage vorliegt, kann man den Druck gezielt absenken oder den Durchfluss reduzieren. So lässt sich der Verlust von vornherein begrenzen. Das AMS ist also kein autonomer Eingriff in die Anlage, sondern ein Instrument zur Transparenz und zur gezielten Optimierung.

SPS Und um daraus ein Condition Monitoring-Konzept zu machen arbeiten Sie mit In.Hub zusammen?

Genau. Über OPC UA, MQTT oder Modbus-TCP und das IoT-Gateway Hub-EN 200 von In.Hub erfasst und analysiert die Daten direkt vor Ort – ohne externe Cloudinfrastruktur. Auf dem Dashboard werden Energie- und Funktionsdaten sichtbar, sodass sich Kostenstrukturen analysieren und Einsparpotenziale erkennen lassen. Die Kombination ist flexibel erweiterbar – von der Überwachung einer einzelnen, kritischen Maschine bis hin zur Digitalisierung ganzer Fertigungslinien. Das geht schon deutlich über reines Monitoring hinaus.

SPS Welche Daten lassen sich konkret auswerten?

Nicht nur Energie- oder Druckdaten. Wir erfassen auch Bewegungsdaten, zum Beispiel über Magnetsensoren an Pneumatik- oder Elektrozyklindern. Damit lassen sich Zyklen zählen, Geschwindigkeiten messen und Lebensdauern besser abschätzen. So kommt man in Richtung Predictive Maintenance, weil sich Verschleiß und Restlebensdauer deutlich besser bewerten lassen.

SPS Ist das eher ein Thema für Neuanlagen oder auch für Brownfield?

Klarer Schwerpunkt sind Neuanlagen. Bei älteren Maschinen fehlt oft die saubere Basis, um Normalzustände verlässlich zu

digitalisieren. Bei einer neuen Anlage kann man von Beginn an die gesunde Maschine aufzeichnen und später Abweichungen erkennen. Das ist methodisch viel robuster und liefert belastbarere Ergebnisse.

SPS Wie viel Einsparpotenzial steckt dahinter?

Sehr viel. Im Maschinenbau ist es üblich, mit 6 bis 8 bar zu arbeiten. Wir versuchen, möglichst auf 4 bar herunterzugehen, ohne die Funktion zu beeinträchtigen. Wo einzelne Aktoren mehr Druck brauchen, kann man gezielt mit Druckverstärkern arbeiten. Im Optimalfall lässt sich so der Energieverbrauch deutlich senken – bei einer Reduktion von 8 auf 4 bar sprechen wir über rund 32 Prozent eingesparte Energie.

SPS Lohnt sich das wirtschaftlich überhaupt?

Ja, und genau darauf schauen wir sehr konsequent. Unser Ziel ist ein Return on Investment innerhalb von sechs bis zwölf Monaten. Dafür haben wir ein eigenes Energy Efficiency Team, das einen Smart Machine Check durchführt und den Energieverbrauch der Maschine im Normalbetrieb analysiert. Auf dieser Basis schlagen wir konkrete Optimierungsmaßnahmen vor.

SPS Was kann so ein Check beinhalten?

Z.B. effizientere Aktoren, zusätzliche Sensorik, Druckverstärker oder Durchflussverstärker. Ziel ist immer, den Energieverbrauch zu senken, ohne die Produktionsleistung zu verschlechtern. Wir wollen nicht, dass die Maschine langsamer wird, sondern nur, dass sie sparsamer arbeitet.

SPS Es gibt inzwischen auch Light-Varianten des AMS. Warum?

Weil das System ursprünglich seiner Zeit ein Stück voraus war. Die Light-Versionen bilden nur die Funktionen ab, die viele Anwender tatsächlich brauchen. Sie sind IO-Link-fähig, aber ohne Wireless-Funktionalität. Dafür können sie Druck absenken oder Druck abschalten und bringen weiterhin die Sensorik für Druck, Durchfluss und Temperatur mit. Das macht den Einstieg einfacher und günstiger.

SPS Wohin entwickelt sich das System weiter?

Wir denken über zusätzliche Sensorik nach, z.B. Richtung Taupunkt oder Feuchte. Einen Taupunktsensor gibt es bereits als



Fachmessen für Industrieautomation

Nächste Termine:

- **Düsseldorf** 14.+15. Okt
- **Berlin** 27.+28. Jan
- **Friedrichshafen** 2.+3. März
- **Wetzlar** 21.+22. April
- **Heilbronn** 12.+13. Mai
- **Hamburg** 1.+2. Juni
- **Chemnitz** 15.+16. Sept
- **Graz NEU!** 21.+22. Sept
- **Düsseldorf** 13.+14. Okt

www.allaboutautomation.live

► Stephan Fillinger mit dem Wireless Remote des EXW1, das sich direkt am Werkzeug oder der Ventilinsel befindet und die Ventile sowie digitalen Ein-/Ausgänge steuert.

Bild: TeDo Verlag GmbH

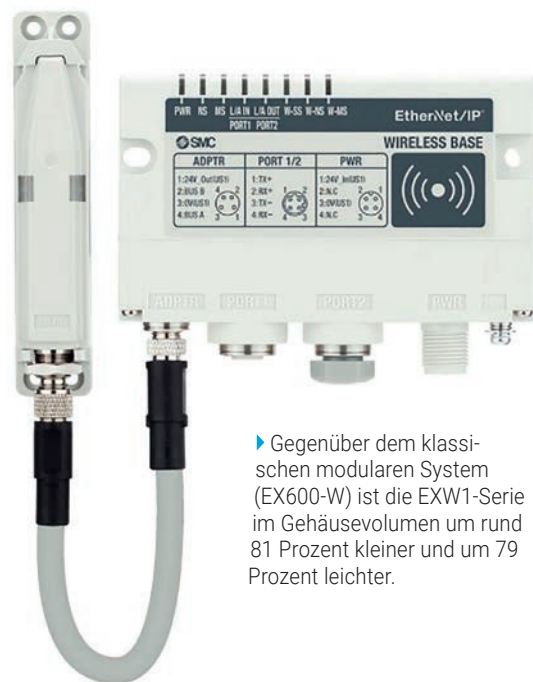


Bild: SMC Deutschland GmbH

► Gegenüber dem klassischen modularen System (EX600-W) ist die EXW1-Serie im Gehäusevolumen um rund 81 Prozent kleiner und um 79 Prozent leichter.

dann in die jeweilige Maschinensprache. Wir unterstützen dabei gängige Schnittstellen wie Ethercat, Profinet, CC-Link und OPC UA. Gerade OPC UA ist ein wichtiger Schritt, weil sich Daten damit auch an der SPS vorbei in ein Scada-System oder eine Soft-SPS ausgeben lassen.

Somit muss man die Maschine nicht konstruktiv umbauen oder umprogrammieren, sondern kann Informationen gezielt ausleiten und an anderer Stelle weiterverwenden. Das macht die Integration in bestehende Automatisierungsstrukturen deutlich einfacher.

SPS Welche Rolle spielt IO-Link bei Ihren Produkten?

Im Sensorportfolio haben wir Positions-, Temperatur- und Durchflusssensoren, also die klassischen Größen für die Pneumatik. Auf der elektrischen Seite sind viele unserer Aktoren ebenfalls IO-Link-fähig. Das heißt: Sie lassen sich nicht nur ansteuern, sondern auch auslesen. Das ist vor allem dann interessant, wenn man Daten aus dem Prozess direkt verwerten will.

n

Einzelkomponente, aber eine Integration ins Gesamtsystem wäre natürlich noch charmanter. Genau in diese Richtung wollen wir uns weiterentwickeln.

SPS SMC tritt traditionell stark im Pneumatikbereich auf. Wie fügt sich die Wireless-Lösung in Ihre heutige Strategie ein?

Wir verfolgen einen technologieoffenen Ansatz. Das heißt: nicht Pneumatik oder Elektrik, sondern beides. In der Pneumatik liegt der Fokus stark auf Energieeinsparung, also darauf, Druckluft sinnvoller und verbrauchsärmer einzusetzen. In der Elektrik entwickeln wir die Stärken weiter, die diese Technik mitbringt, etwa Positioniergenauigkeit oder Geschwindigkeit. Kommunikation ist dabei der verbindende Baustein. Um Komponenten wie unser AMS drahtlos miteinander zu verbinden, haben wir das Wireless-System EXW1 konzipiert.

Es ist für Applikationen gedacht, in denen Kabel schnell an ihre Grenzen stoßen, wie Robotik- und Schweißanwendungen, Werkzeugwechselsysteme oder Dreh-/Rundschaltische. Ebenso spannend ist das System im Brownfield, wenn ältere Maschinen nachgerüstet werden sollen, ohne die Konstruktion oder die SPS anzugreifen. Funkseitig arbeiten wir im 2,4Ghz-ISM-Band, das auch von Bluetooth oder WLAN genutzt wird.

SPS Wo liegen die Unterschiede zu anderen Funklösungen?

Die Unterschiede liegen weniger im grundsätzlichen Funkprinzip als im Protokoll und in der Auslegung. Wir arbeiten mit Frequenzsprungverfahren, allerdings mit 79 Kanälen und einer Hoppingfrequenz von 2ms. Das ist schneller als bei IO-Link Wireless und bringt eine hohe Verbindungssicherheit. Zudem bieten wir mit 100m eine größere Reichweite. Für viele Anwendungen ist das ein echter Vorteil, gerade wenn mehrere Endgeräte zuverlässig angesprochen werden sollen.

SPS Wie wird eine Anlage mit dem System angebunden?

Die Base Station kommuniziert ausschließlich mit den Remote Stations an die die Sensorik oder Aktorik angeschlossen ist, also z.B. IO-Link-Geräte, digitale I/O-Module oder auch Ventilinseln. Im Portfolio haben wir dazu unterschiedliche Remote-Varianten, etwa IO-Link-Master oder Module mit acht oder 16 Ein- und Ausgängen.

SPS Lässt sich auch vorhandene Sensorik einbinden?

Ja, grundsätzlich schon. Am liebsten natürlich IO-Link-fähige Sensoren, aber auch analoge Signale lassen sich übertragen. Die Base Station übersetzt die Daten

Das Interview führte



Dipl.-Ing. (FH)
Frank Nolte
Chefredakteur





Condition Monitoring bei rotierenden Maschinen

Thermische Gehäusedehnungen sicher im Blick

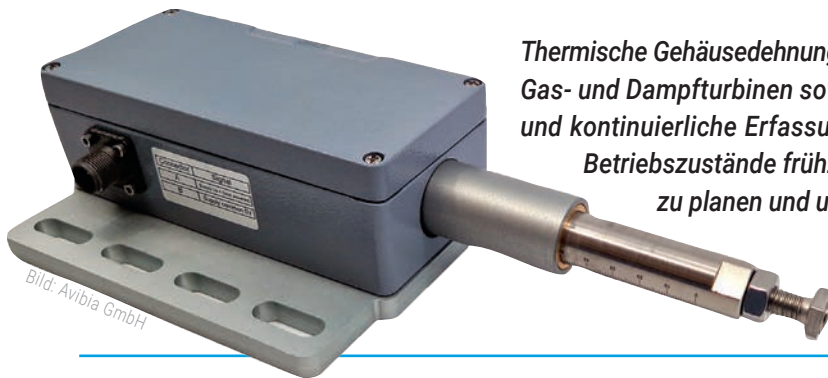


Bild: Avibia GmbH

Thermische Gehäusedehnungen liefern wichtige Hinweise auf den Zustand von Gas- und Dampfturbinen sowie anderer rotierender Maschinen. Eine präzise und kontinuierliche Erfassung dieser Bewegungen trägt dazu bei, kritische Betriebszustände frühzeitig zu erkennen, Wartungsmaßnahmen gezielt zu planen und ungeplante Stillstände zu vermeiden.

► Der HEP-100 Wegsensor eignet sich zur Messung der Gehäusedehnung an Gas- und Dampfturbinen.

Die zuverlässige Überwachung thermischer Gehäusedehnungen ist ein entscheidender Faktor für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb von Gas- und Dampfturbinen sowie anderen rotierenden Maschinen. Deshalb erweitert Avibia sein Portfolio zur Schwingungs- und Zustandsüberwachung um den induktiven Wegsensor HEP-100 von MC-Monitoring. Betreibern und Anlagenbauern steht damit ein Gerät zur Verfügung, das speziell für diese Messaufgabe entwickelt wurde. „Dank seines präzisen Messprinzips, der integrierten Signalaufbereitung und seiner robusten Bauweise ermöglicht der Sensor eine kontinuierliche Überwachung thermischer Ausdehnungen und unterstützt so die frühzeitige Erkennung kritischer Betriebszustände“, erklärt Avibia-Geschäftsführer Frank Ringsdorf.

Präzise Wegmessung und einfache Integration

Der Sensor misst thermische Gehäusedehnungen nach dem bewährten LVDT-Prinzip (Linear Variable Differential Transformer). Dabei wird die Position eines beweglichen Kerns innerhalb einer Spule erfasst und in ein elektrisches Signal umgewandelt, das proportional zur tatsächlichen Wegbewegung ist. Das berührungsarme Messprinzip sorgt für hohe Langzeitstabilität und reproduzierbare Messergebnisse.

Durch die integrierte Elektronik liefert der Sensor direkt ein standardisiertes 4–

20mA-Ausgangssignal und kann ohne zusätzliche Signalaufbereitung an SPS-, DCS- oder Scada-Systeme angeschlossen werden. „Diese direkte Einbindung in bestehende Automatisierungsumgebungen erleichtert nicht nur die Projektierung neuer Anlagen, sondern ermöglicht ebenso eine unkomplizierte Nachrüstung vorhandener Systeme“, so Ringsdorf.

Mit einem Messbereich bis 50mm eignet sich der HEP-100 für vielfältige Anwendungen der thermischen Gehäuseüberwachung. Eine Variante mit 100mm Messbereich befindet sich bereits in Vorbereitung. Je nach Anforderung kann der Sensor mit steigender oder fallender Kennlinie konfiguriert werden: Der Ausgangsstrom verändert sich dabei entweder von 4 auf 20mA oder umgekehrt von 20 auf 4mA.

Hohe Messgenauigkeit und robuste Bauweise

„Der Sensor überzeugt durch seine hohe Messpräzision. Eine Genauigkeit von besser als 0,5 Prozent sowie eine äußerst geringe Temperaturdrift von weniger als 0,01 Prozent pro Grad Celsius gewährleisten auch unter wechselnden Umgebungsbedingungen zuverlässige Messergebnisse“, erklärt Ringsdorf. Mit einer Grenzfrequenz von 800Hz erfasst er auch dynamische Veränderungen. Die Versorgung erfolgt mit 20 bis 32V Gleichspannung, die maximale Stromaufnahme beträgt 60mA. Der 4–20mA-Ausgang ist für Lastwiderstände bis 500Ω ausgelegt. Für den industriellen

Dauereinsatz bestehen Außenrohr und Messstab aus Edelstahl, der bewegliche Kern aus einer Nickel-Eisen-Legierung. Steckverbinder aus vernickeltem Messing mit vergoldeten Kontakten sorgen für dauerhaft zuverlässig elektrische Verbindungen. Der Sensor widersteht Stoßbelastungen bis 250g sowie Vibrationen bis 20g RMS bzw. 50g Spitzenwert und eignet sich damit für Turbinen, Kompressoren und weitere rotierende Maschinen.

Für anspruchsvolle Industrieumgebungen

Der Sensor arbeitet in einem Temperaturbereich von –20 bis +85°C und erfüllt mit Schutzart IP66 die Anforderungen rauer Industrieumgebungen. Darüber hinaus entspricht er den geltenden CE- und EMV-Richtlinien. Die kontinuierliche Überwachung thermischer Gehäusedehnungen unterstützt moderne Condition-Monitoring-Konzepte. Ungewöhnliche Ausdehnungen lassen sich frühzeitig erkennen, Wartungsmaßnahmen gezielt planen und ungeplante Anlagenstillstände vermeiden. „Mit seiner Kombination aus präziser induktiver Messtechnik, integrierter Elektronik, robuster Bauweise und einfacher Systemintegration bietet der HEP-100 eine leistungsfähige Lösung für Betreiber von Gas- und Dampfturbinen sowie weiteren industriellen Großanlagen“, resümiert Ringsdorf. ■

Avibia GmbH
www.avibia.de



► Machine Monitoring liefert kontinuierlich Zustandsdaten aus der Produktion. Moderne Mess- und Prüftechnik macht daraus die Grundlage für Predictive Maintenance und eine höhere Anlagenverfügbarkeit.

Was der Robotik-Boom für die Mess-, Prüf- und Diagnosetechnik bedeutet

Wenn der Roboter zum Prüfobjekt wird

Der Einsatz von Robotern und hochautomatisierten Fertigungslinien nimmt kontinuierlich zu. Damit wachsen auch die Anforderungen an die Mess- und Prüftechnik. Gefragt sind heute nicht mehr nur normgerechte Einzelmessungen, sondern durchgängige Prüfkonzepte, die elektrische Sicherheit, industrielle Kommunikation, EMV und Zustandsdaten miteinander verbinden. Gleichzeitig müssen sie sich nahtlos in digitalisierte Produktionsprozesse integrieren lassen.

Mit jeder neuen Roboter- generation steigt nicht nur der Automatisierungs- grad, sondern auch die Komplexität der Qualitätssicherung. Moderne Fertigungsanlagen bestehen aus einer Vielzahl vernetzter Steuerungen, Sensoren, Aktoren und Antriebe, deren Zusammenspiel zuverlässig funktionieren muss. Entsprechend entwickeln sich auch die Anforderungen an die Mess- und Prüftechnik weiter: Prüfungen erfolgen heute früher im Engineering, begleiten die Inbetriebnahme und liefern während des gesamten Anlagenlebenszyklus die Grundlage für Diagnose, Wartung und Optimierung. Dabei beschränkt sich Messtechnik längst nicht mehr auf einzelne Sicherheits- oder Funktionsprüfungen. Sie wird zunehmend Bestandteil digitaler Produktionsprozesse, liefert kontinuierlich Daten für Predictive Maintenance

und unterstützt Unternehmen dabei, Qualität, Verfügbarkeit und Energieeffizienz gleichermaßen zu verbessern.

Elektrische Sicherheit bleibt die Grundlage

Jeder installierte Roboter bringt zusätzliche Leistungselektronik, Sensorik und Steuerungstechnik mit sich. Entsprechend wichtig sind normgerechte Sicherheitsprüfungen von Schaltschränken, Maschinen und Anlagen. Isolationswiderstände, Schutzleiter- und Ableitströme müssen zuverlässig gemessen und dokumentiert werden, um Personen und Anlagen dauerhaft zu schützen. Das zeigt sich bereits bei der Inbetriebnahme automatisierter Schweißzellen. Bevor der erste Roboter einen Schweißpunkt setzt, müssen Schutzleiter, Isolationswiderstände und Ableitströme vollständig geprüft und dokumentiert sein. Erst danach

wird die Anlage für die Produktion freigegeben. Moderne Prüfgeräte unterstützen dabei mit automatisierten Prüfabläufen, intuitiven Bedienkonzepten und Firmware-Updates, die neue Normen berücksichtigen. So lassen sich sowohl bestehende als auch zukünftige Anforderungen effizient erfüllen.

Kommunikation und Signale zuverlässig prüfen

Neben der elektrischen Sicherheit entscheidet die Qualität der industriellen Kommunikation über die Verfügbarkeit automatisierter Anlagen. Industrial Ethernet, Profibus und weitere Feldbussysteme müssen bereits während Installation und Inbetriebnahme umfassend geprüft werden. Diagnosegeräte analysieren Verkabelung, Netzwerktopologie und Kommunikationsqualität und unterstützen bei Abnahme, Zertifizierung sowie vorbeugender



Instandhaltung. Ebenso wichtig ist die Prüfung der Prozesssignale. Moderne Messsysteme können Sensorsignale und Kommunikationsdaten realitätsnah simulieren. Dadurch lassen sich Steuerungen, Aktoren oder komplette Automatisierungssysteme bereits vor dem realen Einsatz validieren sowie Synchronisations- und Signalfehler frühzeitig erkennen.

Von der Messung zur Zustandsüberwachung

Mit der zunehmenden Digitalisierung verändert sich auch die Rolle der Messtechnik. Statt ausschließlich periodischer Einzelmessungen rücken kontinuierliche Zustandsüberwachung und datenbasierte Analysen in den Vordergrund. Sensoren erfassen beispielsweise Stromaufnahme, Temperaturen oder Schwingungen direkt an Robotersystemen. KI-gestützte Auswertungen erkennen Abwei-

tungsfenster legen, bevor es zu einem ungeplanten Anlagenstillstand kommt.

Edge-Computing verarbeitet die Daten bereits in der Maschine und überträgt nur relevante Informationen in übergeordnete Systeme oder Cloud-Plattformen. Damit wächst zugleich die Bedeutung standardisierter Schnittstellen für den Datenaustausch. Nur wenn Messsysteme, Automatisierungstechnik und IT nahtlos zusammenarbeiten, entstehen durchgängige Qualitäts- und Wartungsprozesse. Gleichzeitig rücken Cybersecurity und die Integrität der Messdaten stärker in den Fokus.

EMV und End-of-Line unter wachsendem Zeitdruck

Mit der steigenden Zahl elektronischer Komponenten nehmen auch elektromagnetische Wechselwirkungen zu. EMV-

tionsbedingungen prüfen. Frequenzumrichter, Industrial-Ethernet-Kommunikation und Servoantriebe erzeugen dabei gezielt elektromagnetische Belastungen, um mögliche Störquellen noch vor dem Serieneinsatz aufzudecken.

Auch die End-of-Line-Prüfung entwickelt sich weiter. Neben elektrischen und funktionalen Tests müssen heute Varianten automatisch erkannt, Seriennummern erfasst und sämtliche Prüfergebnisse an MES- oder ERP-Systeme übergeben werden. Ein Beispiel: Bei der End-of-Line-Prüfung eines elektrischen Antriebsmoduls identifiziert das Prüfsystem automatisch die jeweilige Produktvariante, startet das passende Testprogramm und übermittelt alle Messergebnisse inklusive Seriennummer direkt an das MES. So bleibt die Rückverfolgbarkeit auch bei hoher Variantenvielfalt vollständig erhalten. Vernetzte Prüfsinseln mit modularer Software und KI-gestützter Fehleranalyse schaffen die Voraussetzung für kurze Taktzeiten bei gleichzeitig vollständiger Rückverfolgbarkeit.

Fazit

Die Messtechnik entwickelt sich zunehmend vom Prüfwerkzeug zur Informationsquelle der automatisierten Produktion. Entscheidend ist künftig nicht mehr allein die einzelne Messung, sondern ihre intelligente Einbindung in digitale Qualitäts-, Diagnose- und Wartungsprozesse. Wer Prüfaufgaben früh in die Automatisierung integriert, schafft die Grundlage für höhere Anlagenverfügbarkeit, reproduzierbare Qualität und eine zukunftssichere Fertigung. Dabei unterstützen die Experten

von DataTec Unternehmen mit herstellerübergreifender Beratung, der Auswahl geeigneter Messlösungen und ihrer praxisgerechten Integration in bestehende Test- und Automatisierungsumgebungen. n

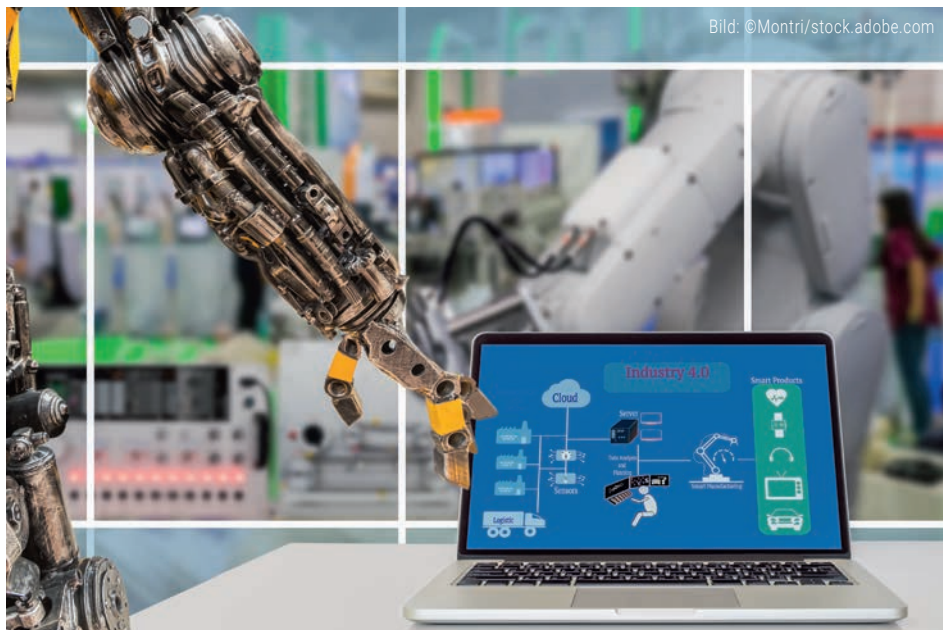


Bild: ©Montri/stock.adobe.com

► Mit der zunehmenden Vernetzung von Robotik, Sensorik und Cloud-Systemen wachsen auch die Anforderungen an Mess-, Prüf- und Diagnosetechnik entlang des gesamten Produktionsprozesses.

chungen frühzeitig und ermöglichen Prognosen über den Anlagenzustand.

Ein typisches Beispiel ist die Überwachung von Roboterachsen in automatisierten Montagelinien. Steigen Stromaufnahme und Lagertemperatur über längere Zeit an, deutet dies häufig auf beginnenden Verschleiß hin. Die Wartung kann den Austausch gezielt in ein geplantes War-

Prüfungen werden deshalb zunehmend bereits während der Entwicklung durchgeführt. Mobile Pre-Compliance-Systeme, automatisierte Messplätze und simulierte Betriebsszenarien helfen dabei, potenzielle Störungen frühzeitig zu erkennen und Entwicklungszeiten zu verkürzen. So können Entwickler beispielsweise eine neue Robotersteuerung bereits im Labor unter realistischen Produk-

DataTec AG
www.datatec.eu

3D-Laserscanner misst auch auf anspruchsvollen Oberfläche zuverlässig

Grüner Laser liefert *stabile Signale*

Mit moderner 3D-Sensorik lassen sich Objekte präzise erfassen und vermessen. Die Produktserie ScanControl von Micro-Epsilon nutzt hierfür bewährte Lasertriangulation und liefert 2D-Profile, hochauflösende 3D-Punktwolken oder direkte Messauswertungen. Mit dem ScanControl 8500 erweitert der Hersteller das Portfolio um kompakte 3D-Scanner mit 4K-Auflösung und Green-Laser-Technologie für Messaufgaben in Maschinenbau, Automatisierung, Batteriefertigung, Robotik, Elektronikproduktion oder Medizintechnik.

Mit bis zu 4.224 Messpunkten pro Profil, hoher Profilfrequenz und einer Datenrate bis 25 Millionen Punkten pro Sekunde sind die Scanner konsequent auf die gestiegenen Anforderungen moderner Inline- und Inspektionsprozesse ausgelegt. Gleichzeitig sorgt die Kombination aus neuer 4K-Sensormatrix und Green-Laser-Technologie für stabile, rauscharme Messsignale – auch auf anspruchsvollen, glänzenden oder stark variierenden Oberflächen. Durch die direkte Verarbeitung von 2D- und 3D-Daten im Sensor lassen sich Messwerte ohne Umwege bereitstellen und nachgelagerte Prozesse effizient steuern.

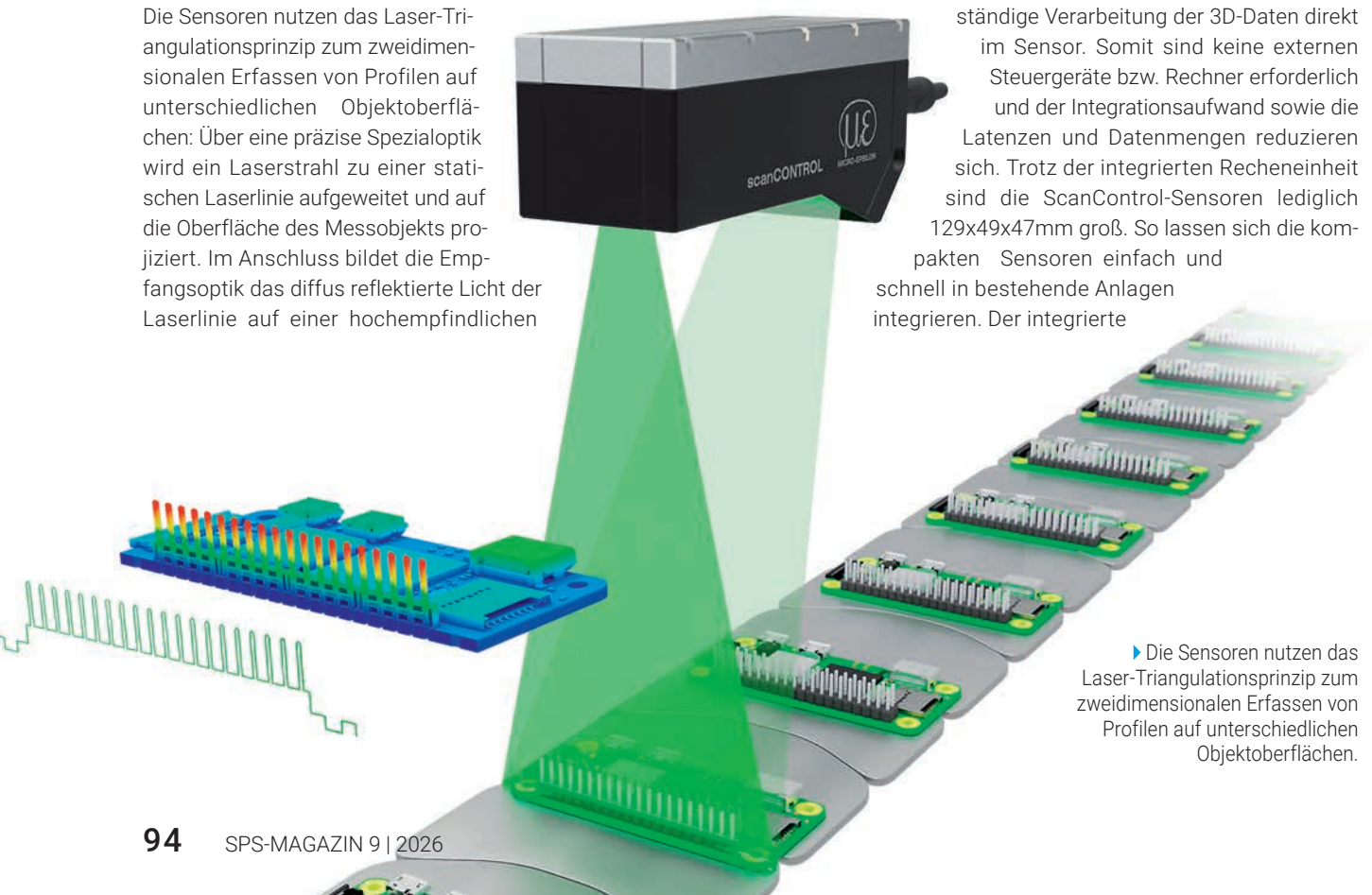
Laserlinien-Triangulation für 2D- und 3D-Scans

Die Sensoren nutzen das Laser-Triangulationsprinzip zum zweidimensionalen Erfassen von Profilen auf unterschiedlichen Objektoberflächen: Über eine präzise Spezialoptik wird ein Laserstrahl zu einer statischen Laserlinie aufgeweitet und auf die Oberfläche des Messobjekts projiziert. Im Anschluss bildet die Empfangsoptik das diffus reflektierte Licht der Laserlinie auf einer hochempfindlichen

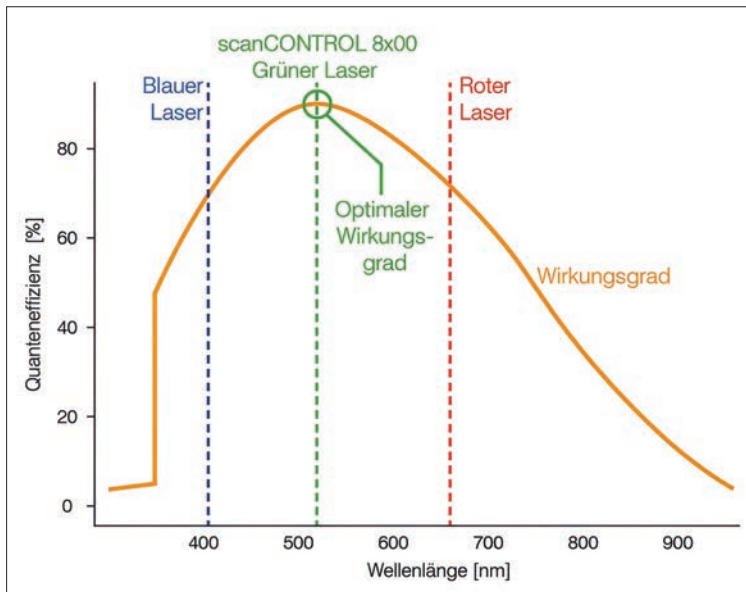
Sensormatrix ab. Aus diesem Kamerabild berechnet der integrierte Controller neben den Abstandsinformationen (z-Achse) auch die Position entlang der Laserlinie (x-Achse) und gibt beide in einem zweidimensionalen Koordinatensystem aus. Bei bewegten Objekten oder durch das Verfahren des Sensors lässt sich durch Aneinanderreihen der Profile eine 3D-Punktwolke gewinnen. Um verschiedene Bildverarbeitungspakete bis hin zur 3D-Auswertung zu integrieren, verfügen die Sensoren über einen Ethernet-Anschluss.

Auswertung der Messdaten direkt im Sensor

Erstmals erfolgt bei einem Produkt der ScanControl-Serie neben der 2D-Auswertung auch die vollständige Verarbeitung der 3D-Daten direkt im Sensor. Somit sind keine externen Steuergeräte bzw. Rechner erforderlich und der Integrationsaufwand sowie die Latenzen und Datenmengen reduzieren sich. Trotz der integrierten Recheneinheit sind die ScanControl-Sensoren lediglich 129x49x47mm groß. So lassen sich die kompakten Sensoren einfach und schnell in bestehende Anlagen integrieren. Der integrierte



► Die Sensoren nutzen das Laser-Triangulationsprinzip zum zweidimensionalen Erfassen von Profilen auf unterschiedlichen Objektoberflächen.



► Der grüne Laser liegt nahe des Bereichs des höchsten quantenelektrischen Wirkungsgrades des Sensors und arbeitet mit 520nm Wellenlänge.

CMOS-Bildsensor liefert bis zu 4.224 Messpunkte pro Profil und bis zu 25 Millionen Punkte pro Sekunde, was einer Auflösung in 4K entspricht. Entscheidend ist dabei die tatsächliche Nutzbarkeit: Die Optik ist konsequent darauf ausgelegt, die 4K-Auflösung vollständig auszuschöpfen. So entstehen selbst bei komplexen Strukturen präzise und zuverlässige Messergebnisse. Zudem arbeitet der Sensor mit einer Profilfrequenz von 10kHz. Hiermit erreicht er eine hohe Genauigkeit und weist eine Linearität von lediglich 0,005 Prozent auf. Aufgrund der Schutzart IP67 lässt sich der Sensor auch in raue industrielle Bereiche integrieren. Um möglichst viele Einsatzbereiche abzudecken, bietet das Unternehmen aktuell beide Modelle in den Messbereichen 25, 50 und 100mm an.

Grüner Laser für hohe Signalstabilität

Beide Modelle sind erstmals mit der Green-Laser-Technologie mit 520nm Wellenlänge ausgestattet, welche die Vorteile von blauen und roten Lasern kombiniert. Der grüne Laser liegt nahe des Bereichs des höchsten quantenelektrischen Wirkungsgrades des Sensors. Hierbei entspricht die maximale Quanteneffizienz (QE) dem höchsten Wert der spektralen Empfindlichkeitskurve. Sie gibt an, wie viele Photonen nach der Reflexion vom Messobjekt von der Empfangereinheit auf der Sensormatrix registriert und in ein elektrisches Signal umgewandelt werden. Der CMOS-Bildsensor erreicht seine maximale QE bei etwa 500nm. In diesem Wellenlängenbereich werden die meisten Photonen von der Empfangseinheit in Elektronen umgewandelt. Fällt grünes Licht auf die Empfangseinheit, erzeugt er ein starkes, sauberes Signal mit hoher Signalstabilität und geringem Rauschen. Das ermöglicht das Messen auch auf glänzenden, organischen und transparenten Oberflächen. Durch kürzere Belichtungszeiten und höherer Reproduzierbarkeit erweitert der grüne Laser den Einsatzbereich erheblich. Damit bietet er einen entscheidenden Vorteil gegenüber Sensoren mit rotem oder blauem Laser. Aufgrund des grünen La-

serlichts ist der Sensor äußerst unempfindlich gegenüber Fremdlicht. Das sind Lichtquellen, die nicht vom Sensor selbst stammen, aber dennoch auf den Empfänger treffen und das Messsignal verfälschen können, zum Beispiel Umgebungs- oder Sonnenlicht. Wie stark ein Sensor auf Umgebungslicht reagiert, hängt im Wesentlichen von der Art des Fremdlichts und der spektralen Empfindlichkeit des Empfängers ab. In Produktionsanlagen mit großflächig verteilten LED-Leuchten ist z.B. der blaue Anteil des Lichts sehr hoch, in Umgebungen mit viel Tageslicht eher der rote Anteil, was sich negativ auf Sensoren mit blauem oder rotem Laser auswirkt. Der grüne Laser weist hingegen eine sehr gute optische Filterbarkeit auf, besitzt ein niedriges fremdlichtbedingtes Grundrauschen und ist sehr robust bei wechselndem Lichteinfall, was ihn universell einsetzbar macht.

Individuelle Messprogramme erstellen

Neben der hohen Fremdlichtbeständigkeit sind die Sensoren auf Ease-Of-Use ausgelegt. Anwender können zusammen mit dem Sensor eine sogenannte Smart-Lizenz erwerben. Hiermit lassen sich mit der Software 3DInspect individuelle Messprogramme erstellen und diese mittels Ethernet auf den Sensor übertragen. So kann der Scanner autark arbeiten und Messergebnisse direkt ausgeben – ohne externe Steuergeräte oder IPCs. Auch alle weiteren Einstellungen und das Parametrieren des Sensors lassen sich einfach über 3DInspect durchführen. Für einen bequemen und schnellen Datenaustausch mit geringer Latenz können Anwender außerdem über Ethernet nachgelagerte Systeme wie SPSen verbinden, um die Messergebnisse weiter zu verarbeiten. Um die optimale Vernetzbarkeit in smarten Infrastrukturen und Produktionen sicherzustellen, stattet der Hersteller die Sensoren zudem mit den industriellen Schnittstellen Profinet, Ethercat, Ethernet/IP sowie Modbus TCP aus. So lassen sich die Sensoren jederzeit in vorhandene Infrastrukturen integrieren. War die Datenauswertungsoption bei den Vorgängermodellen noch hardwaregebunden, lassen sich die ScanControl-8500-Scanner jederzeit softwareseitig upgraden. Das erleichtert die Auswahl des richtigen Sensors und stellt einen wichtigen Upgradepfad für zukünftige Applikationen bereit. So müssen Anwender bei der nachträglichen Entscheidung die integrierten Smart-Funktionen zu verwenden, keinen neuen Sensor bestellen, sondern können ihn einfach und schnell softwareseitig anpassen, was Kosten und wertvolle Integrationszeit spart. Alternativ zur Smart-Auswertung können Anwender den Bildverarbeitungsstandard GigE Vision nutzen, um ihre Daten mittels GenICam in ihre eigene Software zu integrieren, was die Flexibilität der Sensoren deutlich erhöht.

n

Jonas Rosenberger
Produktmanager
Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG
www.micro-epsilon.de

Oszilloskope mit Touchbedienung

Voltcraft hat sein Messtechnikprogramm um die Oszilloskop-Serie DOV erweitert. Die acht Modelle mit zwei oder vier analogen Kanälen und Bandbreiten von 70 bis 250MHz sind über die Conrad Sourcing Platform erhältlich. Die Bedienung der kompakten und leichten Oszilloskope mit HDMI-Ausgang erfolgt über einen Touchscreen, der auch Gestensteuerung unterstützt. Alternativ stehen weiterhin klassische Drehregler und Tasten zur Verfügung. Je nach Modell verfügen die Geräte

über zwei oder vier Kanäle sowie Bandbreiten von 70, 100, 125 oder 250MHz. Die Varianten mit 125 und 250MHz haben einen integrierten Funktionsgenerator. Ein 16-Kanal-Logikanalysator wird ebenfalls unterstützt; der passende Tastkopf ist optional erhältlich. Zur Ausstattung gehören u.a. ein 12Bit-A/D-Wandler, eine maximale Abtastrate von 1,25GSa/s sowie USB-, LAN- und HDMI-Schnittstellen. Triggerfunktionen und die Protokolldekodierung für RS232/UART, I²C, SPI, LIN und CAN erweitern das Einsatzspektrum. Ergänzend stehen Funktionen wie FFT-Analyse, mathematische Auswertungen, Cursormessungen sowie Pass/Fail-Tests für Anwendungen in Entwicklung, Fehlersuche und Qualitätssicherung zur Verfügung.

Conrad Electronic SE
www.conrad.de



Smart-Sensoren jetzt auch im Miniaturformat

Contrinex erweitert sein Portfolio an Smart-Measurement-Sensoren um Miniaturausführungen sowie Varianten mit ActivStone-Beschichtung für besonders anspruchsvolle Einsatzbedingungen. Zum erweiterten Portfolio gehören ein Miniatur-Flat-Pack-Sensor mit 2mm Erfassungsabstand sowie ein nicht bündig einbaubarer M30-Sensor mit 40mm Reichweite. Beide verfügen über ein einteiliges Edelstahlgehäuse und sind für raue Industrieumgebungen ausgelegt. Flexible Anschlussvarianten mit Kabel oder Pigtail sowie temperaturbeständige Leitungen für bis zu 200 bzw. 260°C ergänzen das Angebot. Die Sensoren er-

möglichen u.a. die Doppelblech- und Muttererkennung in Echtzeit. Die Parametrierung erfolgt über eine No-Code-App; die Smart-Double-Sheet-Detection-Sensoren sind zudem mit gängigen IO-



Link-Mastern kompatibel. Für Werkzeugmaschinen unterstützt die Sensorik die Überwachung von Spindelachsen und erkennt Fehlpositionen oder unvollständige Werkzeugwechsel frühzeitig. Darüber hinaus erweitert das Unternehmen sein Portfolio um einen Travel Sensor zur Wegmessung, einen Miniatur-Digitalmesssensor sowie eine kompakte 3D-Kamera mit integrierter Bildverarbeitung. Diese liefert Tiefeninformationen und Pass/Fail-Bewertungen in Echtzeit, ohne dass ein externer PC erforderlich ist.

Contrinex Sensor GmbH
www.contrinex.de

IO-Link-Temperatursensor

Der neue Sitrans TS200 IO-Link Temperatursensor von Siemens ermöglicht es Anwendern, die Effizienz in der Prozessautomatisierung zu erhöhen. Verfügbar in drei Größen (3, 4,4 und 6mm) liefert er schnelle, präzise Messungen. Drei umschaltbare Ausgangsmodi – IO-Link, 4–20mA und Schaltausgang – in einem einzigen Gerät reduzieren Komplexität und Lagerkosten. Remote-Firmware-Up-

dates verringern Ausfallzeiten und stärken die Cybersicherheit. Eine integrierte LED ermöglicht schnelle Statusprüfungen und vereinfacht die Wartung. Mit seinem kompakten Kunststoff- oder Edelstahlgehäuse passt der Sensor auch in beengte Einbauräume.

Siemens AG
www.siemens.com





Erkennt bis zu fünf Objekte in 3m

Mit den Ultraschallsensoren U1KM in Miniaturbauform erweitert Wenglor sein Portfolio um eine Lösung für Anwendungen, die hohe Reichweiten auf kleinstem Bauraum erfordern. Die kompakten Sensoren erkennen Objekte zuverlässig in bis zu 3m und eignen sich damit für vielfältige Aufgaben in der Logistik, Verpackung oder im Maschinenbau. Gleichzeitig können bis zu fünf Objekte erfasst werden, wodurch auch komplexe An-

wendungen präzise überwacht werden können. Für den flexiblen Einsatz mehrerer Sensoren stehen Multiplex- und Synchronbetrieb zur Verfügung. Dadurch lassen sich gegenseitige Beeinflussungen vermeiden und stabile Messergebnisse sicherstellen. Der MEMS-Transducer sorgt zudem für eine hohe EMV-Stabilität und sichert eine zuverlässige Performance. Da die Sensoren für das menschliche Ohr vollständig geräuschlos arbeiten, eignen sie sich besonders für den Einsatz an Montagearbeitsplätzen und in Bereichen, in denen ein ruhiges Arbeitsumfeld gefordert ist.

Wenglor Sensoric GmbH
www.wenglor.com

Füllstandslösung für geschlossene Schmelzöfen

OndoSense hat ein Messsystem zur Füllstandskontrolle bis 1.600°C heißen Aluminium-, Stahl- oder Kupferschmelzen in geschlossenen Öfen entwickelt: Mit der FurnaceProtect Radarlösung kann der Füllstand in geschlossenen Schmelz-, Gieß- und Warmhalteöfen von außen durch eine nur ~50mm kleine Öffnung im Ofendeckel gemessen werden. Dabei bietet das Radarsystem eine Messgenauigkeit bis 0,3mm, selbst bei Staub, Dampf,

Rauch, Vibrationen sowie intensiver Wärmestrahlung. Auch stark schwankende Füllstände haben keinen Einfluss auf die Präzision und Verlässlichkeit der Messung. Grund hierfür ist die Kombination aus hoher Messrate (500Hz) und smarten Filteralgorithmen. Somit erzielt das Radarsystem selbst bei Wellenbewegung, Blasenbildung oder anderen abrupten Füllstandsänderungen stets hochgenaue und schnelle Messungen.



OndoSense GmbH
www.ondosense.com

Impressum

Verlag/Postanschrift:
Technik-Dokumentations-Verlag
TeDo Verlag GmbH®
Postfach 2140, 35009 Marburg
Tel.: 06421/3086-0, Fax: 06421/3086-280
E-Mail: info@tedo-verlag.de
Internet: www.sps-magazin.de

Lieferanschrift:
TeDo Verlag GmbH
Zu den Sandbeeten 2, 35043 Marburg

Verleger & Herausgeber:
Dipl.-Ing. Jamil Al-Badri †
Dipl.-Statist. B. Al-Scheikly (V.i.S.d.P.)

Chefredaktion:
Dipl.-Ing. (FH) Frank Nolte (fno)

Redaktion:
Dr.-Ing. Peter Ebert (peb), Jürgen Wirtz (jwz)
Dipl.-Ing. (FH) Ines Stotz (isz), Frauke Itzerott (fiz)
Bastian Fitz (bfz)

Produktionsleitung:
Kirstine Meier

Produktion:
Amely Bertges, Marek Burbach, Julia Marie Dietrich,
Emma Fischer, Georg Hildebrand, Kathrin Hoß,
Yuliia Kozachynska, Vanessa Lüdde, Charlotte Pfeiffer,
Leah Reichel, Nadin Rühl, Annika Schroetter,
Ann-Christin Stauß, Robin Vaupel, Natalie Weigel

Anzeigen:
Heiko Hartmann, Tel. 06421/3086-511
E-Mail: hhartmann@tedo-verlag.de

Anzeigendisponentin:
Michaela Preiß, Tel. 06421/3086-444
E-Mail: anzeigen@tedo-verlag.de
Es gilt die Preisliste der Mediadaten des aktuellen Kalenderjahres.

Druck:
Offset vierfarbig
Dierichs Druck+Media GmbH & Co. KG
Frankfurter Straße 168, 34121 Kassel



www.blauer-engel.de/uz195
• ressourcenschonend und umweltfreundlich hergestellt
• emissionsarm gedruckt
• hauptsächlich aus Altpapier

JG2

Erscheinungsweise:
13 Hefte für das Jahr 2026

Bankverbindung:
Sparkasse Marburg/Biedenkopf
BLZ: 53350000 Konto: 1037305320
IBAN: DE 83 5335 0000 1037 3053 20
SWIFT-BIC: HELADEF1MAR

Geschäftszeiten:
Mo. bis Do. von 8:00 bis 17:00 Uhr
Fr. von 8:00 bis 15:00 Uhr

Jahresabonnement: (13 Hefte)
Inland: 99,00€ (inkl. MwSt., inkl. Porto)
Ausland: 115,00€ (inkl. Porto)
eMagazin: 66,00€ (inkl. MwSt.)

Einzelbezug:
9,00€ pro Einzelheft (inkl. MwSt., zzgl. Porto)
6,00€ pro eMagazin (inkl. MwSt.)

Kontakt: aboservice@tedo-verlag.de

ISSN 0935-0187
Vertriebskennzeichen G30449



Hinweise: Applikationsberichte, Praxisbeispiele, Schaltungen, Listings und Manuskripte werden von der Redaktion gerne angenommen. Sämtliche Veröffentlichungen im SPS-MAGAZIN erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes. Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt. Alle im SPS-MAGAZIN erschienenen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Reproduktionen, gleich welcher Art, sind nur mit schriftlicher Genehmigung des TeDo Verlages erlaubt. Für unverlangt eingesandte Manuskripte u.Ä. übernehmen wir keine Haftung. Namentlich nicht gekennzeichnete Beiträge sind Veröffentlichungen der SPS-Redaktion. Haftungsausschluss: Für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Beiträge übernimmt der Verlag keine Haftung.

Die Redaktion des SPS-MAGAZINS legt großen Wert darauf, diskriminierungssensibel und Gender-gerecht zu schreiben. Dennoch verzichten wir in unseren Texten auf Gender-Sonderzeichen wie : oder *. Stattdessen nutzen wir das vielseitige Spektrum der deutschen Sprache, um das generische Maskulinum weitestmöglich zu vermeiden.

© copyright by TeDo Verlag GmbH, Marburg

BRÜCKENSCHLAG

Produktion und Automatisierung

Das Themenspektrum des SPS-MAGAZINs hat sich über viele Jahrzehnte kontinuierlich erweitert. Dadurch entstehen immer häufiger spannende Berührungspunkte mit anderen Fachmedien des TeDo Verlags, die wir im Rahmen unseres 'Brückenschlags' regelmäßig vorstellen. Diesmal richtet sich der Blick auf die dima – das Fachmagazin und die Wissensplattform für moderne Fertigungstechnik, die seit acht Jahrzehnten über Technologien, Verfahren und Lösungen für wirtschaftliche Produktionsprozesse informiert.

Im Mittelpunkt stehen zerspanende Verfahren wie Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen oder Sägen sowie angrenzende Bereiche wie Spannmittel, Blechbearbeitung und Umformtechnik. Ebenso wichtig sind heute die Automation und digitale Vernetzung dieser Prozesse. Die moderne Metallbearbeitung entwickelt sich zunehmend zur intelligent vernetzten Fertigung, in der Maschinen, Software und Automatisierungslösungen nahtlos zusammenarbeiten.

Damit ist die Verbindung zum SPS-MAGAZIN offensichtlich. In nahezu allen Industriebranchen – vom Maschinenbau über die Automobil- und Luftfahrtindustrie bis zur Medizintechnik – entscheiden effiziente, digital unterstützte Prozesse über Wettbewerbsfähigkeit und Produktivität. Moderne Steuerungstechnik, Robotik, IIoT, Softwarelösungen und KI gehören heute ebenso selbstverständlich zur Produktion wie leistungsfähige Werkzeugmaschinen und Präzisionswerkzeuge. Erst das perfekte Zusammenspiel von Fertigung und Automation befähigt zu stabilen Prozessen, hoher Qualität und wirtschaftlicher Produktion.

Die dima – digitale maschinelle Fertigung begleitet diese Entwicklung mit praxisnahen Success-Stories, Interviews, aktuellen Nachrichten und Produktneuheiten. Einen besonderen Schwerpunkt bildet in der aktuellen Ausgabe 4-2026 das umfangreiche 'Special AMB 2026 Stuttgart' mit zahlreichen Innovationen rund um Werkzeugmaschinen, Präzisionswerkzeuge, Spannmittel, Messtechnik, Automation und Digitalisierung. So entsteht ein umfassender Überblick über die Technologien, die die Produktion von morgen prägen.

Die Inhalte der dima stehen den Lesern auf vielfältigen Wegen zur Verfügung – als Printausgabe, E-Magazin, über die Wissensplattform im Internet, per Newsletter, auf LinkedIn oder über die App 'Industrial News Arena' des TeDo Verlags. Sämtliche digitale Angebote sind kostenlos uneingeschränkt nutzbar. Ergänzend sorgen Funktionen wie KI-generierte Zusammenfassungen für zusätzlichen Komfort.

Seit acht Jahrzehnten steht die dima für fundierte Informationen rund um moderne Herstellungsverfahren in der Metallbearbeitung. Gemeinsam mit dem SPS-MAGAZIN entsteht so eine Brücke zwischen Fertigung und Automation, von der Produktionsverantwortliche, Betriebsleiter, Konstrukteure sowie Experten aus Entwicklung, Vertrieb und Marketing gleichermaßen profitieren. Unser Ziel bleibt unverändert: aktuelles Fachwissen bereitzustellen und den Austausch innerhalb der Industrie aktiv zu fördern.

n

Aus der Redaktion



Dipl.-Ing.
Dag Heidecker
Chefredaktion



MEHR DAVON?
QR-Code Scannen
und direkt für das
E-Magazin registrieren!



<https://tedo.link/CUlkDj>



CYBER SECURITY

BECOMES LAW

Cyber Security wird Gesetz. Sind Sie bereit? Besuchen Sie uns auf der
it-sa und sprechen Sie mit unseren Security-Experten
über CRA, NIS 2 und zukunftssichere OT-Security-Konzepte.



Weitere Informationen unter:
phoenixcontact.com/cybersecurity



HALLE 9
STAND 9-634



Industrial Security einfach und sicher umgesetzt

Standards, Know-how und Partnerschaften für sichere industrielle Systeme

Internationaler Standard, zertifizierte Prozesse und starke Partner:
Weidmüller Industrial Security verbindet IEC 62443, praxisnahe Umsetzung
und die Expertise unserer Partner Orange Cyberdefense und Fortinet – für
sichere Maschinen und OT/IT-Systeme.



More information on our website:
www.weidmueller.de/industrialsecurity

Weidmüller 

Fachvorträge zu aktuellen Themen		Raum
09:00 bis 09:30 Uhr	Temperatur neu gedacht – sicher messen ohne Eingriff in den Prozess. Endress+Hauser (Deutschland) GmbH+Co. KG	A
	Vom Kraftwerk zum Energie-Hub: Intelligentes Energiemanagement für die Industrie. ABB AG PAEN	B
	Der Smarte Weg des Kalibriermanagements: Beamex Software im Einsatz. Beamex GmbH	C
	Mit Valve Performance Monitoring den Überblick über die Ventillandschaft behalten – Moderne Wartungsstrategien im digitalen Zeitalter. Valmet Flow Control GmbH	D
09:45 bis 10:15 Uhr	Smart Grid für die Prozessindustrie: Intelligente Überwachung und Optimierung von Strom- und Gasnetzen. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG	A
	Volle Messsicherheit. Null Eingriff. Radiometrische Messtechnik, die jede Herausforderung meistert. VEGA Grieshaber KG	B
10:30 bis 11:00 Uhr	Druckmesstechnik und Wasserstoffanwendungen. Ashcroft Instruments GmbH	C
	Digitalisierung im Ex-Bereich– Mittels Connectivity und mobiler Technologie zu digitalen Workflows. Bartec Europe GmbH	D
	Exakte Energiebilanzierung für Wärme und Kälte – messen & optimieren. KROHNE Messtechnik GmbH	A
11:15 bis 11:45 Uhr	Wichtiges einfach umgesetzt: Funktionale Sicherheit nach dem neuen VDI/VDE 2180 Blatt 5. Röberg Engineering GmbH	B
	„Die Qual der Wahl“. Für die Messung von Durchfluss stehen eine Vielzahl an Technologien zur Verfügung. Welche Eigenschaften stellen diese Technologien dar und welche Vor- und Nachteile haben sie. Thomsen Messtechnik GmbH	C
	Integrierte Technologiemodule in SIMATIC. Siemens AG	D
	Zukunftssichere Messtechnik in Waste-to-Energy-Anlagen: Reaktionen auf einen sich wandelnden Markt. ABB AG PAMA	A
12:00 bis 12:30 Uhr	„Füllstandmessung mittels superkompaktem Radarsensor für industrielle Anwendungen und kleine Behälter“. WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG	B
	Digitalisierung im Explosionsschutz – Neue Herausforderungen durch EU-Regulatorik. R. STAHL Schaltgeräte GmbH	C
	Wenn Standardmesstechnik an Grenzen stößt – Strömungsmessung unter extremen Bedingungen. Höntzsch GmbH & Co. KG	D
	Öl-In-Wasser Fluoreszenzanalyse Lambertz-Solutions GmbH	A
12:45 bis 13:15 Uhr	Funktionale Sicherheit trifft E/MSR-Planung – Stolpersteine im Alltag. RAMSYS GmbH	B
	Präzision in Echtzeit: Konzentrationsmessung flüssiger Prozessmedien. Anton Paar Germany GmbH	C
	Retrofit als Innovationsmotor: Moderne Mess- und Automatisierungstechnik für Bestandsanlagen. Delphin Technology AG	D
	Soft Sensorik, Prozess-Know-how und Künstliche Intelligenz: Eine neue Dimension der virtuellen Messtechnologie. Siemens AG	A
13:30 bis 14:00 Uhr	Dichte- und Konzentrationsmessung zur Sicherung der Produktqualität und Optimierung der Produktionskosten. Bopp & Reuther Messtechnik GmbH	B
	Digitalisierung – Vom Sensor bis in die Cloud. FieldComm Group	C
	Wasserstoff Coriolis Massedurchflussmesser. Schwing Verfahrenstechnik GmbH	D
	„Next generation automation – software instead of hardware“. Schneider Electric GmbH	A
14:15 bis 14:45 Uhr	Leckagedetektion von Flüssigkeiten. Jola Spezialschalter GmbH & Co. KG	B
	Abwasser im Fokus – Die Rolle von CSB und TOC in der Abwasseranalytik. Shimadzu Deutschland GmbH	C
	DIE PROZESSELEITWARTE DER ZUKUNFT IM SPANNUNGSFELD VON DEMOGRAFIE, DIGITALISIERUNG UND KI. Jungmann Systemtechnik GmbH & Co. KG	D
	Die neue SAMSON Regelarmatur TYP 251GR. SAMSON AKTIENGESellschaft	A
15:00 bis 15:30 Uhr	Funktionale Sicherheit in der Prozesspneumatik: Anforderungen, Lösungen, Praxis. Bürkert Fluid Control Systems	B
	Ethernet APL als Teil der Lösungsplattform PROFIBUS & PROFINET in der Prozessautomatisierung. Profibus Nutzerorganisation e.V.	C
	Durchfluss mit integrierte Analyse: Die Zukunft der modernen Messtechnologie. TrueDyne Sensors AG	D
	Remote Condition Monitoring mittels Honeywell Versatilis LoRaWAN Device. Honeywell GmbH	A
	Funktionale Sicherheit – Neue Wege zur höchsten Anlagenverfügbarkeit. Kosten reduzieren bei gleichem Sicherheitslevel der Anlage. JUMO GmbH & Co. KG	B
	Nie war Messtechnik einfacher und benutzerfreundlicher! gbm mbH	C
	Ethernet-APL hält weltweit Einzug in Prozessanlagen Strukturen und Lösungen. Pepperl+Fuchs Vertrieb Deutschland GmbH	D



PKW-Anreise über A61: Am Autobahnkreuz Ludwigshafen auf die A650 in Richtung Ludwigshafen fahren. Ausfahrt Ludwigshafen-Oggersheim-Süd (Nr. 8) abfahren und in Richtung Friesenheim abbiegen. Der Hinweisbeschilderung zur Friedrich-Ebert-Halle folgen.

PKW-Anreise von Mannheim: Über die Konrad-Adenauer-Brücke (B 37) den Rhein überqueren und auf der A650 bis zur Ausfahrt Oggersheim Süd (Nr. 8) geradeaus fahren. Hier die Autobahn verlassen, in Richtung Friesenheim abbiegen und der Hinweisbeschilderung zur Friedrich-Ebert-Halle folgen.

Aus anderen Richtungen: Richtung Ludwigshafen-Friesenheim fahren und der Hinweisbeschilderung zur Friedrich-Ebert-Halle folgen.



Werbewiderspruch gem. Art. 21 EU-DSGVO an den Veranstalter: MEORGA GmbH - Jakobstraße 1a - 66763 Dillingen/Saar info@meorga.de - www.meorga.de

MEORGA

MSR-Spezialmessen

Ludwigshafen

Wirtschaftsregion Südwest

Regionale Fachmesse für

Messtechnik

Steuerungstechnik

Regeltechnik

Automatisierungstechnik

Prozessleitsysteme

+ begleitende Fachvorträge

16.09.2026

8.00 bis 16.00 Uhr

Friedrich-Ebert-Halle

Erzbergerstr. 89

67063 Ludwigshafen

Kostenlose Parkplätze bei der Halle

Zur erforderlichen

Besucher-

Registrierung:

www.meorga.de oder

QR-Code scannen

Eintritt FREI!

Führende Hersteller der Branche zeigen neue Trends der MSR-Automatisierungstechnik und präsentieren **Produkte, Systeme sowie Engineering- und Serviceleistungen** aus folgenden Bereichen:

- Analysenmesstechnik
- Antriebstechnik
- Armaturen
- Aus- und Weiterbildung
- Automation Security
- Blitzschutz
- Druck und Temperatur
- Durchflussmesstechnik
- Elektrobegleitheizungen
- Emissions-/Immissionsmessgeräte
- Energieeffizienz
- Explosionsschutz
- Feldbus
- Feldgeräte
- Feuchtemesstechnik
- Funktionale Sicherheit
- Gefahrenmeldetechnik
- Instandhaltung
- Kalibrierung
- Mess- und Registriertechnik
- Niederspannungstechnik
- Niveaumessetechnik
- Planung und Errichtung
- Prozess- und Betriebsführungssysteme
- Regelungstechnik
- Remote Operation
- Sensortechnik
- SPS und PLS
- Stellgeräte
- Steuerungstechnik
- Thermografie
- VDE-Prüfgeräte
- Wägetechnik und Abfülltechnik

Erfahrene Fachleute stehen Ihnen Rede und Antwort.

Ihr Messebesuch, inklusive Imbiss + Fachvorträge, ist kostenfrei. Eine Anmeldung zu den Fachvorträgen ist nicht erforderlich!

