6/26 www.digital-manufacturing-magazin.de Eine Publikation der WIN-Verlag GmbH & Co. KG D, A, CH: 14,40 Euro, weitere EU-Länder: 16,60 Euro | ISSN 1867-9781

DIGITAL MANUFACTURING

AUFBAU UND OPTIMIERUNG IT-GESTÜTZTER PRODUKTIONSPROZESSE

Industrie 5.0 | Internet der Dinge



Bild: © Pixel_B/stock.adobe.com

VOM MESSWERT ZUM QUALITÄTSWISSEN

Mit Digitalisierung und KI zur smarten Qualitätssicherung

AdditivX

ADDITIVE FERTIGUNG FÜR SUPPLY CHAIN, PRODUKTION & SERVICE



Jetzt entdecken!

Entdecken Sie die Zukunft der Ersatzteilproduktion: 3D-Druck als Schlüsseltechnologie für Ihre Branche!

Erfahren Sie, wie Kunststoff- und Metall-3D-Druck zum strategischen Werkzeug für Ersatzteile wird – branchenunabhängig und praxisnah. Im Fokus stehen Materialien, Prozesse, Wirtschaftlichkeit sowie die Integration in bestehende Produktions- und Instandhaltungsstrukturen.

Datum: 26. Januar 2027
Ort: SKZ – Das Kunststoff-Zentrum Würzburg
Mehr Infos & Tickets: www.additivx.de

Ein Event von:

PLASTX NOW

SKZ

EDITORIAL

Smarter planen, produzieren und prüfen

Liebe Leserinnen und Leser,

die industrielle Produktion steht vor einer doppelten Herausforderung: Sie muss flexibler und effizienter werden – und gleichzeitig mit steigender Komplexität, schwankenden Märkten und knappen Ressourcen umgehen. Digitalisierung allein reicht dafür nicht mehr aus. Entscheidend ist, wie Daten, Software und Automatisierung entlang der gesamten Wertschöpfung zusammenspielen.

Ein zentraler Hebel ist dabei die Produktionsplanung. Künstliche Intelligenz eröffnet neue Möglichkeiten, um Aufträge, Kapazitäten, Materialverfügbarkeit und Termine dynamischer aufeinander abzustimmen. KI kann Prognosen verbessern und Planer bei Entscheidungen unterstützen. Erfahren Sie mehr darüber auf den Seiten 36 bis 39.

Damit solche Anwendungen ihr Potenzial entfalten können, braucht es eine belastbare digitale Basis. ERP-Systeme bilden nach wie vor einen wesentlichen Baustein der Unternehmens- und Produktionsprozesse. Moderne Lösungen müssen dabei weit mehr leisten als eine klassische Auftrags- und Materialverwaltung. Gefragt sind durchgängige Datenflüsse zu MES, Maschinen, Logistik und weiteren IT-Systemen – und damit eine konsistente Informationsbasis für operative Entscheidungen. Mehr über ERP-Lösungen lesen Sie in den Beiträgen auf den Seiten 18 bis 24.

Auch die Qualitätssicherung wird zunehmend datengetrieben. Moderne Messtechnik liefert heute nicht nur präzise Messwerte, sondern kann diese direkt in digitale Produktionsprozesse integrieren. Werden Qualitätsdaten mit Prozess- und Maschinendaten verknüpft, lassen sich Abweichungen früher erkennen und Ursachen gezielter analysieren. Qualitätssicherung wird damit vom nachgelagerten Kontrollschritt zu einem aktiven Bestandteil der Prozessoptimierung. Die Fachbeiträge zu diesem Thema finden Sie auf den Seiten 25 bis 35.

Ein ebenso wichtiger Schwerpunkt in dieser Ausgabe sind fahrerlose Transportsysteme (FTS) und autonome mobile Roboter (AMR). FTS und AMR übernehmen zunehmend Materialtransporte und verbinden Lager, Montage und Fertigung. Ihr Nutzen entsteht jedoch nicht allein durch die autonome Navigation: Erst die intelligente Einbindung in Produktions- und Logistikprozesse ermöglicht einen wirklich flexiblen Materialfluss. Mehr dazu auf den Seiten 40 bis 55.

Viel Spaß beim Lesen!



Rainer Trummer
Chefredakteur

BESUCHEN SIE DIGITAL MANUFACTURING AUCH AUF FACEBOOK, X, XING UND LINKEDIN.



8

OEE IN DER INDUSTRIELLEN FERTIGUNG

Jeder Produktionsleiter strebt eine hohe Gesamtanlagen-Effektivität (OEE, Overall Equipment Effectiveness) an, und das aus gutem Grund: Diese ist einer der am häufigsten verwendeten Indikatoren zur Beurteilung der Produktivität der Fertigung. Eine Software von Lantek unterstützt produzierende Unternehmen dabei, die OEE optimal zu nutzen.

Bild: Lantek

News
Aktuelles aus der Branche 5

Wie sich stromintensive Industrieprozesse erfolgreich transformieren lassen
Kabelproduktion mit Wind im Rücken 6

Overall Equipment Effectiveness
OEE in der industriellen Fertigung – ein hilfreicher Schlüsselindikator 8

ROI-Messung
KI trifft auf Manufacturing: Wann rechnen sich die Investitionen? 10

Höhere Effizienz durch Simulation
Vom digitalen Zwilling zur perfektionierten Produktion 12

Robotik in der Produktion
Dank Automation und humanoider Robotik die Fabrik neu denken 14

Daten und Prozesse standortübergreifend steuern
Drei Standorte, eine Plattform 18

Enterprise Resource Planning
ERP: Zentrale Komponente der fortschreitenden Digitalisierung 20

Wandel in der industriellen Digitalisierung
Orchestrierte Intelligenz im Cloud-ERP 22

SAP ERP
SAP DM: Vom Shopfloor in Echtzeit ins ERP 24

Qualitätssicherung
Integrierte Managementsysteme für die moderne Arbeitswelt 25

CAQ.Net im Einsatz bei Ossenbrüggen Feinwerktechnik
Quality Excellence vom Shopfloor bis zum Topfloor 28

Wie KI die Entwicklung beschleunigt
KI-gestützte Qualitätsanalyse für Bremsscheiben 30

Automatisierte Messtechnik für die Hydraulikfertigung
Viermal schneller messen, mehr Daten gewinnen 32

KI erkennt Störungen, bevor sie entstehen
KI-Agenten: Wenn die Produktionsplanung mitdenkt 36

Weber steuert Produktionsplanung mit KI-gestütztem APS-System
Und plötzlich hat man den Überblick 38

Automatisierung einfach und wirtschaftlich umsetzen
Erschwingliche Robotik für den Mittelstand 40

Sensorik für FTS und AMR
Rundumblick für kompakte AMR 42

Autonomer Roboter im Einsatz bei Provita Medical
Wie Physical AI Outdoor-Transporte optimiert 44

Sicherheitsgerichtete Überwachung von AGV
Normgerechte Vernetzung der Safety-Sensorik in AGV 46

So gelingt der Einstieg in die mobile Robotik
Von starren Routen zu dynamischen Flüssen 48

Do-it-Yourself-Software für die innerbetriebliche Lager- und Produktionslogistik
Automatisierung per Drag and Drop 50

Mehr Sicherheit durch AMR und AGV
Wie Automatisierung Unfallrisiken im Lager reduziert 52

Acht AMR automatisieren Materialflüsse bei Brødrene Dahl
Intelligente Palettenlogistik für künftiges Wachstum 54

Digitaler Zwilling, Verwaltungsschale und digitaler Produktpass
Digitaler Zwilling – eine Voraussetzung für KI? 56

Konvergenz von IT und OT
Warum klassische Sicherheitskonzepte in der Produktion nicht ausreichen 58

Kolumne: Andreas Faath, VDMA
Digitaler Zwilling quo vadis – alles nur ein Traum? 60

Editorial 3
Marketplace 61
Vorschau, Impressum 62



48

VON STARREN ROUTEN ZU DYNAMISCHEN FLÜSSEN

Ein lückenhafter Materialfluss wirkt sich auf die Betriebsabläufe aus. Ungeplante Stopps, Leistungsverluste durch das Warten auf Nachschub und Qualitätseinbußen durch falsch bereitgestelltes Material sind spürbare Folgen. KI-gestützte Visual-SLAM-Navigation macht autonome mobile Roboter unabhängig von Markern, Magnetspuren und Reflektoren. Das erleichtert ihren Einsatz besonders im Brownfield.

Bild: ABB Robotics

REDAKTIONELL ERWÄHNTE INSTITUTIONEN, ANBIETER UND VERANSTALTER

ABB Robotics S. 48, ams.Solution S. 20, CAQ S. 28, Carl Zeiss S. 30, Consense S. 25, Consilio S. 24, Delta Electronics S. 14, Fortinet S. 58, Habia S. 6, HEW-Kabel S. 6, Hexagon S. 32, HTEC S. 10, Igus S. 40, Infor S. 36, Inform S. 38, Innok Robotics S. 44, Knapp Industry Solutions S. 54, Lantek S. 8, Linde MH S. 50, Mobile Industrial Robots (MiR) S. 52, Pepperl+Fuchs S. 42, Phoenix Contact S. 46, PSI Software S. 18, Sage S. 22, SEW-Eurodrive S. 12, TrendAI S. 56, VDMA S. 60, VDW S. 5

NEUES MESSEFORMAT FÜR DIE DIGITALE METALLBEARBEITUNG

NexGeM bringt Maschinenbau und IT zusammen



Die NexGeM ist die neue Messe des VDW für Digitalisierung im Werkzeugmaschinenbau und findet als Co-located Event zur Hannover Messe 2027 statt. Bild: VDW

Was bislang meist oberflächlich abgebildet wurde, möchte der VDW auf der NexGeM (Next Generation Metalworking) erlebbar machen: ein Blick auf die smarte Metallbearbeitung von morgen. Als Co-located Event zur Hannover Messe wird die neue Leistungsschau ihre Türen vom 5. bis 8. April 2027 öffnen.

„Die Werkzeugmaschine ist keine Stand-alone-Lösung. Sie ist eingebettet in die gesamte digitale industrielle Wertschöpfungskette, von der Planung bis zum Service. Und trotzdem werden intelligente, vernetzte Werkzeugmaschinen außerhalb weniger Fachmessen nicht ausreichend behandelt. Das ändern wir mit der NexGeM und bringen Unternehmen aus dem Maschinenbau sowie der IT- und Software-Welt zusammen", betont Dr. Markus Heering, Geschäftsführer des VDW.

Die Messe ist eine eigenständige Veranstaltung. Als neues Format schafft sie eine Verbindung zwischen den beiden bislang weitgehend getrennt präsentierten Branchen. Da sie die Digitalisierung in den Mittelpunkt stellt, handelt es sich nicht um eine klassische Maschinenmesse und auch nicht um eine „kleine EMO Hannover".

Die NexGeM wird die zentralen Themenfelder der digitalen Transformation metallbearbeitender Unternehmen fokussieren. Sie wird zeigen, wie Werkzeugmaschinen, Produktionssysteme und die dazugehörige Peripherie mithilfe von Automatisierung, Vernetzung, Robotik sowie Software- und Plattformlösungen effizienter und wirtschaftlicher werden. Dazu gehören Wertschöpfungstechnologien wie MES (Manufacturing Execution Systems), digitale Zwillinge und KI, aber auch IIot (Industrial Internet of Things) sowie Cloud- und Edge-Technologien. Nicht fehlen soll zudem der Sicherheitsaspekt. Die Veranstaltung will aufzeigen, wie Cybersecurity-Anwendungen Industrieprozesse absichern und Datenintegrität gewährleisten können.

Weitere Informationen:
www.nexgem.de

SEW EURODRIVE

Einfach parametrieren statt aufwendig programmieren

Roboter intuitiv in Betrieb nehmen mit MOVIKIT® Robotics

Das standardisierte Softwaremodul MOVIKIT® Robotics von SEW-EURODRIVE ermöglicht die Ansteuerung von Roboter-Kinematiken auf einfache und zeitsparende Weise. Ganz gleich ob SCARA-, Portal-, Knickarm- oder Delta-Robotik – wir gestalten für Sie aus unserem Standard-Produktportfolio heraus individuell zugeschnittene Kundenlösungen.

MOVIKIT® Robotics lässt sich einfach in die Automatisierungsstrukturen integrieren, nach kurzer Zeit intuitiv bedienen und bietet spezialisierte Funktionen für industrielle Applikationen.



Driving the world

Softwaremodule MOVIKIT® | SEW-EURODRIVE

Kabelproduktion mit Wind im Rücken



Wie sich die energieintensive Kabelproduktion und der Anspruch an eine nachhaltige Energieversorgung miteinander verbinden lassen, zeigt dieses Beispiel eines Spezialkabelherstellers. Durch die Kombination aus Energieeffizienzmaßnahmen und einem schrittweisen Umstieg auf ein Windenergie-PPA konnte das Unternehmen seine Produktion innerhalb von drei Jahren vollständig auf grünen Strom umstellen und gleichzeitig seinen Stromverbrauch deutlich reduzieren. **VON SEBASTIAN KUSCH**

Die Herstellung von Kabeln ist ein essenzieller Bestandteil moderner Infrastruktur – insbesondere im Rahmen der globalen Energiewende. Ohne leistungsfähige Kabel sind weder der Ausbau von Stromnetzen noch die Integration erneuerbarer Energien möglich. Gleichzeitig ist die Produktion selbst äußerst energieintensiv. Für die Herstellung eines typischen Kabels werden etwa 10-30 kWh pro Meter benötigt. Das ist ungefähr so viel wie ein Wasserkocher in 50 Stunden verbraucht. Der größte Anteil dieses Energiebedarfs entfällt jedoch nicht auf die eigentliche Fertigung, sondern auf die vorgelagerten Prozesse wie die Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen (z. B. Kupfer oder Aluminium).

Hier entsteht ein scheinbares Paradoxon. Einerseits sind Kabel unverzichtbar für den Ausbau erneuerbarer Energien. Andererseits verursacht ihre Herstellung selbst erhebliche CO_2-Emissionen. Zusätzlich verschärfen externe Faktoren die Situation: Steigende Energiepreise durch geopolitische Krisen, volatile Energiemärkte, wachsender regulatorischer Druck zur Dekarbonisierung oder auch die steigende Nachfrage nach nachhaltigen Produkten.

Die zentrale Herausforderung lautet daher, wie Kabelhersteller ihre energieintensive Produktion nachhaltig gestalten können, ohne ihre Wettbewerbsfähigkeit und Versorgungssicherheit zu gefährden.

Effizienzsteigerung in der Kabelproduktion

Eine nachhaltige Weiterentwicklung der Kabelproduktion erfordert einen ganzheitlichen Ansatz, der sowohl die Reduktion des Energieverbrauchs als auch die Umstellung der Energiequellen umfasst. Im Zentrum steht dabei die Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette, von der Rohstoffverarbeitung bis hin zur finalen Fertigung.

Ein wesentlicher Hebel liegt in der Steigerung der Energieeffizienz innerhalb der Produktionsprozesse. Durch den Einsatz moderner Maschinen kann der Stromverbrauch signifikant gesenkt werden. Gleichzeitig lassen sich Prozesse wie Extrusion und Verlitzung gezielt optimieren, um Wärmeverluste zu verringern und den Energieeinsatz effektiver zu gestalten. Ergänzend dazu gewinnt die Nutzung von Abwärme zunehmend an Bedeutung. Diese kann beispielsweise zur Vorwärmung von Materialien oder zur Beheizung von Produktionsstätten genutzt werden und trägt somit zusätzlich zur Senkung des Gesamtenergiebedarfs bei.



Ohne leistungsfähige Kabel sind weder der Ausbau von Stromnetzen noch die Integration erneuerbarer Energien möglich.
Bild: HEW-Kabel

Integration erneuerbarer Energien

Neben der Effizienzsteigerung spielt die Herkunft der eingesetzten Energie eine entscheidende Rolle. Viele Unternehmen setzen zunehmend auf die Eigenstromerzeugung durch erneuerbare Energien, insbesondere durch Photovoltaikanlagen. Diese ermöglichen es, einen Teil des Energiebedarfs selbst zu decken und die Abhängigkeit von externen Energieversorgern zu reduzieren. Darüber hinaus wirkt sich die Nutzung von selbst erzeugtem Solarstrom positiv auf die CO_2-Bilanz sowie auf das Unternehmensimage aus. Allerdings ist diese Lösung nicht frei von Herausforderungen: Hohe Anfangsinvestitionen, begrenzte Flächenverfügbarkeit sowie die wetter- und tageszeitabhängige Stromproduktion führen dazu, dass Photovoltaik in vielen Fällen lediglich eine ergänzende Rolle einnimmt und den Gesamtbedarf eines energieintensiven Betriebs nicht vollständig decken kann.

PPAs gewinnen an Bedeutung

Vor diesem Hintergrund gewinnen langfristige Stromlieferverträge, sogenannte Power Purchase Agreements (PPA), zunehmend an Bedeutung. Dabei handelt es sich um



Power Purchase Agreements zwischen Unternehmen und Betreibern von Wind- oder Solarparks gewinnen an Bedeutung.
Bilder: © Atchariya63/stock.adobe.com (generiert mit KI)

Vereinbarungen zwischen Unternehmen und Betreibern von Wind- oder Solarparks über die Lieferung von Strom zu festgelegten Konditionen über mehrere Jahre hinweg. Insbesondere PPAs mit Windenergieanlagen bieten entscheidende Vorteile für industrielle Anwendungen. Im Gegensatz zur Photovoltaik ist die Stromerzeugung weniger stark an Tageszeiten gebunden und kann auch in den Wintermonaten, wenn der Energiebedarf häufig höher ist, zuverlässig erfolgen.

Gleichzeitig sind bei PPAs mögliche Risiken zu berücksichtigen. Die langfristige vertragliche Bindung kann die Flexibilität einschränken, insbesondere wenn die Marktpreise für Strom sinken. Dennoch überwiegen für viele Unternehmen die Vorteile, insbesondere dann, wenn ein konstanter Energiebedarf besteht und klare Nachhaltigkeitsziele verfolgt werden.

Transformation eines Kabelherstellers – ein Praxisbeispiel

In der Praxis zeigt sich, dass die Kombination aus Effizienzmaßnahmen und strategischer Nutzung erneuerbarer Energien besonders wirkungsvoll ist. So konnte ein international tätiger Spezialkabelhersteller durch den schrittweisen Umstieg auf ein Windenergie-PPA innerhalb von drei Jahren seine Stromversorgung vollständig aus nachhaltigen Quellen beziehen. Seit dem Jahr 2024 läuft somit die Produktion der Kabel ausschließlich mit grünem Strom. Parallel dazu wurde der Gesamtverbrauch an Strom gesenkt. Im Jahr 2022 verbrauchte der Kabelhersteller insgesamt 8.227.024 kWh (Mischstrom), im Jahr 2025 waren es nur noch 7.473.683 kWh Strom (100 Prozent grüner Strom). Außerdem gelang dem Kabelhersteller in diesen drei Jahren mit dem erzeugten grünen Strom eine CO_2-Ersparnis von insgesamt 8.513,23 Tonnen, das entspricht ungefähr 4.000 bis 8.000 Transatlantikflügen einer Person. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist zudem, dass der Hauptstromlieferant des Unternehmens für die Einspeisung von grünem Strom eine Vergütung/Gutschrift erstellt.

Dieser integrierte Ansatz verdeutlicht, dass die nachhaltige Kabelproduktion nicht auf einzelnen Maßnahmen basiert, sondern auf dem Zusammenspiel verschiedener technologischer, wirtschaftlicher und strategischer Entscheidungen.

Fazit: Eine nachhaltige Kabelproduktion ist ein Transformationsprozess

Die Kabelproduktion steht exemplarisch für die Herausforderungen, mit denen energieintensive Industrien im Zuge der globalen Energiewende konfrontiert sind. Das zunächst widersprüchlich erscheinende Spannungsfeld zwischen hohem Energiebedarf und dem Anspruch an Nachhaltigkeit erweist sich bei näherer Betrachtung jedoch nicht als unauflösbares Paradoxon, sondern vielmehr als lösbare Transformationsaufgabe.

Entscheidend ist dabei ein ganzheitlicher Ansatz, der unterschiedliche Handlungsfelder miteinander verbindet. Die Steigerung der Energieeffizienz bildet die Grundlage, um den Gesamtbedarf nachhaltig zu senken. Parallel dazu ermöglicht die konsequente Umstellung auf erneuerbare Quellen eine deutliche Reduktion der CO_2-Emissionen. Ergänzt wird dies durch strategische Maßnahmen zur Sicherung der Energieversorgung, wie beispielsweise langfristige Stromlieferverträge (PPAs), die sowohl Preisstabilität als auch Planungssicherheit gewährleisten können.

Nachhaltigkeit in der Kabelherstellung entsteht somit nicht durch isolierte Einzelmaßnahmen, sondern durch das koordinierte Zusammenspiel von technologischen Innovationen, effizienteren Prozessen und einer zukunftsorientierten Energiepolitik. Unternehmen, die diesen Wandel aktiv gestalten, profitieren nicht nur aus ökologischer Perspektive. Sie sichern sich langfristig stabile Stromkosten, erfüllen regulatorische Anforderungen und stärken ihre Wettbewerbsposition in einem zunehmend nachhaltigkeitsgetriebenen Marktumfeld. Dennoch müssen sie sich darüber im Klaren sein, dass eine Investition in grüne Energie immer auch einen wirtschaftlichen Mehraufwand für das Unternehmen bedeutet. **KF**

SEBASTIAN KUSCH ist Umwelt- und Energiebeauftragter bei HEW-Kabel (Habia Gruppe).

DIE VERGÜTUNG BEIM POWER PURCHASE AGREEMENT

Ein Power Purchase Agreement ist ein Stromliefervertrag zwischen einem Stromerzeuger und einem Abnehmer. Da der Strom physikalisch in das öffentliche Netzt fließt, ist in den meisten Fällen (so wie bei dem Kabelhersteller im Praxisbeispiel) ein Händler dazwischengeschaltet. Das bedeutet im Umkehrschluss, es wird gleichzeitig auch ein Vertrag mit dem Händler (dem Stromlieferanten) abgeschlossen. Dieser wiederrum garantiert dem Stromabnehmer den vollständigen Erhalt des benötigten Strombedarfs. Aus der Differenz des in das öffentliche Netz eingespeisten grünen Stroms wird eine vertraglich geregelte Vergütung/Gutschrift erstellt.



OEE in der industriellen Fertigung – ein hilfreicher Schlüsselindikator

Jeder Produktionsleiter strebt eine hohe Gesamtanlagen-Effektivität (OEE, Overall Equipment Effectiveness) an, und das aus gutem Grund: Diese ist einer der am häufigsten verwendeten Indikatoren zur Beurteilung der Produktivität der Fertigung. Die Software von Lantek unterstützt produzierende Unternehmen dabei, die OEE optimal zu nutzen. **VON CHRISTOPH LENHARD**

In den meisten Fällen wird eine hohe OEE mit einer gut geführten Fertigung, optimal ausgelasteten Maschinen und stabilen Produktionsprozessen in Verbindung gebracht. Problematisch wird es jedoch, wenn sie als absoluter Maßstab und ohne den Kontext gesehen wird. Denn: Wie jede Leistungskennzahl gibt auch die OEE nur einen Ausschnitt wieder, während andere Aspekte außer Acht gelassen werden.

So gibt es Fabriken mit beeindruckenden OEE-Werten – in denen die Produktionsteams dennoch ständig mit Notfällen beschäftigt sind, auf Terminänderungen reagieren oder Engpässe zwischen den Prozessen bewältigen müssen. Komplexe Fertigungsumgebungen sind durch viele Variablen bestimmt, die sich nicht mit einem einzigen Indikator-Wert erfassen lassen.

Durch isolierte Betrachtung falsche Schlüsse ziehen

Als absoluter Wert betrachtet, hilft die OEE, Abweichungen zu erkennen und genaue Leistungsziele festzulegen. Für die ganze Wahrheit, bleibt jedoch ein großer Teil des Gesamtbildes verborgen. Nehmen wir zum Beispiel die Qualität. Hinter einer recht zufriedenstellenden Qualitätsquote können sich dennoch erhebliche finanzielle Auswirkungen verbergen – wenn etwa die wenigen Ausschussteile aus teuren Materialien bestehen oder das Ergebnis aufwendiger Fertigungsprozesse sind. Und eine geringe Verfügbarkeit ist nicht zwangsläufig ein Indikator für eine schlechte Organisation. Sie kann auch die bewusste Entscheidung widerspiegeln, Produktionskapazitäten für Eilaufträge zu reservieren. Ebenso können verbesserte Leistungskennzahlen darin begründet sein, dass größere Losgrößen

Mit einer digitalisierten Fertigungsumgebung können Hersteller Veränderungen der OEE verstehen und welche Maßnahmen sie beeinflussen.

produziert werden – die jedoch unnötige Lagerbestände verursachen und im weiteren Produktionsprozess zu Ineffizienzen führen.

Keine der beschriebenen Situationen soll den Wert der OEE infrage stellen. Sie erinnern uns lediglich daran, dass der Indikator, wenn er isoliert betrachtet wird, unvollständige oder gar falsche Schlüsse nach sich ziehen kann. Ihren größten Nutzen entfaltet die OEE als relativer Indikator – also dann, wenn ihre Entwicklung über den Zeitverlauf hinweg betrachtet und analysiert wird. Veränderungen in der Organisation, Planungsanpassungen, neue Ansätze bei der Auftragsvorbereitung oder unterschiedliche Materialwirtschaftsstrategien hinterlassen dann allesamt messbare Spuren im Indikator.

Wenn sich also die Verfügbarkeit nach Überprüfung der Prozessabläufe verbessert, wenn die Qualität dank besserer Informationen aus der Konstruktionsabteilung konstanter wird oder wenn die Leistung die Zusammensetzung der produzierten Aufträge besser widerspiegelt, wird die OEE zu einem wertvollen Leitfaden für die kontinuierliche Optimierung.

Der Schlüssel liegt darin, die OEE als Instrument zum Verständnis des Fertigungsprozesses zu nutzen, anstatt sie als absolutes Ziel zu betrachten. Das lässt sich erreichen, indem die Fertigungsdaten über den gesamten Betrieb hinweg miteinander verknüpft werden.

Ohne zuverlässige Daten bleibt die OEE wertlos

Dieser Ansatz hängt von einer wesentlichen Voraussetzung ab: Die Daten müssen zuverlässig, rückverfolgbar und jederzeit verfügbar sein, wenn Entscheidungen zu treffen sind. Eine digitalisierte Fertigungsumgebung hilft dabei, Veränderungen der OEE zu verstehen und auch, welche Maßnahmen einen tatsächlichen Einfluss auf die Gesamtproduktionsleistung haben. Ohne automatische Datenerfassung in der Fertigung und ohne die Vernetzung von Produktion, Planung, Konstruktion und Materialwirtschaft verliert die OEE jedoch sowohl an Genauigkeit als auch an Glaubwürdigkeit. Entscheidungen basieren dann eher auf Annahmen als auf Fakten. Und der Indikator sorgt weniger für Verbesserungen als für Diskussionen.

DEN GRÖSSTEN NUTZEN ENTFALTET DIE OEE ALS RELATIVER INDIKATOR – ALSO DANN, WENN IHRE ENTWICKLUNG ÜBER DEN ZEITVERLAUF HINWEG ANALYSIERT WIRD.

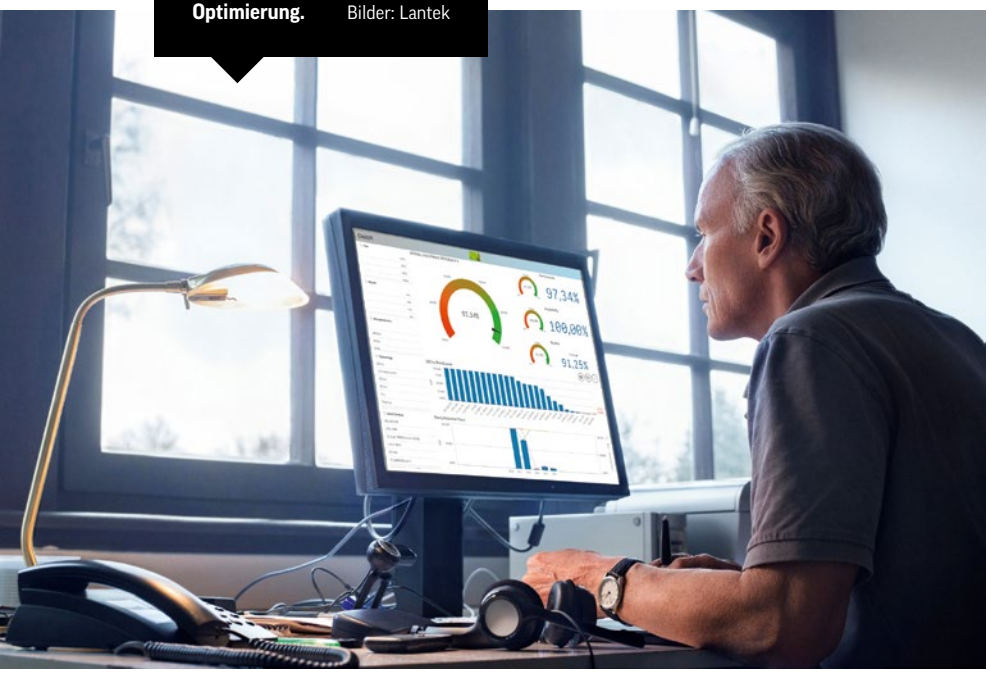
Mit seinen Softwarelösungen, die den gesamten Fertigungsprozess unterstützen, begleitet Lantek Blechfertiger auf ihrem Weg zur digitalen Fabrik. Jedes Modul nutzt automatisch die in der gemeinsamen Datenbank vorhandenen Informationen. Aus OEE-Perspektive zielen die Softwarelösungen von Lantek weniger darauf ab, sie als isolierte Kennzahl zu verbessern. Vielmehr schaffen sie ein Umfeld, in dem Informationen nahtlos abteilungsübergreifend fließen, Fertigungsprozesse miteinander vernetzt sind und jede Entscheidung aus einer umfassenderen betrieblichen Perspektive bewertet werden kann. Das Ergebnis ist oft eine schrittweise Verbesserung der OEE – und zwar nicht, weil der Fokus auf die Verbesserung der Kennzahl gerichtet ist, sondern weil bessere Entscheidungen ganz natürlich die betriebliche Leistung steigern.

OEE im richtigen Kontext interpretieren

Die OEE wird und darf auch weiterhin ein Schlüsselindikator für jeden Produktionsleiter sein – vorausgesetzt, sie wird im richtigen Kontext interpretiert. Das Ziel sollte nicht darin bestehen, einen bestimmten Prozentsatz um seiner selbst willen zu verbessern. Vielmehr sollte dieser Prozentsatz Anlass sein, verstehen zu wollen, was in der Fertigung tatsächlich vor sich geht, und auf dieser Grundlage entscheiden zu können, wo welcher Handlungsbedarf besteht.

Hersteller mit einem höheren Grad an digitaler Reife können hinter die Zahlen schauen: Sie können ihre Ursachen identifizieren, aber auch die Konsequenzen ihrer Entscheidungen verstehen, die Entwicklung des Indikators im Zeitverlauf beobachten und fundierte Entscheidungen auf der Grundlage zuverlässiger Daten treffen. Darin liegt der wahre Wert der OEE. Und genau hier stellen Lösungen wie Lantek den Unterschied dar: Sie liefern saubere und nachvollziehbare Informationen in Echtzeit, die bessere Entscheidungen für die Fertigung ermöglichen. **SG**

Die Betrachtung der OEE macht sie als Instrument zu einem wertvollen Leitfaden für die kontinuierliche Optimierung. Bilder: Lantek



CHRISTOPH LENHARD
ist Vertriebsleiter für die DACH-Region bei Lantek.





KI trifft auf Manufacturing: Wann rechnen sich die Investitionen?

Künstliche Intelligenz verspricht produzierenden Unternehmen mehr Effizienz, bessere Qualität und höhere Anlagenverfügbarkeit. Besonders bei bestehenden Produktionsanlagen entscheidet sich der wirtschaftliche Erfolg jedoch an einer anderen Stelle, nämlich bei der Frage, wie viel Aufwand notwendig ist, um KI in gewachsene Produktionsumgebungen zu integrieren und welcher messbare Wert daraus entsteht. Neu ist für viele Unternehmen, dass der klassische ROI-Ansatz bei KI zu kurz greift. **VON ALEX RUMBLE**

Eine belastbare ROI-Betrachtung benötigt auch im Manufacturing-Umfeld eine klare Vorstellung davon, welcher Wert geschaffen werden soll. Dafür sind konkrete Ausgangswerte und Zielgrößen entscheidend: Wo entstehen heute relevante Kosten oder Produktivitätsverluste? Welche Kennzahlen sollen sich durch die Einführung von KI verbessern? Und wie lassen sich die gewünschten Effekte nach der Transformation tatsächlich messen?

Für produzierende Unternehmen gibt es hier eine große Bandbreite an messbaren Faktoren. So können etwa Anlagenverfügbarkeit, Produktionsleistung, Ausschuss, Durchlaufzeiten oder Wartungsaufwand als Ausgangspunkt dienen. Zentral ist in jedem Fall die belastbare Baseline. Nur wenn der Ausgangszustand bekannt ist, können Unternehmen später beurteilen, welchen Beitrag eine KI-Anwendung tatsächlich zum Geschäftsergebnis leistet.

Was Technologie im Produktionsprozess leistet

Diese Wertlogik verändert auch den Blick auf die Technologie selbst. Denn die technische Leistungsfähigkeit eines Modells ist eine wichtige Voraussetzung, sagt allein aber wenig über den wirtschaftlichen Erfolg aus. Entscheidend ist, ob die Technologie in einem realen Produktionsprozess einen messbaren Beitrag leistet. Fertigungsunternehmen sollten den Business Case deshalb von der angestrebten Wirkung her denken und daraus die Anforderungen an eine mögliche Lösung ableiten.

Besonders relevant werden diese Schritte, wenn KI in bestehende Produktionsumgebungen integriert werden soll. Anders als bei einer neu geplanten Fabrik treffen neue Anwendungen hier auf gewachsene Strukturen: Maschinen und Steuerungen unterschiedlicher Generationen, bestehende IT- und OT-Systeme sowie Datenstrukturen, die über Jahre entstanden sind. Diese hochindividuelle Ausgangslage bestimmt wesentlich, welcher Aufwand erforderlich ist, um aus einer funktionierenden KI-Lösung einen produktiven Bestandteil der Fertigung zu machen.

Vom erfolgreichen Pilot zur produktiven Lösung

Ein funktionierender Proof of Concept ist dabei ein zwar durchaus wichtiger

Säule	Was messen?	Wichtigste Kennzahlen
Kosteneffizienz	Was der Betrieb kostet	$ pro Inferenz, GPU-Auslastung, Token-Ausgaben, Integrationskosten
Performance	Wie gut das System funktioniert	Latenz, Durchsatz, Modellgenauigkeit
Umsetzungsgeschwindigkeit	Wie schnell Unternehmen liefern	Bereitstellungsdauer, Release-Frequenz, KI-Aktivierungsrate nach SDLC-Phase
Business Impact	Welcher Effekt wird erzielt	Umsatzsteigerung, Effizienzgewinne, Automatisierungsabdeckung

Vier Faktoren beeinflussen die ROI-Logik für künstliche Intelligenz. Bild: HTEC



Bild: © FutureLogic Studio/stock.adobe.com

EINE ARCHITEKTUR, DIE NEUE KI-MODELLE MIT ÜBERSCHAUBAREM AUFWAND INTEGRIEREN KANN, SCHÜTZT DESHALB DEN WERT EINER INVESTITION UND REDUZIERT TECHNOLOGISCHE ABHÄNGIGKEITEN



Eine belastbare ROI-Betrachtung setzt neue Denkweisen von produzierenden Unternehmen voraus.
Bild: Pixabay

Schritt, beantwortet die ROI-Frage aber noch nicht. Erst wenn eine KI-Anwendung in bestehende Systeme, Prozesse und organisatorische Abläufe integriert ist, lässt sich ihr tatsächlicher wirtschaftlicher Beitrag beurteilen. Gerade im Manufacturing kann dieser Übergang erheblichen Aufwand verursachen, den anfängliche Berechnungen gar nicht komplett berücksichtigen können.

Die vollständige Wirtschaftlichkeitsrechnung muss deshalb über die Entwicklung des Modells hinausgehen. Sie wird zu einem laufenden Prozess, weil auch Kosten ins Gewicht fallen, die oftmals unter dem Radar bleiben – etwa für Datenbereitstellung und Integration, Infrastruktur, Betrieb, Wartung und laufende Anpassungen. Auch Anforderungen an die Skalierung und die Einbindung in bestehende Produktionsprozesse gehören in die Betrachtung.

Damit wird deutlich, warum sich die klassische Rechnung „Investition gegen erwartete Einsparung" bei KI schnell als zu kurz erweist. Der Return entsteht über den gesamten Lebenszyklus einer Lösung, gleichzeitig können sich Kosten und Nutzen auch verändern: die Nutzung nimmt zu, Modelle werden angepasst, Datenbestände entwickeln sich weiter und Anforderungen an die technische Umgebung verändern sich. Ein ROI, der einmal zum Projektstart berechnet wurde, bleibt deshalb keine verlässliche Größe für die gesamte Laufzeit.

Für Entscheider bedeutet das, Wirtschaftlichkeit als kontinuierliche Steuerungsgröße zu verstehen. Nach der Einführung sollte regelmäßig überprüft werden, ob die erwarteten Effekte eintreten, welche laufenden Kosten tatsächlich entstehen und wo Anpassungen erforderlich sind. So entwickelt sich aus einer einmaligen Investitionsrechnung ein fortlaufender, aussagekräftiger Blick auf den tatsächlichen Wertbeitrag von KI.

Vier Faktoren der ROI-Logik für künstliche Intelligenz

Wie hoch der wirtschaftliche Wert einer KI-Lösung ausfällt, hängt von vier tragenden Säulen ab: Kosteneffizienz, Performance, Umsetzungsgeschwindigkeit und Business Impact. Für die Kostenseite zählt dabei die passende Dimensionierung der Technologie. Das leistungsfähigste Modell ist nicht automatisch die wirtschaftlichste Wahl, wenn eine weniger aufwendige Lösung dieselbe Aufgabe erfüllt. Entscheidend ist, Kosten und benötigte Leistung über den gesamten Betrieb hinweg in ein sinnvolles Verhältnis zu setzen.

Auch die technische Flexibilität beeinflusst den ROI. KI-Modelle entwickeln sich schnell weiter. Eine Architektur, die neue Modelle mit überschaubarem Aufwand integrieren kann, schützt deshalb den Wert einer Investition und reduziert technologische Abhängigkeiten. Gleichzeitig sollte gemessen werden, an welchen Stellen KI die Umsetzung tatsächlich beschleunigt. Gerade bei komplexen Vorhaben fallen die Effekte je nach Phase unterschiedlich aus.

Modernisierung bestehender Produktionsumgebungen

Am Ende entscheidet jedoch der Business Impact. Für produzierende Unternehmen geht es dabei weniger um reine Kostensenkung als um die Frage, wie viel mehr Output sich mit vorhandenen Ressourcen und in welcher Qualität erzielen lässt. Produktionsleistung, Anlagenverfügbarkeit oder Ausschuss können dafür relevante Größen sein. Voraussetzung bleibt die eingangs definierte Basislinie: Erst der Vergleich mit dem Ausgangszustand macht aus einem erwarteten Effekt einen belastbaren ROI.

KI sich wird ohne Zweifel zu einem festen Bestandteil der schrittweisen Modernisierung bestehender Produktionsumgebungen entwickeln. Wer Wertlogik, produktionsnahe Umsetzung, laufende Wirtschaftlichkeit und technologische Flexibilität zusammenführt, kann dabei aus einzelnen technologischen Initiativen eine Fähigkeit entwickeln, die dauerhaft zur Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Produktion beiträgt. **SG**

ALEX RUMBLE ist AI Ambassador und Chief Marketing Officer bei HTEC.

Vom digitalen Zwilling zur perfektionierten Produktion

Maximale Effizienz auf Knopfdruck: Mit präzisen Simulationen ermöglicht SEW-Eurodrive seinen Kunden, das volle Potenzial ihrer Produktionsanlagen auszuschöpfen. Digitale Tools machen es möglich, unterschiedliche Optimierungsszenarien virtuell zu testen und die beste Lösung zu identifizieren – ohne zeit- und kostenintensive Praxistests. Das reduziert Stillstandzeiten, steigert die Anlagenleistung und stärkt nachhaltig die Wettbewerbsfähigkeit. **VON HANS-JOACHIM MÜLLER**



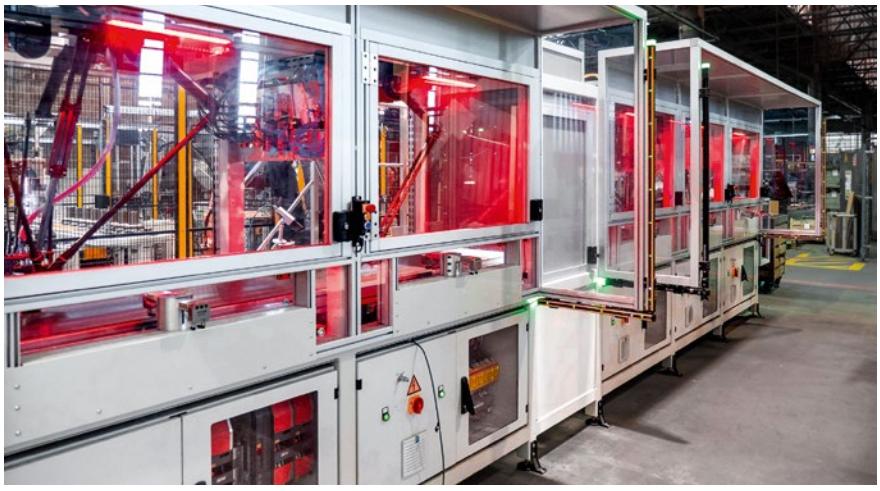
Um die Produktivität einer Pickerlinie für Backwaren zu erhöhen, simulierte SEW-Eurodrive diverse Lösungsansätze mithilfe eines digitalen Zwillings.

Steigende Nachfrage, hohe Anforderungen an Effizienz und kurze Durchlaufzeiten stellen Produktionsanlagen zunehmend vor Herausforderungen. Unternehmen stehen dabei vor der Aufgabe, bestehende Anlagen gezielt zu optimieren oder durch Erweiterungen an veränderte Produktionsbedingungen anzupassen. In manchen Fällen kann auch die Planung einer neuen Produktionsstrecke erforderlich sein. Entscheidend ist die Frage, welche Maßnahme technisch und wirtschaftlich das beste Ergebnis erzielt.

Digitale Zwillinge als Basis

Entscheidungen zur Optimierung oder Erweiterung von Produktionsanlagen sind oft komplex, da selbst geringfügige Änderungen Auswirkungen auf Materialfluss, Anlagenauslastung und Produktivität haben können. Die praktische Erprobung verschiedener Szenarien ist meist mit hohem Zeit-, Kosten- und Ressourcenaufwand verbunden. Gleichzeitig erschwert die Komplexität moderner Produktionslinien eine verlässliche Bewertung möglicher Veränderungen im Vorfeld. Eine effiziente Möglichkeit, unterschiedliche Szenarien zu analysieren und zu bewerten, bietet die Simulation auf Basis eines digitalen Zwillings. In der Praxis erfordert dies jedoch häufig die Zusammenarbeit mit Simulationsdienstleistern sowie einen umfangreichen Datenaustausch und beträchtlichen Vorbereitungsaufwand.

Genau hier setzt SEW-Eurodrive an. Das Unternehmen aus Bruchsal übernimmt die Simulation von Produktionsanlagen der Kunden und liefert belastbare Handlungsempfehlungen mit geringem Vorbereitungsaufwand. Wurde eine Anlage mit Automatisierungstechnik von SEW-Eurodrive realisiert, stehen die erforderlichen Daten für die Modellierung bereits zur Verfügung. Auf Basis bestehender Simulationswerkzeuge lassen sich verschiedene Optimierungsszenarien mithilfe digitaler Zwillinge schnell und effizient virtuell abbilden und bewerten. Dadurch kann die am besten geeignete Lösung identifiziert werden, bevor Anpassungen in der Produktion umgesetzt werden.



Automatisierte Konfektionierungslinien mit Pickersystemen gehören zu den besonders komplexen Anwendungen in der Lebensmittelindustrie. Bilder: SEW, teilweise KI-modifiziert

Pickerlinie in der Lebensmittelindustrie

Automatisierte Konfektionierungslinien mit Pickersystemen gehören zu den komplexesten Anwendungen in der Lebensmittelindustrie. Insbesondere Linien mit Tripoden oder Delta-Robotern erfordern ein präzises Zusammenspiel aller Komponenten. Bereits kleine Änderungen durch Erweiterungen oder Optimierungsmaßnahmen können Auswirkungen auf den gesamten Materialfluss und die Anlagenleistung haben. Um Risiken zu minimieren, sollten geplante Anpassungen daher vor der Umsetzung umfassend analysiert und validiert werden. Wie digitale Simulationen dabei unterstützen können, zeigt ein Kundenprojekt aus der Lebensmittelindustrie.

Ein Hersteller von Keksen und Backwaren stand vor der Herausforderung, die Produktivität der bestehenden Pickerlinie zu erhöhen, um saisonale Nachfragespitzen zuverlässig bewältigen zu können. Die Anlage war mit drei Tripoden ausgestattet,

deren Kapazität an ihre Grenzen stieß. Vor diesem Hintergrund stellte sich die Frage, ob eine Erweiterung der Linie erforderlich war oder ob sich die gewünschte Leistungssteigerung bereits durch die Optimierung bestehender Prozesse erreichen ließ. Auf Basis der vorhandenen Anlagendaten entwickelte SEW-Eurodrive verschiedene Lösungsansätze mithilfe eines digitalen Zwillings, um die Auswirkungen möglicher Maßnahmen transparent zu bewerten und die technisch sowie wirtschaftlich sinnvollste Variante zu identifizieren.

Optimierung und Erweiterung der Linien

Zu den wichtigsten Erkenntnissen aus den Simulationen gehörten u. a. folgende Ergebnisse: Zunächst wurde der Istzustand der Linie mithilfe eines digitalen Zwillings detailliert analysiert. Die Simulationen zeigten, dass bereits gezielte Anpassungen der Pickstrategien und Bewegungsabläufe der Tripoden zu einer signifikanten Produktivitätssteigerung führen. Dies beinhaltete unter anderem die Optimierung der Greifbewegungen und eine Verringerung des Abstands der Bänder, auf denen die Produkte transportiert werden. Das Ergebnis war eine sofortige Steigerung der Effizienz, ohne dass größere Investitionen nötig waren.

Im nächsten Schritt wurde untersucht, welches Potenzial eine Erweiterung der Pickerlinie durch zusätzliche Roboter bietet. Die Simulation zeigte, dass durch die Integration einer weiteren Tripode und die damit verbundene Optimierung des Materialflusses eine Effizienzsteigerung möglich ist. Interessant war dabei, dass die Linienerweiterung zwar zu einer Erhöhung der Pickeranzahl um ein Drittel führte, aber letztlich nur eine Produktionssteigerung von rund 20 Prozent ermöglichte. Die Analyse zeigt, dass die Effizienzsteigerung nicht zwingend linear zur Erweiterung der Ressourcen verläuft.

Analyse von Geschwindigkeit und Dynamik

Ein weiteres Simulationsszenario untersuchte den Einfluss der Bandgeschwindigkeit und der Dynamik der Roboterbewegungen. Die Ergebnisse zeigten, dass durch die Erhöhung der Geschwindigkeit und die Anpassung der Roboterpfade die Taktzeit verkürzt werden konnte. Jedoch nahmen mit steigender Geschwindigkeit auch die Anforderungen an die Präzision der Roboterbewegungen zu, wodurch das Risiko von Fehlplatzierungen und Ausschuss anstieg. Die Simulation machte deutlich, dass die erzielbaren Produktivitätsgewinne mit potenziellen Qualitätseinbußen verbunden sein können. Trotz höherer Leistung erwies sich dieses Szenario nur bedingt geeignet für eine nachhaltige Optimierung der Produktionslinie.

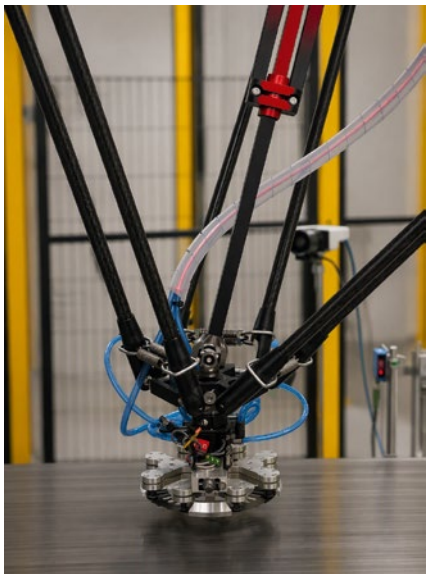
Intelligente Lastverteilung auf die Roboter

Ein weiterer Aspekt bei der Optimierung von Pickerlinien ist die intelligente Verteilung der Arbeitslast auf die eingesetzten Roboter. Mithilfe der Simulation wurde im vorliegenden Anwendungsfall gezeigt, dass die vorhandene Lastverteilung bereits ausgewogen erfolgte. Wäre das nicht der Fall, kann die gleichmäßige Lastverteilung auf alle Roboter verhindern, dass einzelne Maschinen überlastet werden.

Gleichzeitig erhöht sie die Anlagenverfügbarkeit, verbessert die Betriebssicherheit und senkt das Risiko ungeplanter Stillstände. Die Simulationsergebnisse zeigten schließlich, dass für den Kunden aus der Lebensmittelindustrie eine Kombination aus der Optimierung des Istzustands und der Erweiterung durch einen zusätzlichen Roboter die beste Lösung war. Diese Maßnahmen führten zu einer signifikanten Steigerung der Produktivität bei saisonalen Nachfragespitzen und gleichzeitiger Schonung der Getriebe.

Unterstützung durch vorkonfektionierte Maschinenpakete

Ist die Erweiterung der bestehenden Produktionslinie oder der Aufbau einer neuen Anlage erforderlich, bietet das Maschinenpaket für Toploader von SEW-Eurodrive eine leistungsfähige und flexible Lösung. Sie kombiniert moderne Automatisierungstechnik mit vorkonfigurierten Softwaremodulen und ermöglicht die effiziente Verarbeitung der Produktformate. Das Paket für Toploader wurde speziell für Sammelpacker mit Toploader-Ausführung entwickelt. Dank seines modularen Aufbaus und der einfachen Parametrierung lässt es sich mit geringem Engineering-Aufwand sowohl in bestehende Anlagen integrieren als auch für den Aufbau neuer Produktionslinien einsetzen. Dies verkürzt die Inbetriebnahmezeiten und reduziert den Implementierungsaufwand. Mit dem Toploader-Paket erhalten die Kunden eine durchgängige Lösung für Erweiterungs- und Modernisierungsprojekte. Dank ihres modularen Konzepts lässt sie sich in bestehende Anlagen integrieren oder als Grundlage für neue Produktionslinien einsetzen. Damit lassen sich Erweiterungs- und Modernisierungsprojekte effizient umsetzen.



Die Simulationsergebnisse zeigten, dass mit höherer Bandgeschwindigkeit auch die Präzision der Roboterbewegungen zunehmen muss.

Schlüssel zur Produktionsoptimierung

Simulationen ermöglichen es, Optimierungspotenziale in Produktionslinien frühzeitig zu identifizieren und unterschiedliche Szenarien zu bewerten – ohne Eingriffe in den laufenden Betrieb. Auf dieser Grundlage lassen sich fundierte Entscheidungen für Erweiterungen, Modernisierungen oder Prozessanpassungen treffen. Mit seinen Simulationsservices unterstützt SEW Eurodrive Unternehmen dabei, die technisch und wirtschaftlich beste Lösung zu ermitteln und Optimierungsmaßnahmen zielgerichtet umzusetzen.

Der dabei verfolgte Ansatz geht über die reine Simulation hinaus. Durch die Kombination aus Automatisierungstechnik, digitalen Services und kontinuierlicher Prozessoptimierung entsteht ein ganzheitliches Lösungskonzept, das Unternehmen bei der langfristigen Weiterentwicklung ihrer Produktionsanlagen unterstützt. So lassen sich Effizienzpotenziale erschließen, Investitionen absichern und die Wettbewerbsfähigkeit auch unter sich verändernden Marktanforderungen langfristig stärken. **SG**

HANS-JOACHIM MÜLLER
ist Marktmanager bei SEW-Eurodrive in Bruchsal.



Dank Automation und humanoider Robotik die Fabrik neu denken

Ein humanoider Roboter steht an einem Montagearbeitsplatz, greift ein Bauteil, prüft es visuell und setzt es präzise ein – ohne dass die Umgebung für ihn angepasst wurde. Was vor wenigen Jahren noch nach Zukunft klang, wird zunehmend Realität. Doch genau hier stellt sich die Frage: Braucht die Industrie wirklich humanoide Robotik – oder zeigt sie vor allem, wo heutige Produktionssysteme an ihre Grenzen stoßen? **VON MICHAEL MAYER-ROSA**

Die industrielle Fertigung befindet sich mitten in einem tiefgreifenden Wandel. Es geht längst nicht mehr nur um Automatisierung, sondern um die Fähigkeit von Systemen, zu verstehen, zu lernen und sich anzupassen. Intelligente Automation bildet dabei die Grundlage – und definiert neu, wie Robotik in der Produktion eingesetzt wird.

Vom Effizienzdenken zur Systemintelligenz

Über Jahrzehnte war Automatisierung vor allem ein Effizienzthema. Industrieroboter übernahmen klar definierte, repetitive Aufgaben, Prozesse wurden schneller und präziser. Doch diese Systeme hatten eine entscheidende Schwäche: Sie waren blind für den Kontext. Mit der Integration von Sensorik, künstlicher Intelligenz und Datenanalyse verändert sich dieses Paradigma grundlegend. Produktionssysteme reagieren nicht mehr nur, sie interpretieren. Sie erkennen Muster, passen sich an und optimieren sich kontinuierlich selbst. Damit verschiebt sich der Fokus: weg von einzelnen Maschinen, hin zu einem intelligenten Gesamtsystem. Produktion wird nicht länger als starre Linie gedacht, sondern als dynamisches Netzwerk.

Robotik neu gedacht: Vom Werkzeug zum Ökosystem

Diese Entwicklung hat direkte Auswirkungen auf die Rolle der Robotik. Klassische Industrieroboter waren lange hochpräzise, aber isolierte Werkzeuge. Heute geht es darum, unterschiedliche Robotiktypen, Steuerungen und Datenflüsse miteinander zu vernetzen. Cobots, mobile Roboter und klassische Systeme wachsen zunehmend zusammen. Entscheidend ist dabei nicht mehr die einzelne Maschine, sondern ihre Einbindung in eine übergeordnete Architektur. Genau hier setzen Plattform-Konzepte an: Sie ermöglichen es, Robotik, Steuerung und Daten durchgängig zu integrieren.

Wie das in der Praxis aussehen kann, zeigen kollaborative Robotiklösungen wie die D-Bot-Serie von Delta Electronics. Anwendungen etwa im Palettieren verdeutlichen, wie sich Cobots mit Komponenten wie Greifern oder Linearachsen zu integrierten, schnell implementierbaren Automationszellen kombinieren lassen. Der Fokus liegt dabei weniger auf dem einzelnen Roboter als auf dem Zusammenspiel innerhalb eines abgestimmten Systems, das sich flexibel in bestehende Produktions- und Materialflussumgebungen einfügt. Auch insgesamt verfolgen Anbieter wie Delta Electronics diesen Ansatz und entwickeln Lösungen, bei denen Robotik Teil eines vernetzten Gesamtsystems aus Motion Control, Software und Energieinfrastruktur ist.

WEITERLESEN AUF SEITE 16



Erst durch vernetzte Datenstrukturen wird aus der Automatisierung ein intelligentes und lernfähiges Produktionssystem. Bilder: Delta Electronics

Smarte Instandhaltung: Der Service wird zum Wettbewerbsfaktor

Ein Blick über den Unternehmenstellerrand hinaus zeigt nicht selten: In Zeiten, in denen Technologieinnovationen Planungs- und Produktionsprozesse nahezu flächendeckend optimieren, wird es immer schwieriger, sich allein über Qualität von Mitbewerbern zu unterscheiden. Insbesondere der Service rund um das eigentliche Produkt erhält so einen völlig neuen Stellenwert. Smarte Wartungskonzepte entwickeln sich zum Erfolgsfaktor im Markt. Wie solche aussehen können und wie ihre Implementierung gelingt, zeigt der Spezialist für Business-Software BE-terna.

Der Kunde ruft an, meldet einen Fehler, eine technische Fachkraft wird entsandt. Und einmal im Jahr erfolgt die turnusmäßige Wartung. Ein Instandhaltungsschema, das vielerorts noch immer den Standard bildet, bei genauerer Betrachtung jedoch weder das effizienteste noch das effektivste Vorgehen darstellt. Die Instandhaltung der Zukunft ist smart und vorausschauend – die Technologie dahinter mittlerweile serienreif.



In Zeiten nahezu flächendeckend optimierter Planungs- und Produktionsprozesse werden smarte Wartungskonzepte zunehmend zum Erfolgsfaktor. Bild: © bnenin/stock.adobe.com

Aus „Proactive" wird „Predictive"

Die Reparatur eines defekten Bauteils ist stets eine Schadensbegrenzung. Die routinemäßige Wartung von Maschinen und Anlagen bindet Ressourcen für Einsätze, die in vielen Fällen gar nicht nötig wären. In Zeiten von Personalmangel und steigendem Marktdruck bergen smarte Wartungskonzepte daher enormes Potenzial: IoT-Sensoren an den Anlagen erfassen kontinuierlich Betriebsdaten, die sich mithilfe von KI analysieren und auswerten lassen. Deuten erkannte Muster auf den bevorstehenden Ausfall einer Komponente hin, lässt sich bereits vorausschauend ein Service-Einsatz planen, um das Bauteil auszutauschen, noch bevor es zum Ausfall kommt.

Smarte Wartung wird Realität: Mit Microsoft Dynamics 365 CE

Ein effizienter und effektiver Service ist ein entscheidender Faktor für Kundenzufriedenheit und Vertrauen. Damit solche smarten Szenarien jedoch Realität werden können, benötigen Unternehmen ein geeignetes technologisches Fundament. Microsoft Dynamics 365 Customer Engagement stellt Unternehmen die zentralisierte Datenbasis zur Verfügung, die die Instandhaltung der Zukunft Realität werden lässt:

- Eine **360-Grad-Sicht auf Kunden** stellt sicher, dass der Service unmittelbar alle Informationen zur Hand hat, die gerade benötigt werden: von Stammdaten über im Einsatz befindliche Maschinen und Anlagen bis hin zu deren Wartungshistorie. Bei Bedarf lässt sich etwa ein Videocall mit dem Kunden starten, um ohne Verzögerung nach Lösungen zu suchen.
- Bei der Planung von Service-Einsätzen unterstützt der KI-basierte **Intelligent Scheduling Agent**: Er wählt geeignete Technikerinnen und Techniker auf Basis von deren Verfügbarkeit, physischer Nähe zum Einsatzort und erforderlichen Kompetenzen aus, plant optimierte Routen und entlastet Personal im Service-Center, das freie Kapazitäten für die Bearbeitung kritischer Fälle gewinnt.
- Die technischen Fachkräfte vor Ort erhalten alle benötigten Informationen unmittelbar **auf ihr Mobilgerät**, inklusive Anlagenhistorie, Dokumentationen und Anleitungen. Am Einsatzort werden alle Informationen digital gesammelt und automatisiert an das ERP übertragen.

Unterstützung vom Branchenexperten

Sichern auch Sie sich mit einem smarten Wartungskonzept einen weiteren zentralen Wettbewerbsfaktor für die heutige Zeit.

Als erfahrener Beratungs- und Implementierungspartner unterstützt Sie BE-terna bei der passgenauen Planung, Implementierung und Nutzung der leistungsstarken Microsoft-Technologie zur Modernisierung Ihrer Instandhaltungsprozesse.

Sprechen Sie uns an, wir freuen uns auf Ihr Projekt!

BE-terna Solutions GmbH

BE terna Part of Telefónica

Nußdorfer Straße 4
88662 Überlingen, Deutschland

TEL.: +49 7551 9470 105
E-MAIL: office@be-terna.com

www.be-terna.com

Humanoide Robotik: Lösung oder Stresstest?

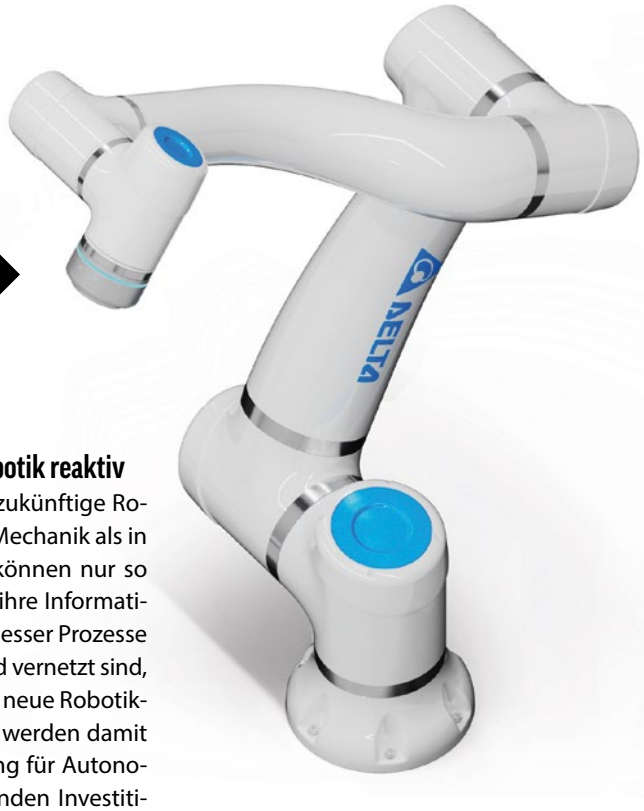
Vor diesem Hintergrund lässt sich die aktuelle Dynamik rund um humanoide Robotik besser einordnen. Ihr größtes Versprechen liegt nicht in überlegener Technologie, sondern in ihrer Anschlussfähigkeit: Unsere Fabriken sind für Menschen gebaut – und genau dort können humanoide Systeme potenziell ohne große Umbauten eingesetzt werden. Der Hype um humanoide Robotik verstellt aber oft den Blick auf das Wesentliche. Die Form des Roboters löst kein einziges Produktionsproblem. Humanoide Systeme werden nur dort relevant, wo Prozesse und Datenstrukturen bereits so weit entwickelt sind, dass sie echte Flexibilität überhaupt erst ermöglichen.

HUMANOIDE ROBOTIK WIRD NUR DORT RELEVANT, WO PROZESSE UND DATENSTRUKTUREN BEREITS SO WEIT ENTWICKELT SIND, DASS SIE ECHTE FLEXIBILITÄT ÜBERHAUPT ERST ERMÖGLICHEN.

Und gerade darin liegt auch ihre Rolle als Stresstest für die Industrie. Denn sie machen sichtbar, wo heutige Automationskonzepte an Grenzen stoßen: bei Flexibilität, Variabilität und der Integration komplexer Aufgaben. Es ist eine nüchterne Bewertung notwendig. Viele Anwendungen lassen sich weiterhin effizienter mit klassischen Industrierobotern oder spezialisierten Lösungen realisieren. Humanoide Robotik ist kein Allheilmittel – und wird es auf absehbare Zeit auch nicht sein. Die entscheidende Frage ist daher nicht, ob sie eingesetzt werden kann, sondern wo sie echten Mehrwert schafft.



Flexible Produktionsumgebungen entstehen dort, wo Mensch, Robotik und Daten nahtlos zusammenspielen.



Kollaborative Robotik zeigt: Entscheidend ist nicht die Maschine, sondern ihre Einbindung in ein integriertes System.

Ohne Daten bleibt jede Robotik reaktiv

Der eigentliche Hebel für zukünftige Robotik liegt weniger in der Mechanik als in der Datenbasis. Systeme können nur so intelligent agieren, wie es ihre Informationsgrundlage erlaubt. Je besser Prozesse digitalisiert, strukturiert und vernetzt sind, desto einfacher lassen sich neue Robotikformen integrieren. Daten werden damit zur zentralen Voraussetzung für Autonomie – und zur entscheidenden Investition in die Zukunftsfähigkeit von Produktionssystemen. Unternehmen, die heute beginnen, ihre Fertigung datengetrieben zu denken, schaffen damit die Grundlage für den Einsatz kommender Technologien – unabhängig davon, wie schnell sich humanoide Robotik tatsächlich durchsetzt.

Digitale Zwillinge als Beschleuniger

Ein zentrales Werkzeug in diesem Transformationsprozess sind digitale Zwillinge. Sie ermöglichen es, Produktionssysteme virtuell abzubilden, zu simulieren und zu optimieren, bevor physische Anpassungen erfolgen. Durch die kontinuierliche Rückkopplung realer Daten entsteht ein dynamisches Modell der Fabrik, das Entscheidungen in Echtzeit unterstützt. Das reduziert Risiken, verkürzt Inbetriebnahme-Zeiten und erhöht die Planbarkeit komplexer Systeme. Gerade für neue Robotik-Ansätze wie humanoide Systeme ist diese virtuelle Absicherung ein entscheidender Faktor.

Mit wachsender Automatisierung steigt auch der Energiebedarf. Robotik, Datenverarbeitung und Vernetzung treiben den Verbrauch deutlich nach oben, während gleichzeitig Effizienz und Nachhaltigkeit an Bedeutung gewinnen. Damit wird Energie zu einem integralen Bestandteil der Automationsstrategie. Nur wenn Energieversorgung, Antriebstechnik und Steuerung zusammengedacht werden, lassen sich skalierbare und wirtschaftlich tragfähige Systeme realisieren. Ganzheitliche Ansätze, die Automation und Energie verbinden, gewinnen daher zunehmend an Relevanz.

Die Fabrik als lernendes System

Der humanoide Roboter am Montage-Arbeitsplatz ist damit weniger Zukunftsversprechen als Prüfstein. Er zeigt, ob Produktionssysteme wirklich flexibel, vernetzt und datengetrieben sind – oder ob sie nur effizient automatisiert wurden. Die Fabrik der Zukunft entsteht nicht durch eine neue Roboterform. Sie entsteht durch das Zusammenspiel von Daten, Software, Energie und Robotik.

Humanoide Systeme werden darin ihren Platz finden – aber nicht als Lösung für alles, sondern als Teil eines Systems, das gelernt hat, sich selbst zu organisieren. Die entscheidende Frage ist damit nicht, wann sie kommen. Sondern ob die Produktion bereit ist, sie sinnvoll zu nutzen. **SG**

MICHAEL MAYER-ROSA ist Senior Director der Industrial Automation Business Group EMEA und Head of Intelligent Robot Systems (IRS) bei Delta Electronics.

Von der Mengenplanung zur belastbaren Feinplanung

Produktionsmengen aus der übergeordneten Planung lassen sich nicht immer eins zu eins in der Feinplanung umsetzen. Flexible Randbedingungen in SAP ePP/DS schaffen dafür einen pragmatischen Ausgleich. **VON CHRISTIAN SCHWICKERT**

In vielen Unternehmen geht es nicht nur darum, was produziert werden soll – sondern auch darum, wie sich die Mengen sinnvoll über die Zeit verteilen. In der Lebensmittelindustrie etwa müssen saisonale Mengen geplant werden, ohne unnötig hohe Bestände aufzubauen. Ein Automobilzulieferer muss Produktionsziele mit begrenzten Kapazitäten in Einklang bringen. Bei Kampagnenproduktion und knappen Anlagenkapazitäten wird häufig über den kurzfristigen Bedarf hinaus produziert, um spätere Engpässe zu vermeiden und die Versorgung in Folgeperioden zu sichern.

Die übergeordnete Planung liefert die Mengen. Die Feinplanung muss zusätzliche Restriktionen berücksichtigen. Starre Vorgaben sind dabei oft zu unflexibel.

Rahmenbedingungen in der Feinplanung berücksichtigen

Seit SAP S/4HANA 2023 FPS1 stehen in SAP ePP/DS die flexiblen Randbedingungen zur Verfügung. Sie ermöglichen es, Rahmenbedingungen für Beschaffungsmengen gezielt in der Feinplanung zu berücksichtigen – und ersetzen in vielen Fällen aufwändige kundenspezifische Lösungen.

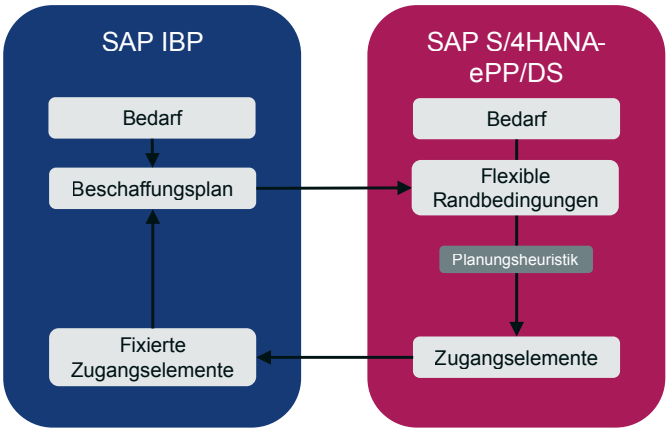
Es stehen drei Zugangsvorgaben zur Verfügung: Der Zielzugang beschreibt die gewünschte Zugangsmenge pro Periode. Die Planung versucht, diesen Wert möglichst zu erreichen – die tatsächliche Auftragsmenge kann jedoch aufgrund weiterer Restriktionen abweichen. Die Mindest- und Höchstzugangsmengen werden nur in Ausnahmefällen verletzt, etwa wenn Losgrößeneinstellungen oder verfügbare Kapazitäten keine andere Lösung zulassen.

Innerhalb der Planung besitzen die flexiblen Randbedingungen dennoch eine vergleichsweise niedrige Priorität. Vereinfacht lässt sich die Hierarchie wie folgt darstellen:

1. **Planungselemente:** Bedarfs- und Zugangselemente
2. **Randbedingungen auf Auftragsebene:**
   Beispielsweise Losgrößen und Rundungswerte
3. **Randbedingungen auf Bedarfsebene:**
   Beispielsweise Höchstbestand oder Sicherheitsbestand
4. **Flexible Randbedingungen:**
   Ziel-, Minimal- und Maximalzugänge

Dadurch bilden flexible Randbedingungen keine starren Produktionsvorgaben, sondern zusätzliche Steuerungsgrößen für die Optimierung der Planung. Die konkreten Auftragsmengen werden unter Berücksichtigung der übrigen Restriktionen ermittelt.

Ein besonderer Vorteil ist die Möglichkeit, Werte aus einer zeitreihenbasierten Beschaffungsplanung in SAP IBP oder einem Drittsystem automatisch an ePP/DS zu übergeben.



Die automatisierte Übergabe von Zugangswerten aus SAP IBP oder Drittsystemen an SAP ePP/DS erfolgt über RFC oder OData. Bilder: CONSILIO

So ergibt sich ein fortlaufender, rollierender Ablauf. Über Alerts können Abweichungen sichtbar gemacht und gezielt untersucht werden. Außerdem lassen sich die Mengen in den üblichen Planungstransaktionen anzeigen, etwa in der Produktsicht und Produktplantafel; bei Verletzung, Erreichen oder Unterschreiten von Grenzwerten werden sie farblich unterschiedlich gekennzeichnet.



„Flexible Randbedingungen setzen Leitplanken für die Feinplanung – keine starren Vorgaben."

CHRISTIAN SCHWICKERT IST CONSULTANT BEI CONSILIO

Fazit

Sinnvoll ist die Funktionalität insbesondere für Unternehmen, die Produktionsmengen aus einer Beschaffungsplanung an die Feinplanung übergeben, bestimmte Produktionsniveaus erreichen oder einhalten und die verfügbaren Produktionsmengen gezielt über mehrere Perioden verteilen möchten. Auch Unternehmen, die kundenspezifische Lösungen durch den SAP-Standard ersetzen oder die Effizienz ihrer Planungssysteme durch eine engere Integration steigern wollen, können davon profitieren.

Mehr Informationen: www.consilio-gmbh.de

Drei Standorte, eine Plattform

Die Produktion des Textilmaschinenherstellers SSM ist über Standorte in der Schweiz, Italien und China vernetzt. Mit der Migration auf PSIpenta/ERP 10 hat das Unternehmen seine digitale Basis für künftige Entwicklungen gestärkt. **VON MATHIAS ZIMMERMANN**

Wo immer Garn präzise aufgespult, gefärbt oder weiterverarbeitet wird, kommt man an Maschinen von Schärer Schweiter Mettler (SSM) nicht vorbei. Das Schweizer Unternehmen gilt als Referenz für innovative Spultechnologie in der Textilindustrie. Seine Maschinen erzeugen exakte Garnpakete mit gleichmäßiger Spannung, ermöglichen selbst bei hohen Produktionsraten feinste Regelung und lassen sich modular an unterschiedliche Anforderungen anpassen. Gefertigt werden sie an Standorten in der Schweiz, Italien und China.

Um Qualität, Liefertreue und Datenkonsistenz über alle Werke und Ländergrenzen hinweg sicherzustellen, plant und steuert SSM seine Prozesse seit vielen Jahren mit PSIpenta/ERP und MES – vom Auftragseingang über Fertigung und Logistik bis hin zum Ersatzteilgeschäft.

Ein System wächst mit seinen Aufgaben

Der durchgängige Systemeinsatz hat SSM ein hohes Maß an Prozesssicherheit verschafft. Mit dem Unternehmenswachstum kamen immer wieder neue Anforderungen hinzu – etwa die Abstimmung zwischen Zeitzonen, steigende Variantenvielfalt und unterschiedliche Produktionsbedingungen an den Standorten. „Unsere Produktion hängt direkt vom System ab“, sagt Vadim Maier, der bei SSM als ERP-Verantwortlicher den reibungslosen Informationsfluss zwischen den Standorten koordiniert und die digitale Transformation begleitet. „Alle Materialflüsse, Planungsdaten und Lagerbestände greifen ineinander. Ohne eine stabile IT-Struktur wäre das nicht möglich.“

Moderne Plattform für bewährte Abläufe

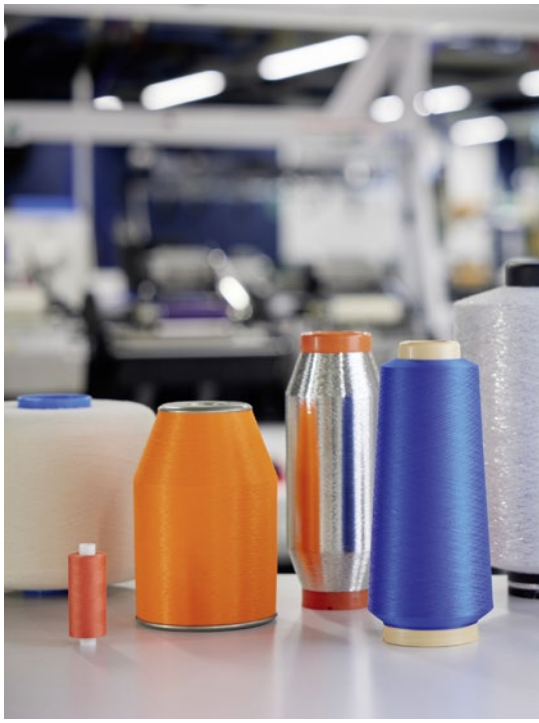
Die Migration auf PSIpenta/ERP 10 bedeutete für SSM auch den Wechsel auf die PSI-Java-Plattform, die technische Grundlage für moderne Weiterentwicklungen. Sie ermöglicht beispielsweise regelmäßige Rolling Releases und damit kontinuierliche Aktualisierungen, ohne aufwändige Versionssprünge. Über den Workflow Developer lassen sich Prozesse einfach modellbasiert abbilden, während Groovy-Skripte flexible Abläufe innerhalb des Standards ermöglichen. Mit Configurable View Components (CVCs) lassen sich zudem Arbeitsoberflächen gezielt an Informationsbedürfnisse anpassen. So behalten Anwender in Fertigung und Disposition alle relevanten Daten im Blick, ohne zwischen Masken wechseln zu müssen – ein Vorteil, besonders bei komplexen Produktionsstrukturen.

Wechsel unter besonderen Bedingungen

Der Umstieg auf die neue ERP-Version erfolgte während einer herausfordernden Zeit. Zum Projektstart galt bei SSM Kurzarbeit – die Ressourcen waren knapp, der Zeitplan eng. Trotzdem blieb das Team bei seiner Entscheidung. Eine gründliche Vorbereitung und strukturierte Testphasen ermöglichten den Wechsel ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebs. „Eine saubere Testphase ist das A und O“, betont Vadim Maier. „Gerade bei einer Migration darf man den zeitlichen Aufwand für die Key User nicht unterschätzen. Das zahlt sich später aus.“

Die eigentliche Umstellung verlief dem Projektleiter zufolge reibungslos. Die Standardprozesse funktionierten vom ersten

> **Alle Materialflüsse, Planungsdaten und Lagerbestände greifen ineinander. Ohne eine stabile IT-Struktur wäre das nicht möglich.”**
>
> VADIM MAIER





Die Textilmaschinen von SSM werden an Standorten in der Schweiz, Italien und China gefertigt.



SSM gilt als Referenz für innovative Spultechnologie in der Textilindustrie.
Bilder: Schärer Schweiter Mettler (SSM)



Die Textilmaschinen erzeugen exakte Garnpakete mit gleichmäßiger Spannung.

Tag an, was Maier auch auf die enge Abstimmung zwischen den Fachbereichen und die klare Projektstruktur zurückführt. „Jedes Unternehmen erhofft sich eine reibungslose Migration. Dass die Auslieferung aber wirklich so stabil erfolgte, hat uns überrascht und die Qualität der Umsetzung absolut überzeugt."

Zurück zum Systemstandard

SSM nutzte die Migration, um eigene Anpassungen zu prüfen und notwendige, individuelle Prozesse über Groovy-Skripte im Standard zu programmieren. Insgesamt 93 VBA-Programmierungen wurden im Zuge des Wechsels abgelöst, vereinfacht und vereinheitlicht. Statt wie bisher standortspezifisch zu arbeiten, genügt heute zudem ein einziges Skript, das für alle Werke gilt. Dazu zählt eine Übersicht über die Lagerbestände aller Werke – ohne separate Masken oder zusätzliche Klicks. Zwölf, zuvor separat gepflegte, Hauptprogramme integrierte SSM fest in die Systemlogik. „Durch die konsequente Ausrichtung am Standard können wir einfacher Aktualisierungen umsetzen und Einstellungen zentral steuern", so Vadim Maier.

Drei multinationale Standorte, ein System

Die Migration stärkt nicht nur die technologische Basis, sondern auch die Systemarchitektur insgesamt. Viele Verbesserungen zeigen sich in der täglichen Zusammenarbeit zwischen den Produktionsstandorten in der Schweiz, Italien und China. Über die Mehrwerkesteuerung PSIpenta/Multisite pflegte SSM bereits in der Vorgängerversion zentrale Stammdaten, Stücklisten und Auftragsinformationen, die so in allen Werken identisch zur Verfügung stehen. Dadurch entfallen redundante Eingaben, und Abläufe lassen sich präzise aufeinander abstimmen. Synchronisierte Bestände und Dispositionsdaten beschleunigen den Informationsfluss und schaffen eine hohe Transparenz. Direktlieferungen zwischen Werken – etwa von China an Endkunden mit Verrechnung über die Schweiz – werden im System zuverlässig abgebildet. „An allen Standorten gleich zu arbeiten, ist eine große Herausforderung", sagt Vadim Maier. „Mit Version 10 können wir zentrale Parameter nun noch einfacher übernehmen und automatisch auf alle Werke ausrollen. Das spart Zeit und reduziert Fehlerquellen." Damit unterstützt Multisite die operative Effizienz ebenso wie die wirtschaftliche Abwicklung innerhalb des Unternehmensverbunds.

Mehr Überblick, weniger Aufwand

PSIpenta verbindet und unterstützt seit vielen Jahren alle wesentlichen Unternehmensprozesse bei SSM. Durch die Migration auf Version 10 wurde diese Basis in eine zukunftssichere Architektur überführt. Die PSI-Java-Plattform, Rolling Releases und Werkzeuge wie Groovy-Skripting oder der Workflow Developer ermöglichen flexible Anpassungen an neue Anforderungen, ohne an Stabilität zu verlieren.

Im täglichen Arbeiten profitieren die Teams von klareren Strukturen und einer einheitlichen Datenbasis. Einstellungen können zentral gepflegt, Informationen schneller gefunden und Abläufe über Werke und Ländergrenzen hinweg abgestimmt werden. Das entlastet zugleich IT und Fachbereiche. „Viele Verbesserungen merken wir gerade im Detail", sagt Vadim Maier. „Wenn eine Anpassung sofort in allen Werken greift oder eine Änderung ohne Zusatzaufwand umgesetzt wird, zeigt sich der eigentliche Mehrwert."

> **Mit Version 10 können wir zentrale Parameter nun noch einfacher übernehmen und automatisch auf alle Werke ausrollen."**
>
> VADIM MAIER

Zukunftssicher aufgestellt

Mit der Migration auf die neue PSI-Plattform hat SSM die Basis für weitere Unternehmensentwicklung geschaffen – mit stabilen, digitalen Prozessen, klaren Strukturen und einem System, das künftige Anforderungen zuverlässig mitträgt. **KF**

MATHIAS ZIMMERMANN
ist Head of Consulting & Projects bei PSI Software SE, Business Unit Discrete Manufacturing.

ERP: Zentrale Komponente der fortschreitenden Digitalisierung

Die 2016 erfolgte Implementierung eines durchgängigen ERP-Systems stellte bei der Hermann Paus Maschinenfabrik in Emsbüren die Basis für die angestrebte unternehmensweite Prozessintegration. Die einheitliche Datenbasis erhöhte jedoch nicht nur die Transparenz in den Projekten, sondern war zudem der Ausgangspunkt für eine Reihe weiterer Digitalisierungsschritte. **VON GÜNTHER KLIMAS**

Seit mehr als 50 Jahren entwickelt und produziert die Hermann Paus Maschinenfabrik qualitativ hochwertige Produkte für den mobilen Bergbau, darunter explosionsgeschützte Fahrzeuge und Personentransporter für die Untertagebeförderung. Dank der starken Kundenfokussierung stieg der Familienbetrieb zu einem der weltweit führenden Anbieter in dieser Branche auf. Zusätzlich erschloss sich das Unternehmen weitere Standbeine in den Bereichen Baumaschinen, Lifttechnik und Industriefahrzeuge, die inzwischen knapp die Hälfte des jährlichen Umsatzes von rund 60 Millionen Euro ausmachen.

Sondermaschinenbauer mit hoher Fertigungstiefe

Was die üblichen Losgrößen anbelangt, bilden Wiederholprojekte im Segment der Bergbaufahrzeuge aufgrund der stets unterschiedlichen Gegeneinheiten unter Tage die absolute Ausnahme. Um die hohe Varianz kundenspezifisch abbilden zu können, setzt der 1968 gegründete Sondermaschinenbauer auf eine hohe Fertigungstiefe. Im Unterschied dazu kommen die anderen Produktlinien wie Lifttechnik oder Baumaschinen mit deutlich geringerer Eigenleistung aus. Die Losgrößen erreichen mit 30 bis 50 Stück pro Baureihe oftmals Kleinserienniveau, was wiederum vor allem auf Beschaffungsseite höheren Aufwand verursacht.

Um alle Geschäftsfelder langfristig sicher steuern zu können, wurde bereits 2016 die integrierte Projektmanagement-Software ams.erp unternehmensweit implementiert. Das System führt in Echtzeit alle kaufmännischen und technischen Informationen zusammen, die im Laufe der Auftragsabwicklung entstehen. Als zentrale Datendrehscheibe liefert es jedoch nicht nur aktuelle Kennzahlen zur Unternehmensentwicklung, sondern steht darüber hinaus mehr denn je im Mittelpunkt diverser Digitalisierungsschritte zur Vernetzung und Automatisierung der Arbeitsabläufe bei den Emsländern.

Wirtschaftlichkeit immer im Blick

Grundvoraussetzung dafür war zunächst die durchgängige digitale Abbildung der Prozesskette. Sie beginnt im Vertrieb, wo sämtliche Angebote in ams.erp kalkuliert werden – in den stärker standardisierten Bereichen Lifttechnik und Baumaschinen zusätzlich mit Unterstützung des integrierten Produktkonfigurators. Im Falle einer Bestellung wandelt die ERP-Software das Angebot automatisch in einen Auftrag. Die nun einsetzende Auftragsabwicklung führt über die Bereiche Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Einkauf und Materialwirtschaft bis hin zur Montage und zum Versand. Module für Finanzbuchhaltung, Personalwesen, Controlling, Zeitwirtschaft, Betriebsdatenerfassung, Produktdatenmanagement, Exportabwicklung und Servicemanagement runden das integrierte Informationssystem ab, wobei einige Komponenten erst im Laufe der Zeit hinzukamen. „Das ERP-System über alle Bereiche und Produktlinien hinweg einzuziehen, war ein echter Quantensprung", erläutert Marlies Pöppe, Organisationsleiterin bei Paus, die gleichzeitig die Verantwortung für das ERP-System innehat.

Die Nutzung der einheitlichen Datenbasis brachte von Beginn an zahlreiche Vorteile mit sich: Die Einschätzungen zur projektübergreifenden Kapazitätsplanung sind viel genauer, wodurch mögliche Engpässe schnell auffallen. Auch deshalb konnte die allgemeine Liefertermintreue gesteigert werden. Der wichtigste Aspekt ist jedoch, dass die Wirtschaftlichkeit der Projekte auftragsbegleitend abgefragt



Neben den kundenindividuellen Spezialfahrzeugen für den Bergbau gehören auch in Kleinserien gefertigte Baumaschinen und Lifttechnik zur Produktpalette von Paus.



Die 1968 gegründete Hermann Paus Maschinenfabrik hat ihren Standort in Emsbüren in Niedersachsen. Bilder: Hermann Paus Maschinenfabrik

> **„Das ERP-System über alle Bereiche und Produktlinien hinweg einzuziehen, war ein echter Quantensprung für uns."**
>
> MARLIES PÖPPE, HERMANN PAUS MASCHINENFABRIK

werden kann. ams.erp bringt standardmäßig sämtliche Funktionalitäten für eine exakte und jederzeit aktuelle mitlaufende Kalkulation mit – unter Berücksichtigung aller Budget- und Solldaten. Kostenseitige Fehlentwicklungen in der Auftragsabwicklung, die sich speziell im Rahmen der fertigungsbegleitenden Konstruktion im Spezialfahrzeugbau ergeben können, lassen sich auf diese Weise beheben, bevor finanzieller Schaden entsteht.



Hermann Paus fertigt Fahrzeuge und Maschinen für die speziellen Anforderungen im Berg- und Tunnelbau. Dazu gehören Fahrlader, Muldenkipper, Service- und Personentransport-Fahrzeuge und Hubbühnenfahrzeuge.

Einführung einer vollständig integrierten Controlling-Lösung

Darauf aufbauend erweiterte der Sondermaschinenbauer speziell im Projekt- und Unternehmenscontrolling sukzessive seinen Aktionsradius zur noch besseren Einschätzung der Geschäfts-Performance. Ein echter Meilenstein auf diesem Weg war die Einführung der vollständig in ams.erp integrierten Controlling-Lösung ams.bi, die neben betriebswirtschaftlichen Kennzahlen zum Gesamtunternehmen auch wertvolle Informationen zur Produktivitätsentwicklung in den unterschiedlichen Produktgruppen bereitstellt. „Mit dieser zusätzlichen Sicht konnten wir den Erfolg unserer einzelnen Geschäftsfelder noch feingranularer bewerten als zuvor", berichtet Marlies Pöppe und verweist darauf, dass die Nutzung der BI-Daten aufgrund der positiven Resonanz sowohl aus der Firmenleitung als auch aus der Belegschaft kontinuierlich ausgeweitet wurde.

Mittels Microsoft PowerBI können sehr schnell aussagekräftige Auswertungen erstellt und ansprechend visualisiert werden. Vermehrt wird dabei die Möglichkeit genutzt, Vergangenheits- mit Zukunftsdaten zu kombinieren, um einerseits geeignete Rückschlüsse zu ziehen und andererseits valide Annahmen zu künftigen Entwicklungen treffen zu können. Als Beispiele nennt die ERP-Verantwortliche die Bereitstellung detaillierter Informationen zu Materialverfügbarkeiten, Lagerbeständen oder Rückläufern.

In einem Atemzug mit den BI-Auswertungen betont Marlies Pöppe die Option der einfachen Anbindung von Drittsystemen über die flexible Programmierschnittstelle ams.API. Dank des aufeinander abgestimmten Zusammenspiels der Komponenten gelingt es, digitalisierte Abläufe in immer neuen Firmenbereichen zu etablieren. Bereits realisiert wurde eine Anwendung zur Erfassung und Behebung von Störungen während der Montage. Geplant ist zudem die Einführung digitaler Prüfprotokolle, die an jede Stücklistenposition angehängt und später beispielsweise mit dem Smartphone extern erfasst werden können.

Digitalisierung im Servicegeschäft vorangetrieben

Anders als bei den Bergbauspezialfahrzeugen, für die Händler den Kundendienst übernehmen, führt Paus das umfangreiche Servicegeschäft für die Lifttechnikprodukte und die Baumaschinen selbst durch. Hier gelang es mit der Einführung des Field-Service-Managements ams.workforcePlanning, die zuvor in getrennten Systemen gespeicherten Informationen zum Servicepersonal, zu den Fuhrparkfahrzeugen sowie zu den anstehenden Einsätzen in einer Lösung zusammenzuführen. Die Software ermöglicht es, alle Außendienstaktivitäten effizient zu planen und optimal aufeinander abzustimmen, da sämtliche Daten zu Verfügbarkeiten, Mitarbeiterqualifizierungen und Stundenkapazitäten in Echtzeit bereitstehen.

Die Servicetechniker erfassen ihre Tätigkeitsberichte am Einsatzort digital über mobile Devices. Alle relevanten Informationen und Rückmeldungen zu den Aufträgen werden direkt ins System übermittelt, während es früher häufiger vorkam, dass die Papierunterlagen tagelang im Handschuhfach lagen, bevor sie manuell eingegeben werden konnten.

Angesichts der bereits umgesetzten und der noch geplanten Prozessverbesserungen sieht sich die Organisationsverantwortliche Marlies Pöppe auch zehn Jahre nach der Entscheidung für ams.erp in ihrem damaligen Urteil bestätigt: „In einem produzierenden Betrieb wie unserem kann nur das ERP-System als zentrales Steuerungsinstrument und zentrale Informationsquelle fungieren. Alle anderen Systeme haben in der Folge dann wesentlichen Anteil daran, Daten hinzufügen, zu entnehmen und auf verschiedenste Art zu verarbeiten. Diesen Weg werden wir weiterhin gehen." **SG**

GÜNTHER KLIMAS
ist Branchenmanager und Leading Expert bei ams.Solution.



Orchestrierte Intelligenz im Cloud-ERP

Das Zusammenspiel von Cloud-basierten ERP-Systemen, generativen Sprachmodellen und autonomen KI-Agenten markiert einen grundlegenden Wandel in der industriellen Unternehmenssteuerung. Dabei können Fertigungsbetriebe durch den Einsatz intelligenter Assistenzsysteme und domänenspezifischer Agenten einen echten Mehrwert schaffen. **VON DOMINIK SCHÄTZEL**



Ein Cloud-basiertes ERP-System in Kombination mit KI-Komponenten darf nicht als ein reines Projekt der IT-Abteilung missverstanden werden. Bild: © umi/stock.adobe.com (generiert mit KI)

Die Anforderungen an Fertigungsunternehmen haben sich in den vergangenen Jahren grundlegend verändert. Volatile Lieferketten, immer komplexere Compliance-Vorgaben und der anhaltende Fachkräftemangel zwingen Management und IT-Verantwortliche dazu, bestehende Prozesse kontinuierlich zu hinterfragen. Dabei stoßen klassische On-Premise-Systeme, die oftmals über Jahre oder sogar Jahrzehnte hinweg durch stetige individuelle Anpassungen erweitert wurden, zunehmend an ihre Grenzen. Denn sie agieren häufig als starre Verwaltungseinheiten, die auf lediglich periodisch aktualisierte Datenbestände zurückgreifen. Auf dieser Grundlage ist agiles Handeln kaum möglich.

Moderne Cloud-ERP-Systeme schlagen einen anderen Weg ein. Sie bilden ein zentrales Nervensystem, das operative Transaktionen, Planungsdaten und Interaktionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette verbindet. Die Bereitstellung in der Cloud ist dabei mehr als eine reine Frage des Betriebsmodells. Erst wenn ein ERP-System von Beginn an Cloud-nativ gedacht und umgesetzt wird, lassen sich Cloud- und KI-Funktionen sinnvoll in der Lösung verankern. Damit entsteht die Grundlage, um strukturierte Prozess- und Transaktionsdaten konsistent zusammenzuführen und fortschrittliche KI-Anwendungen sowie Large Language Models (LLMs) sinnvoll einzubinden.

KI-AGENTEN BENÖTIGEN KLAR ABGESTECKTE RAHMENBEDINGUNGEN.

Von eingebetteten Modellen zu autonomen Agenten

Künstliche Intelligenz kann in mehreren Stufen im ERP-Umfeld implementiert werden. Der klassische Ansatz basiert auf eng umrissenen, eingebetteten Modellen. Diese unterstützen einzelne Prozessschritte, indem sie typische Stärken klassischer LLMs ausspielen, nämlich Muster erkennen, Prognosen erstellen oder Dokumente semantisch auswerten. Ein Beispiel dafür ist die automatische Belegerkennung im Eingangsrechnungsprozess. Dabei trifft stets ein menschlicher Fachanwender die letzte Entscheidung, während das System lediglich Vorschläge unterbreitet oder auf Unregelmäßigkeiten aufmerksam macht.

Deutlich mehr Arbeit nehmen KI-Agenten ab. Diese arbeiten weitestgehend autonom und zielgerichtet, benötigen allerdings klar abgesteckte Rahmenbedingungen. Innerhalb dieser können sie Kontexte interpretieren, eigenständig auf strukturierte ERP-Daten zugreifen und unstrukturierte Informationen aus Dokumenten, Nachrichten oder Freitexten auswerten, bei deren Analyse KI ihre Stärken ausspielt. So können KI-Agenten Aktionen ausführen und nachvollziehbare Ergebnisse liefern. Dabei verändern sich die Schnittstellen zwischen Mensch und Software aktuell grundlegend, vor allem durch das Zusammenspiel mit Assistenten wie dem Sage Copilot. Denn nun erfolgen die Interaktionen zunehmend in natürlicher Sprache, was einstmals komplexe Bedienabläufe verkürzt und gleichzeitig die Einstiegshürden für Anwender massiv senkt.

Spezialisierte KI-Agenten lassen sich über sämtliche Kernbereiche eines Industriebetriebs hinweg einsetzen:

- **Vertrieb:** KI-Agenten im Vertrieb verarbeiten Anfragen in Freitextform, erstellen margenoptimierte Angebote, prüfen Kreditlimits und stoßen nach Freigabe durch einen menschlichen Mitarbeiter die Reservierung der Lagerbestände an.

- **Beschaffung:** Ein KI-Agent im Einkauf bewertet Lieferanten nach Termintreue, Preisentwicklung sowie Qualität, simuliert Beschaffungsszenarien, recherchiert Alternativen und bereitet Rahmenvereinbarungen vor.
- **Produktionsplanung:** In der Produktion optimieren KI-Agenten Kapazitäten unter Berücksichtigung von Rüstzeiten, Ausschussquoten und Materialverfügbarkeiten, um Engpässe frühzeitig zu vermeiden.
- **Finanzwesen:** Ein Finanzagent unterstützt den Periodenabschluss, führt automatische Zahlungsabgleiche durch und identifiziert fehlerhafte Buchungsmuster.
- **Reporting:** Im Reporting erstellen KI-Agenten auf Basis natürlicher Sprache dynamische Dashboards und stoßen bei kritischen Abweichungen von vorher festgelegten KPI-Schwellenwerten eigenständig vordefinierte Folge-Workflows an.

Digitale Transformation ist Chefsache

Soll ein Cloud-basiertes ERP-System in Kombination mit KI-Komponenten eingeführt werden, darf dies nicht als ein reines Projekt der IT-Abteilung missverstanden werden. Vielmehr handelt es sich um eine tiefgreifende organisatorische Transformation, die etablierte Routinen und Arbeitsabläufe verändert und den Status quo auf die Probe stellt.

Dazu gehört, dass die Cloud die Release-Zyklen maßgeblich verändert hat. Früher wurden große Updates meist nur alle ein bis zwei Jahre veröffentlicht, während heutzutage die Versionswechsel iterativ und in kurzen Abständen erfolgen. Dies erfordert eine gewisse organisatorische Reife innerhalb eines Unternehmens. So müssen Anwender darauf vorbereitet werden, offen für neue Funktionen zu sein und diese pragmatisch in den Arbeitsalltag zu integrieren. Dies muss „top-down" begleitet werden; die Chefetage muss den Wandel also aktiv vorleben, statt ihn lediglich einzufordern.

Governance, Compliance und Transparenz

Der Einsatz von KI-Agenten und -Assistenten erfordert strikte Governance-Strukturen. Rollen- und Rechtemodelle sowie eine lückenlose Protokollierung gehören zum Standard moderner Unternehmenssoftware. Bei autonomen Systemen steigen die Anforderungen an Datenschutz und DSGVO-Konformität weiter an. Dementsprechend müssen Unternehmen sicherstellen, dass KI-Systeme domänenspezifisch arbeiten und stets nachvollziehbar agieren.

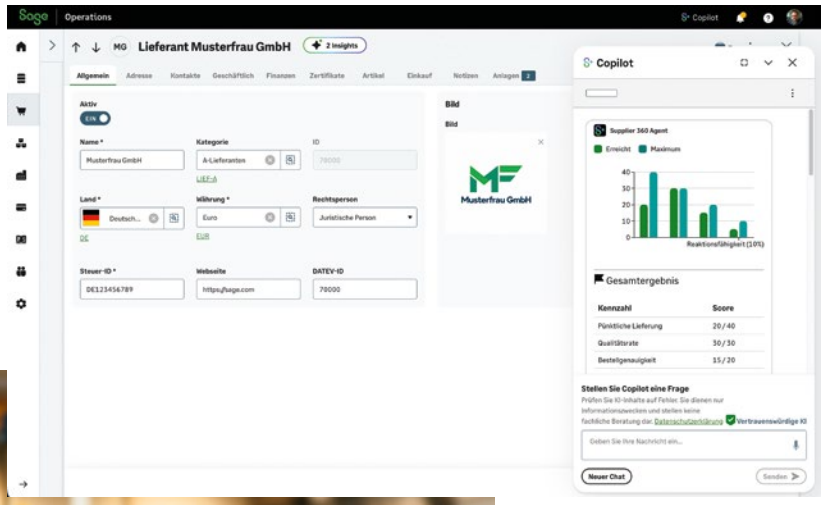
Agenten müssen innerhalb klar abgesteckter Grenzen tätig sein. Dazu gehören vordefinierte Handlungseinschränkungen, Freigabeschwellen für finanzielle Transaktionen und der Zugriff auf freigegebene Datenquellen. Außerdem muss jede eigenständige Aktion eines Agenten revisionssicher dokumentiert, begründet und im Zweifel durch einen Menschen rückgängig zu machen sein. So verbleibt die Kontrolle stets beim Anwender.

Bessere Wettbewerbsfähigkeit durch KI und Cloud

Werden KI-Projekte im ERP-Umfeld auf Wirtschaftlichkeit bewertet, sollten Entscheider den Fokus auf konkrete Engpässe richten. So zeigt sich der ROI in verkürzten Durchlaufzeiten, reduzierten Lagerbeständen bei hoher Liefertreue, schnelleren Monatsabschlüssen und sinkenden Fehlerraten. Denn wer heutzutage ein modernes Cloud-ERP-System mit offener Schnittstellenarchitektur sowie KI-Unterstützung etabliert und die Belegschaft gezielt miteinbindet, schafft das Fundament für eine auch zukünftig wettbewerbsfähige, datengetriebene Unternehmenssteuerung. KIS

INTERAKTIONEN ERFOLGEN ZUNEHMEND IN NATÜRLICHER SPRACHE.

DOMINIK SCHÄTZEL
ist Product Manager ERP bei Sage.



Mit Assistenten wie dem Sage Copilot verändern sich die Schnittstellen zwischen Mensch und Software.
Bild: Sage



KI-Agenten erstellen dynamische Dashboards und stoßen bei kritischen Abweichungen vordefinierte Folge-Workflows an.
Bild: © onephoto/stock.adobe.com

SAP DM: Vom Shopfloor in Echtzeit ins ERP

SAP Digital Manufacturing (DM) verbindet Shopfloor und SAP S/4HANA in Echtzeit – ohne Medienbruch, Doppelpflege oder verzögerte Rückmeldungen. Arbeitsanweisungen, Maschinendaten, Buchungen und Produktionsnachweise laufen somit direkt in einer integrierten Plattform zusammen. **VON FRANZISKA SCHEURING**

Werker erfassen Prozessparameter – etwa einer Aromamasse – per Knopfdruck direkt in der Nutzeroberfläche; Sekunden später stehen sie im Prozessauftrag unter SAP S/4HANA. Papier, Nachterfassung und Abstimmungen entfallen. Klassische, isolierte MES verursachen Verzögerungen und doppelte Stammdatenpflege. Eine native Plattformintegration von Shopfloor und ERP mit SAO Digital Manufacturing (SAP DM) schließt diese Lücke.

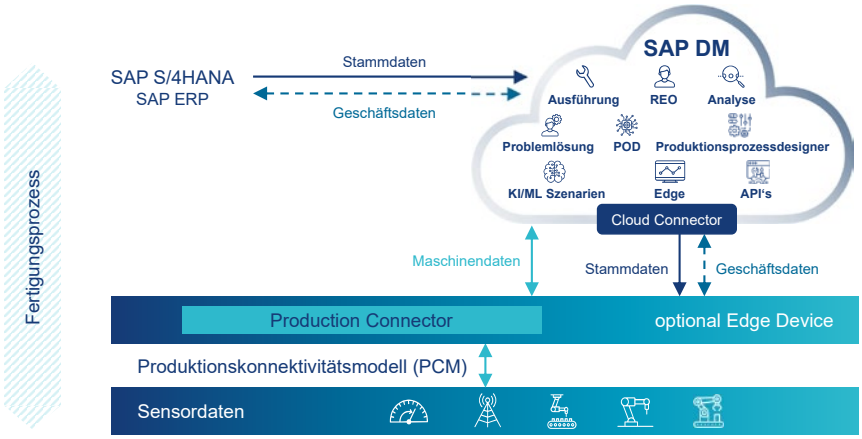
Integration ist das A und O

SAP Digital Manufacturing (DM) ist eine Cloud-Lösung, die auf der SAP BTP (Business AI Platform) läuft und SAP ME und SAP MII vereint. Sie wird quartalsweise aktualisiert und um neue Funktionen erweitert. Der Vorteil von DM liegt in der Integration: Stammdaten fließen direkt aus S/4HANA, Bewegungsdaten bidirektional zurück. PP, PP/DS und EWM sind vorkonfiguriert integrierbar. Non-SAP-Systeme lassen sich ebenfalls über offene APIs anbinden.

Der End-to-End-Prozess im Detail

Ein Beispiel aus der Prozessindustrie (Herstellung von Aromen) erläutert den Prozess in vier Schritten:

1. **Auftragsübergabe:** Der Prozessauftrag entsteht im S/4HANA, wird freigegeben und automatisch an die DM übertragen. Ein manueller Eingriff entfällt.
2. **Arbeiten im POD:** Der Werker startet Phasen, erfasst Gutmengen und Zeiten, meldet zurück. Die Arbeitsanweisung liegt in derselben Oberfläche entweder als Text, Bild, Video oder 3D- Animation vor. Prozessparameter können erfasst, Chargen angelegt, Ausschuss gebucht werden und der Wareneingang erfolgt ebenfalls aus dem POD heraus. Die Materialbereitstellung geht aus EWM-geführten Beständen hervor.
3. **Maschinendaten:** Über die OPC-UA-Anbindung erfasst der Werker Messwerte direkt per Knopfdruck, anstatt diese ablesen oder abschreiben zu müssen.
4. **Rückmeldung und Nachweis:** Buchungen und Statusänderungen werden in Echtzeit an S/4HANA übermittelt. Nach Abschluss entsteht automatisch ein vollständiges, archivierungs-, druck- und versandfähiges Produktionsprotokoll. Die diskrete Fertigung nutzt dasselbe Prinzip jedoch mit Fertigungsaufträgen, Serialnummern und Montageschritten.



Vom Sensor bis ins ERP: Stammdaten fließen aus SAP S/4HANA in die Cloud-Plattform, die Geschäftsdaten laufen bidirektional zurück. Der Production Connector bindet Maschinen und Sensoren über das Produktionskonnektivitätsmodell (PCM) an. Bild Consilio GmbH

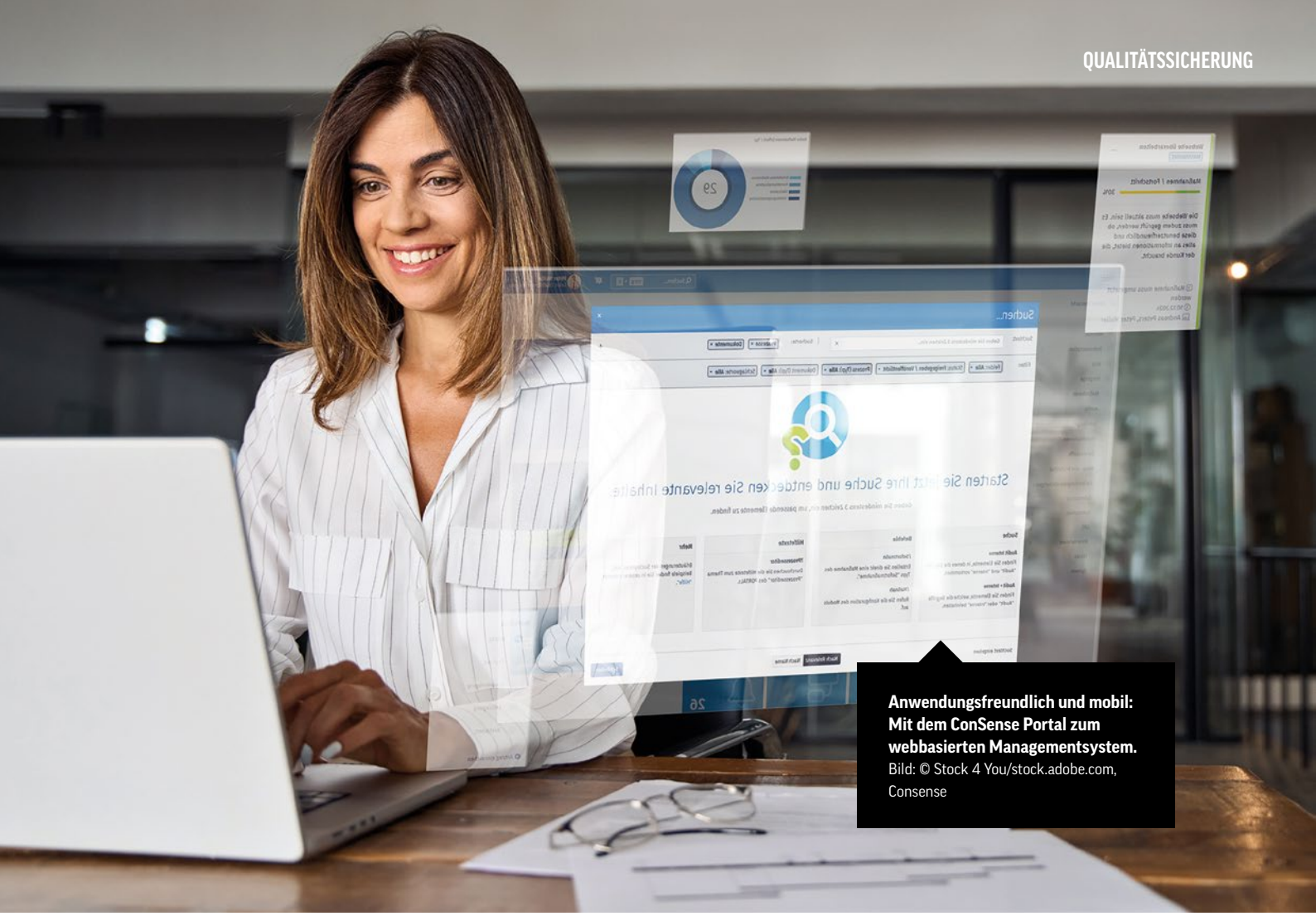
SAP DM enthält KI-Funktionen

KI ist in SAP DM eingebettet und daher kein Zusatzmodul. Das zeigt sich etwa in der Visual Inspection: Sie übernimmt die Sichtprüfung per Kamera, lernt aus Beispielbildern und meldet Abweichungen. Für Produktionseinblicke beantwortet die SAP-KI „Joule" Fragen wie „Warum ist die OEE auf Linie 3 gesunken?" – ohne manuelle Analysenavigation. Allerdings gibt es eine Einschränkung: Ohne sauber digital erfasste Prozessdaten bleibt jedes Modell ein Versprechen. Digitalisierte Abläufe sind die Voraussetzung für KI, aber nicht ihr Ergebnis.

SAP DM digitalisiert die Fertigung dort, wo sie entsteht: Arbeitsanweisungen, Maschinendaten und Rückmeldungen laufen ohne Medienbruch und der Erfassungsaufwand am Arbeitsplatz sinkt spürbar. Möglich macht das die direkte Verbindung zwischen Shopfloor und ERP. Für Unternehmen mit SAP als Basis ist diese Lösung daher der nächste Schritt zur digitalen Fertigung. **SG**

FRANZISKA SCHEURING
ist Consultant bei Consilio.





Anwendungsfreundlich und mobil: Mit dem ConSense Portal zum webbasierten Managementsystem. Bild: © Stock 4 You/stock.adobe.com, Consense

Integrierte Managementsysteme für die moderne Arbeitswelt

In einer zunehmend vernetzten Arbeitswelt wird der browserbasierte Zugriff auf Managementsysteme zu einem entscheidenden Faktor für Verfügbarkeit, Zusammenarbeit und effiziente Pflege von Inhalten. Webbasierte integrierte Managementsysteme (IMS) ersetzen zunehmend lokal installierte Lösungen. Ein IMS ermöglicht es Unternehmen, die Managementprozesse unabhängig von Zeit, Ort und Endgeräten bereitzustellen und nahtlos zu integrieren. **VON DR. ALEXANDER KÜNZER**

Unternehmen müssen immer komplexere regulatorische, organisatorische und strategische Anforderungen managen. Gleichzeitig erwarten Mitarbeitende Werkzeuge, die sich intuitiv nutzen lassen und ohne zusätzlichen Aufwand in den Arbeitsalltag einfügen. Consense, Anbieter von Lösungen zum Aufbau akzeptierter QMS und IMS, hat mit dem Consense Portal eine moderne Lösung entwickelt, mit der sich eine webbasierte zentrale Plattform aufbauen lässt, um Informationen systematisch zu verwalten, schnell bereitzustellen und aktuell zu halten. Als Basissoftware bildet das Portal das Rückgrat moderner softwaregestützter QMS- und IMS-Lösungen. Durch eine Vielzahl optionaler Module, beispielsweise für das Maßnahmen-, Audit-, Risiko- oder Schulungsmanagement, lässt sich das System gemäß den individuellen Bedürfnissen anpassen.

Zentrale Plattform statt Insellösungen

Ein wichtiges Prinzip des Consense Portal ist der flexible und rollenbasierte Einstieg in das System. Anwender sehen genau die Inhalte, die für sie relevant sind. Das Portal ersetzt klassische Insellösungen und bündelt Prozesse, Dokumente und Verantwortlichkeiten in einem System. Dadurch wird ein bereichsübergreifendes Denken gefördert und das Wir-Gefühl im Unternehmen gestärkt. Neue Mitarbeiter verstehen die Organisation des Unternehmens schneller, denn relevante Prozesse, Dokumente oder Arbeitsanweisungen stehen ihnen zentral mit wenigen Klicks zur Verfügung. So wird das Managementsystem vom abstrakten

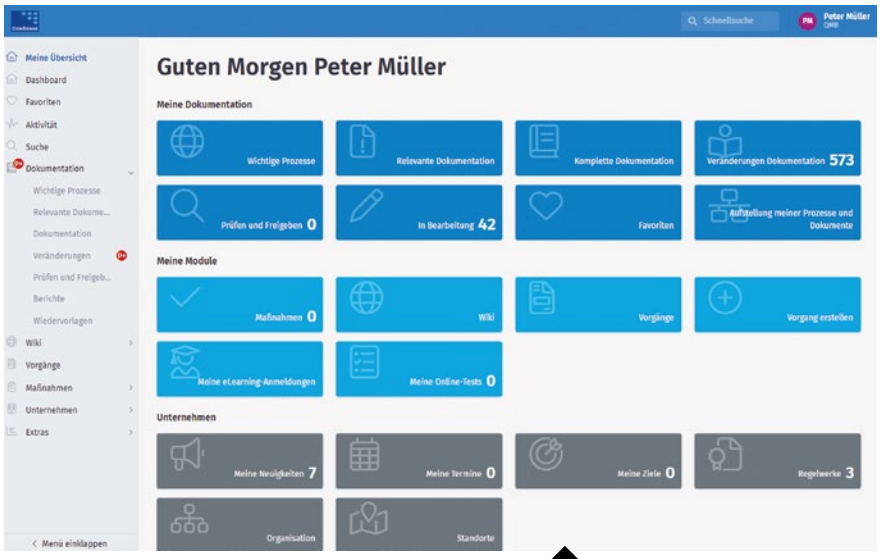
Webbasierte Managementsysteme bilden den Arbeitsalltag moderner Unternehmen deutlich besser ab als klassische On-Premise-Lösungen und vereinen Verfügbarkeit, Sicherheit und Zukunftsfähigkeit.“

DR. ALEXANDER KÜNZER,
GESCHÄFTSFÜHRUNG DER CONSENSE GMBH

Regelwerk zum praktischen Begleiter im Arbeitsalltag. „Rückmeldungen aus Kundenprojekten zeigen, dass am Consense Portal ganz besonders die aufgeräumte Oberfläche und klare Struktur geschätzt werden, die den Einstieg und die Arbeit mit dem System vereinfachen“, berichtet Noah Syskowski, Sales Manager bei Consense.

Webbasierte, Cloud-fähige und mobil nutzbare Lösung

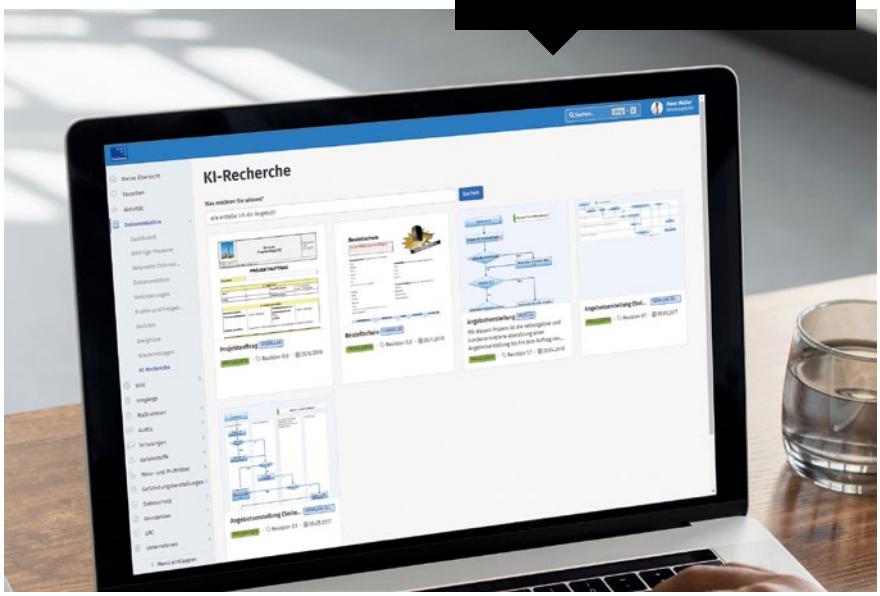
Beim webbasierten und als Cloud-Lösung verfügbaren Consense Portal erfolgt der Zugriff auf das Managementsystem direkt über den Browser, unabhängig vom verwendeten Endgerät oder Betriebssystem. Lokale Installationen entfallen ebenso wie manuelle Updates. Unternehmen profitieren von einem deutlich vereinfachten Roll-out. Zudem ist keine Wartung lokaler Clients mehr notwendig. Mitarbeiter können mobil per Tablet oder Smartphone auf das Managementsystem zugreifen, zum Beispiel im Außendienst, in der Produktion oder während interner oder externer Audits. „Davon profitieren ganz besonders international agierende Unternehmen, bei denen es auf Performance und Verfügbarkeit ankommt“, erklärt Sven Jansen, Sales Consultant bei Consense. „Mit der webbasierten Lösung ist das Abrufen von Prozessen und Dokumenten nun eine Sache von Sekunden. Das steigert die Akzeptanz der Mitarbeitenden.“



Das Consense Portal stellt relevante Informationen wie Prozesse, Dokumente und Arbeitsanweisungen mit wenigen Klicks bereit. Bild: Consense

Technisch schlank, organisatorisch flexibel

Als SaaS-Lösung kann Consense Portal im Hosting betrieben werden. Wartung, Betrieb und Updates werden dann zentral von Consense übernommen. Schnittstellen zu Benutzerverzeichnissen wie Active Directory oder Entra ID ermöglichen es, dass Informationen über Mitarbeiter und Organisation automatisch vom System übernommen und Änderungen ohne manuellen Aufwand synchronisiert werden. Zudem ist das System skalierbar und eignet sich für kleinere Organisationen ebenso wie für Konzerne mit vielen internationalen Standorten.



Die KI im Consense Portal liefert nicht nur relevante Inhalte auf Suchanfragen, sondern beantwortet auch Fragen auf Basis hinterlegter Informationen. Bild: © kite_rin/ stock.adobe.com, Consense

KI als Unterstützung – nicht als Selbstzweck

Eine neue Qualität gewinnen moderne QMS und IMS mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz. Daten werden nicht nur gesammelt, sondern analysiert, verknüpft und in konkrete Handlungsempfehlungen übersetzt. Für das Consense Portal wurden auch KI-gestützte Funktionen entwickelt, die die Arbeit mit dem Managementsystem effizienter gestalten sollen. So ermöglicht die KI-Suche nicht nur mit Begriffen, sondern auch mit Fragen in natürlicher Sprache nach Systeminhalten zu suchen. Das Managementsystem liefert dann die passenden Prozesse und Dokumente. Darüber hinaus können aus textbasierten Inhalten Entwürfe für die Prozessmodellierung erstellt werden, die sich bearbeiten lassen. KI hilft in modernen QMS und IMS, Informationen schneller zugänglich zu machen und vereinfacht wiederkehrende Aufgaben. Sie liefert Vorschläge, die dann von den Fachkräften der einzelnen Bereiche weiterentwickelt werden.

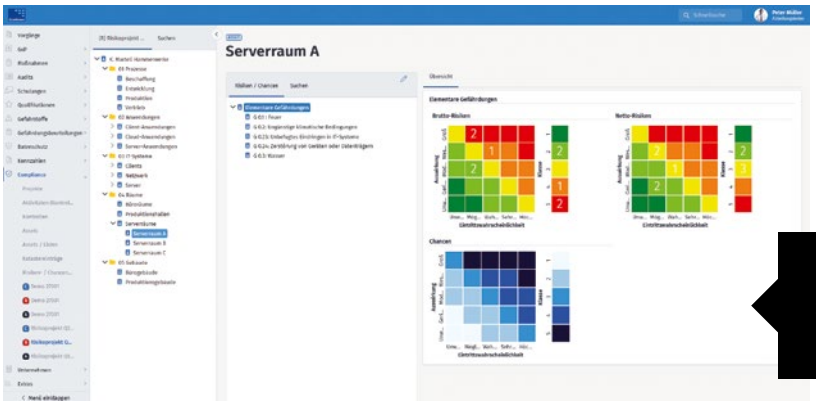
Informationssicherheit als integraler Bestandteil

Moderne softwarebasierte Managementsysteme verarbeiten sensible Daten wie Prozessparameter, Auditberichte, Lieferantendaten und mehr, die die Grundlage für Qualität, Compliance und kontinuierliche Verbesserung sind. Das macht Informationssicherheit zu einer Grundvoraussetzung beim Betrieb eines solchen Systems und damit zu einem weiteren Schwerpunkt, den sich die Entwickler beim Consense Portal gesetzt haben. Mit dem webbasierten System steht Unternehmen auch Consense GRC zur Verfügung, eine Lösung, mit der sich ein transparentes Informationssicherheits-Managementsystem (ISMS) aufbauen lässt. Damit können unter anderem auch regulatorische Anforderungen für eine Zertifizierung nach ISO 27001 oder NIS2 abgebildet werden. Der Betrieb des webbasierten Managementsystems erfolgt in einer geschützten Cloud-Infrastruktur mit Serverstandorten in Deutschland. Die Lösung ist ausgelegt auf die Umsetzung von Datenschutz- und Sicherheitsanforderungen und schafft damit eine verlässliche Grundlage bei der Umsetzung von regulatorischen Vorgaben, die den Schutz von Informationen erhöhen sollen.

Webbasierte QMS und IMS sind die Zukunft

Lösungen wie das Consense Portal schaffen beste Voraussetzungen dafür, dass ein Managementsystem vom statischen Regelwerk zur lebendigen Arbeitsplattform wird, die Menschen, Prozesse und Arbeitsanforderungen intelligent verbindet und Unternehmen zukunftsfähig macht. Die Experten des Aachner Softwareentwicklers begleiten die Einführung oder auch den Umstieg auf die webbasierte Lösung vom Projektstart bis zum Go-live. Video-Tutorials und eLearnings unterstützen die Mitarbeiter bei der Nutzung.

DR. ALEXANDER KÜNZER ist Mitglied der Geschäftsführung von Consense in Aachen.



Das Consense Portal lässt sich durch zahlreiche Module wie Risikomanagement ergänzen. Bild: Consense

ANZEIGE

GANTTPLAN bringt Fertigungswissen direkt in die Produktionsplanung

Eine automatisierte Produktionsplanung kann nur die Informationen berücksichtigen, die ihr zur Verfügung stehen. Doch gerade beim Personaleinsatz entstehen viele relevante Entscheidungen kurzfristig auf dem Shopfloor. Mit der neuen Schichtverwaltung im APS-System GANTTPLAN bringt DUALIS dieses operative Wissen direkt in die Planung ein – ohne die automatisierte Optimierung auszuhebeln.



Individuelle Zuweisung qualifizierter Mitarbeiter zu einzelnen Ressourcen im Personalplanungs-Dashboard von GANTTPLAN. Bild: DUALIS GmbH IT Solution

Ein Mitarbeiter ist für mehrere Arbeitsplätze qualifiziert, soll in einer bestimmten Schicht aber bewusst nur an einer Maschine eingesetzt werden. Vielleicht kennt er diese besonders gut oder das eingespielte Team arbeitet dort effizienter. Solche Zusammenhänge kennen Meister und Schichtleiter aus dem Fertigungsalltag – in Stammdaten sind sie häufig nicht abgebildet.

Ähnliches gilt für kurzfristige Veränderungen: Bei hoher Auslastung wird eine zusätzliche Samstagsschicht aktiviert oder ein Mitarbeiter fällt ungeplant aus. Bis solche Informationen über vorgelagerte Systeme in der Planung ankommen, kann wertvolle Zeit vergehen.

Transparente Personaleinsatzplanung

Mit der neuen Schichtverwaltung von GANTTPLAN lassen sich solche Vorgaben unmittelbar berücksichtigen. Verantwortliche sehen Arbeitsplätze sowie das dafür qualifizierte Personal und können für einzelne Schichten festlegen, welche Mitarbeitenden oder Personalpools wo eingeplant werden dürfen. Auch zusätzliche Schichten lassen sich kurzfristig aktivieren und Personalausfälle direkt berücksichtigen. GANTTPLAN plant anschließend automatisch mit den tatsächlich verfügbaren Kapazitäten und innerhalb der vorgegebenen Einsatzmöglichkeiten weiter.

Damit ergänzt DUALIS die automatisierte Produktionsplanung um eine operative Steuerungsebene. Kurzfristige Entscheidungen müssen nicht dauerhaft in Stammdaten oder Schichtmodellen hinterlegt werden. Die Fertigung gibt den aktuellen Rahmen vor, GANTTPLAN optimiert darin weiter. So fließen Daten und Erfahrungswissen zusammen – und die Planung rückt näher an die tatsächlichen Bedingungen auf dem Shopfloor.

Mehr Informationen: www.dualis-it.de

Quality Excellence vom Shopfloor bis zum Topfloor

Ossenbrüggen Feinwerktechnik produziert präzise Bauteile und Baugruppen für unterschiedliche Industriezweige. Um das Qualitätswesen zu konsolidieren und die vielfältigen Prüf- und Messprozesse in einem System verwalten zu können, setzt das Unternehmen auf die Qualitätsmanagementsoftware CAQ.Net. Auch künstliche Intelligenz ist ein Thema. **VON STEPHEN COLLIER**



Ossenbrüggen Feinwerktechnik produziert an 70 CNC-Bearbeitungszentren und beliefert Kunden in 13 Ländern auf vier Kontinenten. Die präzisen Bauteile und Baugruppen kommen in unterschiedlichen Industriezweigen zum Einsatz.
Bilder: Ossenbrüggen Feinwerktechnik/CAQ AG

Das Unternehmen Ossenbrüggen Feinwerktechnik in Moorrege ist seit über 25 Jahren in der Feinwerktechnik tätig und spezialisiert auf die Herstellung präziser Bauteile und Baugruppen für verschiedene Industriezweige. Als internationales Unternehmen mit rund 240 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern setzt Ossenbrüggen auf modernste Technik und Qualität „Made in Germany". Das Unternehmen produziert auf fast 10.000 Quadratmetern Werksfläche an 70 CNC-Bearbeitungszentren und liefert in 13 Länder auf vier Kontinenten aus. Die Kunden kommen unter anderem aus den Branchen Analysetechnik, Sensorik, Medizintechnik, Lasertechnik, Luftfahrt, Sicherheitstechnik, Halbleiterindustrie und Maschinenbau.

Immense Prozesstiefe

Die Prozesse reichen bei Ossenbrüggen von Fräsen, Drehen und Erodieren bis hin zur technischen Reinigung und dem Montieren unter Reinraumbedingungen. Alle benötigten Materialien wie Stahl, Edelstahl, NE-Metalle, Kunststoffe, Luftfahrtwerkstoffe oder Sonderwerkstoffe beschafft das Unternehmen im Kundenauftrag. Während Komplettsysteme auf modernen Montageflächen montiert werden, ermöglicht eine hochmoderne Feinstreinigungsanlage eine partikel- und silikatfreie Reinigung der Bauteile und die Montage von Baugruppen unter Reinraumbedingungen. Letztlich wird jedes Werkstück in der Endkontrolle in modernsten Messräumen geprüft.

Qualität im Fokus

Um das Qualitätswesen zu konsolidieren und die vielfältigen Prüf- und Messprozesse in einem System verwalten zu können, entschied sich Ossenbrüggen im Jahr 2019 nach umfangreicher Marktanalyse für den Einsatz der Qualitätsmanagementsoftware CAQ.Net von CAQ AG Factory Systems. Als Einstieg wurden unter anderem die Module für Reklamationsmanagement, SPC,

Wareneingangs-/Warenausgangsprüfung, Prüfplanung/Qualitätsprüfung, Erstmusterprüfung und Schulungsmanagement implementiert. Diese Ausgangsbasis ist über die Jahre hinweg um die verschiedensten Managementmodule wie etwa Audit-, Lieferanten-, Änderungs-, Dokumenten-, Prozess-, Risiko- oder Prüfmittelmanagement erweitert worden. So verfügt Ossenbrüggen heute über eine vollumfängliche und leistungsstarke Softwarelösung, welche Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement auf dem allerhöchsten Niveau ermöglicht – vom Shopfloor der Produktion bis zum Topfloor des Managements.

Die Zukunft des Qualitätswesens

Am Thema künstliche Intelligenz und deren Nutzung kommt derzeit kein Unternehmen vorbei. Insbesondere ein produzierendes Unternehmen wie Ossenbrüggen hat für sich den Anspruch, modernste Technologien früh zu evaluieren und deren zweckdienlichen Einsatz zu prüfen. Im Bereich des Qualitätswesens schaut der Hersteller ganz genau auf die neuen Möglichkeiten

MIT DER CAQ AG HAT OSSENBRÜGGEN AUCH HINSICHTLICH KI EINEN ZUKUNFTSSICHEREN PARTNER AN SEINER SEITE.

der KI und wird auch hier bei der CAQ AG fündig. Denn CAQ.Net Embedded AI umfasst KI-gestützte Assistenten, welche den Anwender bei der Umsetzung verschiedenster Aufgaben unterstützen oder diese komplett übernehmen können.

Generierte Inhalte werden redigiert, aber automatisch an der Stelle in der Software hinterlegt, wo man sie für weitere Arbeitsabläufe benötigt – kein Copy & Paste und keine zusätzlichen Browserfenster. Der Anwender entscheidet immer selbst, ob und welchen kompatiblen KI-Anbieter (auch Self-Hosted) er für welche Aufgabe innerhalb der CAQ.Net-Software anbinden und einsetzen möchte. Mit der CAQ AG hat Ossenbrüggen auch hinsichtlich KI einen zukunftssicheren Partner an seiner Seite, mit dem das Unternehmen das nächste Kapitel seines auf Qualitätsbewusstsein fußenden Erfolgs schreiben kann. **RT**

STEPHEN COLLIER
ist Head of Communications bei der CAQ AG.

INTERVIEW

Vier Fragen an Stefan Hüners, Mitglied der Geschäftsleitung, Mitverantwortlicher QMB und Leiter IT bei Ossenbrüggen Feinwerktechnik.

Warum wurde die Software CAQ.Net bei Ossenbrüggen eingeführt?
Stefan Hüners: Wir führten die CAQ-Software ein, um viele kleine eigenständige Programme oder Lösungen abzulösen und zusammenzuführen. Ziel war es etwa QS-Messprotokolle, Reklamationsmanagement, Prüfmittelverwaltung, Instandhaltung, Dokumentenmanagement und Auditierungen in einem System zu konsolidieren. Ebenso wollten wir die Digitalisierung erweitern. Kernanforderungen hierbei waren das Dokumentenmanagement für die QM-Dokumentation, die Digitalisierung der Messwerterfassung in der QS sowie die zentrale Verfügbarkeit von Informationen für ein stetig wachsendes System. Wir wollten weg von vielen Excel-Tabellen und Access-Anwendungen, sowie von Dokumentenbereitstellung über das Intranet und den vielen dezentralen Ablagen von Dokumenten.

Was waren die größten Erfolge, die Sie durch den Einsatz der CAQ.Net Software verzeichnen konnten?
Hüners: Die Erfolge, die wir durch den Einsatz der CAQ.Net-Software verzeichnen konnten, sind mannigfaltig. Hierzu zählen unter anderem die zentrale papierlose Dokumentenablage und deren Freigabeprozesse sowie die automatisierte Datenerfassung in der Messtechnik. Auch die stark vereinfachte Prüfplanerstellung inklusive Zeichnungsstempelung, die strukturierten Analysen bei Reklamationsbearbeitung und Risikomanagement sowie die nun zentralisierte Maßnahmenbearbeitung sind Erfolge, die wir maßgeblich auf die Einführung von CAQ.Net zurückführen können. Letztlich ist der einfache und zentrale rechtegesteuerte Zugang zu Informationen für alle Mitarbeiter über die Web-Anwendung von CAQ.Net sehr positiv hervorzuheben.

Inwieweit hat die Einführung von CAQ.Net zu einer höheren Mitarbeitereinbindung und Zufriedenheit in Bezug auf die Qualitätsprozesse geführt?
Hüners: In der Messtechnik und Messdatenerfassung ist die Mitarbeitereinbindung deutlich gestiegen. Inzwischen erfassen die Maschinenbediener die Messdaten direkt im CAQ-System. Auch bei der Kenntnisnahme von Dokumenten und Aufzeichnungen werden die Mitarbeiter mehr und einfacher eingebunden. Die Zufriedenheit bei der Prüfmittelverwaltung ist ebenso deutlich gestiegen.

Wie hat sich die Einführung von CAQ.Net auf Ihre Produktionseffizienz und Produktqualität ausgewirkt?
Hüners: Die Prüfplanerstellung gestaltet sich einfacher. Darüber hinaus haben sich die Verfügbarkeit von Prüfplänen in den Vorwegen und die Aufzeichnungen nach der Messung verbessert. Dadurch sind die Prozesse in der QS-Vorbereitung und in der Dokumentation für den Kunden deutlich sicherer und effizienter geworden. Auch Kenntnisse und Wissen über Kundenanforderungen und interne Vorgaben sind für unsere Produktionsmitarbeiter nun effektiver abrufbar.



KI-gestützte Qualitätsanalyse für Bremsscheiben

Mit der Euro-7-Norm rückt die Reduzierung von Feinstaubemissionen aus Bremssystemen stärker in den Fokus. Für die Entwicklung beschichteter Bremsscheiben sind deshalb präzise und reproduzierbare Analysen entlang der gesamten Prozesskette entscheidend. Wie EMAG Lasertec gemeinsam mit Zeiss RQS und KI-gestützter Bildanalyse die Qualitätssicherung beschleunigt und damit Entwicklungszyklen verkürzt, zeigt ein Blick in das Qualitätslabor in Heubach. **VON BERND BALLE**

Mit der Euro-7-Norm gelten künftig auch für Feinstaubemissionen aus Bremssystemen strenge Grenzwerte. Beschichtete Bremsscheiben können Verschleiß und Partikelemissionen deutlich reduzieren. Voraussetzung dafür sind neben einer leistungsfähigen Beschichtungstechnologie präzise und reproduzierbare Analysen von Materialeigenschaften, Schichtdicken und Mikrostrukturen.

EMAG gehört zu den führenden Anbietern von Fertigungssystemen für die Metallbearbeitung. Im Geschäftsbereich EMAG Lasertec entwickelt das Unternehmen laserbasierte Prozesslösungen für die Herstellung und Beschichtung von Bremsscheiben. Am Standort Heubach bündelt EMAG Lasertec Prozessentwicklung, Laboranalyse und Qualitätssicherung für Low Emission Brake Discs. Dafür setzt das Unternehmen auf Lösungen von Zeiss RQS.

„Die Geschwindigkeit der Analyse ist für uns heute ein entscheidender Faktor. Sie bestimmt unmittelbar, wie schnell wir Entwicklungszyklen durchlaufen und Prozesse optimieren können“, sagt Dominic Grimminger, Produktmanager für beschichtete Bremsscheiben bei EMAG.

> **„Mit der KI-gestützten Analyse von Schichtdicken und Materialanteilen erhalten wir reproduzierbare Ergebnisse unabhängig vom Anwender und reduzieren gleichzeitig den Zeitaufwand erheblich.“**
>
> MARKUS BRAIG



Markus Braig bei der KI-gestützten Analyse von Schichtdicken und Materialanteilen am Zeiss Axio Image.

Von der Materialauswahl bis zur fertigen Bremsscheibe

Ziel des Beschichtungsprozesses ist eine hochverschleißfeste Funktionsschicht, die Partikelemissionen reduziert und zugleich Anforderungen an Belastbarkeit, Reibverhalten, Haltbarkeit und Serienfähigkeit erfüllt. EMAG Lasertec betrachtet deshalb die gesamte Prozesskette – von der Materialauswahl bis zur abschließenden Qualitätsanalyse der geschliffenen Bremsscheibe.

Die Qualitätssicherung beginnt beim Pulverausgangsmaterial. Edelstahlpulver verschiedener Lieferanten wird im Wareneingang auf Zusammensetzung und Homogenität geprüft und vor dem Beschichtungsprozess erneut analysiert. Mit einem Zeiss Rasterelektronenmikroskop und Zen core untersucht EMAG Lasertec Partikelmorphologie und Kornstruktur. Eine Elementanalyse bewertet Reinheit und Zusammensetzung des Pulvergemisches. So lassen sich Schwankungen frühzeitig erkennen.

Auch die unbeschichtete Bremsscheibe wird geprüft. Nach dem Guss und vor der mechanischen Bearbeitung untersucht ein Zeiss Bosello-2D-CT-System das Bauteil auf innere Fehlstellen wie Poren oder Lunker. Erst nach bestandener Prüfung wird die Bremsscheibe für die nächsten Prozessschritte freigegeben. Danach folgen Oberflächenvorbereitung und laserbasierte Beschichtung.

Im Zentrum steht ein laserbasiertes Verfahren, bei dem metallische beziehungsweise karbidhaltige Werkstoffe präzise auf die Oberfläche der Bremsscheibe aufgebracht werden. Bereits kleine Abweichungen bei Pulverqualität, Schichtdicke, Materialverteilung oder Mikrostruktur können Verschleiß, Partikelbildung und Bremsverhalten beeinflussen. Entsprechend wichtig sind eine lückenlose Prozesskontrolle und reproduzierbare Qualitätsdaten.

Neben Material und Gefüge kontrolliert EMAG Lasertec die geometrische Qualität. Eine Zeiss Prismo Koordinatenmessmaschi-

ne erfasst relevante Bauteilmerkmale und bewertet sie anhand definierter Anforderungen. Zeiss Piweb dokumentiert, visualisiert und analysiert die Messergebnisse zentral.

Nach der Beschichtung folgen Abkühlung und Präparation. Anschließend wird die Probe mit dem Lichtmikroskop Zeiss Axio Imager und Zeiss Zen core automatisiert analysiert. Untersucht werden unter anderem Schichtdicken, Karbidanteil und -verteilung, Porosität, Risse und Materialphasen.

Reproduzierbare Daten beschleunigen die Prozessentwicklung

Bei komplexen Schichtsystemen können unterschiedliche Interpretationen einzelner Messpunkte zu abweichenden Ergebnissen führen. Für die Prozessentwicklung sind deshalb konsistente und nachvollziehbare Daten entscheidend. Nur sie erlauben belastbare Aussagen über Verschleißverhalten, Materialeigenschaften und Partikelemissionen.

„Gerade in der Entwicklungsphase durchlaufen wir kontinuierlich neue Iterationen. Wenn Auswertungen zu lange dauern oder voneinander abweichen, bremst das die gesamte Prozessoptimierung", erklärt Markus Braig, Applikationsingenieur bei EMAG.

Zwischen Beschichtung, Abkühlung, Präparation, Schliffbildanalyse und Dokumentation vergehen häufig mehrere Stunden. Eine neue Beschichtungsiteration lässt sich erst bewerten und anpassen, wenn alle Mess- und Analyseergebnisse vorliegen. Damit wird die Geschwindigkeit der Qualitätsanalyse selbst zu einem wesentlichen Faktor der Prozessentwicklung.

KI verkürzt die Schliffbildanalyse auf wenige Minuten

Den größten Hebel sieht EMAG Lasertec in der Verbindung aus präziser Messtechnik und softwaregestützter Automatisierung. Mit Zen core und der KI-gestützten Bildanalyseplattform Zeiss arivis lassen sich Schliffbilder automatisiert aufnehmen, auswerten und dokumentieren.

> **Die Geschwindigkeit der Analyse ist für uns heute ein entscheidender Faktor. Sie bestimmt unmittelbar, wie schnell wir Entwicklungszyklen durchlaufen und Prozesse optimieren können."**
>
> DOMINIC GRIMMINGER



Dominic Grimminger, Produktmanager bei EMAG: „Die Bildqualität der Zeiss-Systeme ist für uns ein wesentlicher Faktor." Bilder: Zeiss



Messung einer Bremsscheibe auf dem Koordinatenmessgerät Zeiss Prismo.

Dazu wird in Zeiss arivis zunächst ein KI-Modell anhand klar definierter Analyseaufgaben trainiert. Anschließend lässt es sich in Zen core integrieren und für weitere Untersuchungen automatisiert einsetzen. Das schafft standardisierte, reproduzierbare Ergebnisse unabhängig vom Anwender und erleichtert die Auswertung großer Datenmengen.

„Mit der KI-gestützten Analyse von Schichtdicken und Materialanteilen erhalten wir reproduzierbare Ergebnisse unabhängig vom Anwender und reduzieren gleichzeitig den Zeitaufwand erheblich", sagt Markus Braig. „Früher benötigten wir für ein Schliffbild mit 21 Messpunkten einschließlich der Dokumentation mehr als eine Stunde. Heute laufen Bildaufnahme, Auswertung und Berichtserstellung automatisiert in wenigen Minuten ab – bei gleichzeitig höherer Qualität."

Durchgängige Qualitätssicherung als Basis für schnellere Entwicklung

Die Kombination aus hochauflösender Mikroskopie, standardisierter Analysesoftware, industrieller Computertomografie, Koordinatenmesstechnik und KI-gestützter Automatisierung ermöglicht EMAG Lasertec eine durchgängige Qualitätssicherung. Von der Analyse des Ausgangsmaterials über die Prüfung der gegossenen Bremsscheibe und die geometrische Messung bis zur automatisierten mikroskopischen Auswertung nach der Beschichtung stehen relevante Qualitätsdaten entlang der gesamten Prozesskette zur Verfügung. „Die Bildqualität der Zeiss-Systeme ist für uns ein wesentlicher Faktor. Ebenso wichtig ist die Verbindung aus Mikroskopie, Analysesoftware und KI-gestützter Automatisierung. Hinzu kommt die enge Zusammenarbeit mit Zeiss – vom direkten Support bis zur gemeinsamen Weiterentwicklung von Lösungen", erläutert Dominic Grimminger.

Vergleichbare Zeiss-Systeme kommen häufig auch in den Qualitätslaboren der Kunden zum Einsatz. Dadurch lassen sich Analyseergebnisse und Qualitätsstandards über Unternehmensgrenzen hinweg konsistent vergleichen.

Mit steigenden Anforderungen an Emissionsreduktion, Prozesssicherheit und Entwicklungsgeschwindigkeit wird die Bedeutung datenbasierter Qualitätsanalysen weiter zunehmen. EMAG Lasertec will seine Analyse- und Qualitätssicherungsprozesse daher auch künftig gemeinsam mit Zeiss RQS weiterentwickeln. **KF**

BERND BALLE ist Marketing-Manager bei Carl Zeiss Industrial Metrology.

Viermal schneller messen, mehr Daten gewinnen

Enge Toleranzen und hohe Stückzahlen stellen hohe Anforderungen an die Messtechnik in der Fertigung von Hydraulikkomponenten. F.lli Musarra setzt deshalb auf einen automatisierten Prüfprozess mit Inline-Messmaschinen und einem Koordinatenmessgerät von Hexagon. Damit reduzierte das Unternehmen die Messzeit von rund acht auf etwa zweieinhalb Minuten pro Bauteil und erweiterte gleichzeitig die Datengrundlage für die Prozessanalyse. **VON KARSTEN MOLTER**

F.lli Musarra S.r.l. wurde 1974 von den Brüdern Giuseppe, Mario und Enrico Musarra gegründet und hat sich auf die Herstellung von Zahnrädern und mechanischen Präzisionsbauteilen für industrielle Anwendungen spezialisiert. Heute produziert das Unternehmen monatlich mehr als 130.000 Zahnräder und 80.000 Druckplatten. Moderne CNC-Maschinen, anthropomorphe Roboter und automatisierte Produktions- und Prüfschritte prägen die Fertigung.

Mit der zunehmenden Automatisierung und den steigenden Produktionsmengen wächst jedoch auch die Bedeutung einer Messtechnik, die sich nahtlos in den Fertigungsprozess integrieren lässt. Denn gerade bei Komponenten für Hydraulikpumpen müssen hohe Stückzahlen, kurze Durchlaufzeiten und enge Toleranzen miteinander in Einklang gebracht werden.

Präzision als Voraussetzung für effiziente Hydraulik.

Der Markt für Zahnräder und Komponenten für Hydraulikpumpen ist wettbewerbsintensiv und technisch anspruchsvoll,



Tigo Inline-Messmaschine von Hexagon: Direkt in den Fertigungsprozess integriert, prüft das System die Bauteile auf die geforderten Maße und geometrischen Merkmale.



Raffaele Caforio, Leiter der Druckplatten-Fertigung bei F.lli Musarra, vor dem Maestro Koordinatenmessgerät.
Bilder: Hexagon

denn die Bauteile arbeiten in Systemen mit hohen Drücken, Drehzahlen und Belastungen. Profile, Rundläufe und Passungen müssen deshalb innerhalb sehr enger Toleranzen liegen. F.lli Musarra produziert unter anderem Buchsen für Zahnradpumpen, bei denen bereits kleinste Abweichungen zu Effizienzverlusten oder vorzeitigem Verschleiß führen können.

> **„Mit Maestro haben wir die Messzeit auf etwa zweieinhalb Minuten pro Bauteil reduziert, also nahezu um den Faktor vier."**
>
> RAFFAELE CAFORIO

Die Maßprüfung ist deshalb kein abschließender Schritt der Fertigung, sondern ein wichtiger Bestandteil der Prozesskette. Die Spezifikationen der Bauteile umfassen neben definierten Maßen auch enge geometrische Toleranzen. Gleichzeitig haben sich die Anforderungen des Marktes verschärft: Kürzere Lieferzeiten, vollständige Rückverfolgbarkeit und steigende Qualitätsanforderungen erfordern höhere Produktionsleistungen, ohne Abstriche bei der Präzision zu machen.
Für F.lli Musarra bestand die Herausforderung daher darin, Messtechnik so in den Fertigungsprozess zu integrieren, dass sie mit den hohen Produktionsgeschwindigkeiten Schritt halten und gleichzeitig zuverlässige Daten in möglichst kurzer Zeit liefern kann.

Automatisierte Fertigung mit integrierter Qualitätsprüfung

Bei F.lli Musarra beginnt die Qualitätssicherung bereits mit dem Wareneingang: Rohmaterialien werden nach Typ, Legierung und Kunde klassifiziert, organisiert und gelagert. Anschließend werden die Rohteile in Hubtürme geladen, während selbstschmierende Buchsen über Vibrationsförderer zugeführt werden.

Anthropomorphe Roboter übernehmen die Handhabung der Komponenten und führen sie durch die einzelnen Bearbeitungsschritte. Dadurch lassen sich Kontinuität und Wiederholgenauigkeit sicherstellen, gleichzeitig reduziert sich die

AUS DEM BRANCHENDICKICHT GESCHNAPPT!
DER NEWSLETTER, DER ZU IHNEN PASST.
Wissen, das kleben bleibt – jetzt den **NEWSLETTER** kostenfrei sichern.
www.digital-manufacturing-magazin.de/newsletter
DIGITAL MANUFACTURING
eine Marke vom WIN VERLAG



Die Tigo-Messmaschine ist direkt im Bearbeitungszentrum integriert.

Prozessvariabilität. Nach der Bearbeitung werden die Bauteile automatisch gereinigt und anschließend einer 100-Prozent-Inline-Prüfung unterzogen.

Für diese erste Prüfebene setzt F.lli Musarra auf Tigo Messmaschinen von Hexagon, die direkt in die Bearbeitungszentren integriert sind. Sie überprüfen die konstruktionsspezifischen Merkmale der Bauteile unmittelbar im Produktionsprozess. Konforme Teile verbleiben im Produktionsfluss, während Bauteile außerhalb der Toleranz automatisch auf ein separates Förderband geleitet werden.

Zwei Prüfebenen für eine detaillierte Qualitätsanalyse

Mit der automatisierten Inline-Prüfung ist der Prüfprozess jedoch nicht abgeschlossen. Ausgeschleuste Bauteile werden in einer zweiten Prüfebene detailliert untersucht. Dafür kommt bei F.lli Musarra ein Maestro Koordinatenmessgerät zum Einsatz. „Die ausgeschleusten Teile werden vom Bediener durch detaillierte Maßprüfungen mit dem Maestro Koordinatenmessgerät analysiert, wodurch wir die Ursachen möglicher Abweichungen präzise identifizieren können", erklärt Raffaele Caforio, Leiter der Druckplatten-Fertigung bei F.lli Musarra.

Vor der Einführung von Maestro wurde diese Aufgabe mit einem Global KMG von Hexagon durchgeführt, das mehr als 20 Jahre im Einsatz war. „Es war eine zuverlässige Maschine, die uns lange begleitet hat, aber sie war nicht mehr auf die aktuellen Produktionsgeschwindigkeiten ausgelegt", so Caforio.

Kürzere Messzeiten, umfassendere Daten

Maestro erreicht die benötigte höhere Geschwindigkeit durch das Zusammenspiel einer hohen Achsdynamik, kontinuierlichem Hochgeschwindigkeitsscannen, synchronisierter 5-Achs-Bewegung und einer intelligenten Optimierung der Messpfade.

„Mit Maestro haben wir die Messzeit auf etwa zweieinhalb Minuten pro Bauteil reduziert, also nahezu um den Faktor vier", erklärt Caforio. Der entscheidende Vorteil liegt für F.lli Musarra jedoch nicht allein in der verkürzten Messzeit. Mit Maestro erweitern sich auch die Möglichkeiten der geometrischen Analyse: Anstelle einer punktuellen Messung ermöglicht das kontinuierliche Scannen die Erfassung deutlich größerer Datenmengen in einem Messdurchlauf.

> **„Das kontinuierliche Scannen ermöglicht es uns, Profile und Geometrien der Bauteile detaillierter zu analysieren und das in kürzerer Zeit."**
>
> RAFFAELE CAFORIO

„Der eigentliche Qualitätssprung betrifft jedoch nicht nur die Zeit. Mit Maestro erweitern sich die Prüfmöglichkeiten grundlegend von der punktuellen Messung zum vollständigen dynamischen Scannen, wodurch deutlich mehr Daten in einem einzigen Durchgang erfasst werden." Damit lässt sich nicht nur feststellen, ob ein Bauteil innerhalb der geforderten Toleranzen liegt, sondern dank der zusätzlichen Daten auch das geometrische Verhalten detailliert betrachten.

Maestro als Referenz für die Inline-Messtechnik

Die detaillierte Messung mit Maestro übernimmt bei F.lli Musarra zudem eine wich-

ABWEICHUNGEN FRÜHZEITIG ERKENNEN

Maestro ist ein Koordinatenmessgerät (KMG) der nächsten Generation, das speziell für die Anforderungen moderner, hochautomatisierter Fertigungsumgebungen entwickelt wurde. Die Portalmaschine kombiniert hohe Achsdynamik und synchronisierte Bewegungen mit digital vernetzten Mess- und Softwarefunktionen. Dadurch ermöglicht sie schnelle Messungen bei gleichzeitig hoher Präzision.



tige Funktion für die automatisierte Prüfung: Das KMG dient als Referenzsystem für die Verifizierung und Einrichtung der Inline-Messmaschinen. „Das kontinuierliche Scannen ermöglicht es uns, Profile und Geometrien der Bauteile detaillierter zu analysieren und das in kürzerer Zeit. Das bedeutet vollständigere Daten, ohne den Prozess zu verlangsamen."

Durch die Kombination aus 100-Prozent-Inline-Prüfung und detaillierter Referenzmessung lassen sich Abweichungen frühzeitig erkennen und die Produktionsprozesse gezielt überwachen. „Wir erkennen Abweichungen, bevor sie zum Problem werden. Die Produktion ist deutlich besser unter Kontrolle, und unsere Entscheidungen basieren auf soliden Echtzeitdaten. In einem Umfeld mit hohen Stückzahlen und sehr engen Toleranzen macht Messtechnik, die mit der Produktion Schritt hält, einen entscheidenden Unterschied", so Caforio. **KF**

KARSTEN MOLTER ist Product Marketing Manager, Division Stationary Metrology, Manufacturing Intelligence Business Area bei Hexagon.



F.lli Musarra produziert monatlich mehr als 130.000 Zahnräder und 80.000 Druckplatten. Moderne CNC-Maschinen und automatisierte Produktions- und Prüfschritte prägen die Fertigung.

ANZEIGE

Durchstarten mit Outdoor AMR

99,9 Prozent Verfügbarkeit und sofortiger ROI

Kämpfen Sie mit akutem Fachkräftemangel? Der Transport innerbetrieblicher Waren über raue Werksgelände bindet wertvolles Personal und verursacht enorm hohe Betriebskosten. Die Rigdon GmbH stand genau vor dieser Hürde: Ein hunderte Meter langer Transportweg für schwere Reifenkarkassen indoor, aber auch über rissigen Asphalt und Schwellen, der herkömmliche FTS gnadenlos scheitern ließ.

Die Lösung für dieses Brownfield-Szenario ist der autonome Transportroboter INDUROS von Innok Robotics. Er meistert den fließenden Wechsel zwischen Halle und Hof bei jedem Wetter. Das Beste daran: Sie benötigen absolut keine teuren baulichen Veränderungen an Ihrer Infrastruktur. Der INDUROS koppelt Anhänger völlig autonom an und ab und sorgt für einen komplett mannlosen Pendelverkehr. Physical AI at ist best.

Der Langzeitbeweis bei Rigdon ist eindrucksvoll: Nach über vier Jahren im harten Dauereinsatz liefert das System eine unschlagbare technische Verfügbarkeit von 99,9 Prozent.

Keine anfänglichen Investitionskosten

Warum Sie jetzt investieren sollten? Weil es sich ab dem ersten Tag für Sie rechnet! Mit unserem hochflexiblen „Robots-as-a-Service"-Modell (RaaS) entfallen anfängliche Investitionskosten (CAPEX) komplett. Die fixe monatliche Rate liegt in deutlich unter den Vollkosten eines manuellen Gabelstaplerbetriebs. Sie erzielen einen sofortigen ROI und entlasten Ihre Fachkräfte von unproduktiven Fahrten. Die Bedienung des Roboters erfolgt einfach und intuitiv mit der Innok eigenen KI-Autonomiesoftware Innok Cockpit – voll kompatibel zu VDA 5050.

Machen Sie es wie der Pionier in der Reifenlogistik. Günter Ihle, CEO von Rigdon, bestätigt: „Der INDUROS ist die beste Investition, die ich bisher gemacht habe."

Automatisieren Sie Ihre Intralogistik mit dem Outdoor AMR INDUROS noch heute und sichern Sie sich Ihren Wettbewerbsvorteil!



Warentransporte indoor und outdoor. Bei jedem Wetter absolut zuverlässig mit dem INDUROS.
Bild: Innok Robotics GmbH

Mehr Informationen:
www.innok-robotics.de

Innok Robotics



Der Agent kann eine alternative Materialquelle prüfen oder eine Nachbestellung auslösen, ohne dass ein Mensch die einzelnen Schritte manuell verketten muss. Bild: © Waqar/stock.adobe.com (generiert mit KI)

KI-Agenten: Wenn die Produktionsplanung mitdenkt

Produktionsplanung lebt von einem Versprechen, das in der Praxis selten eingelöst wird: Der Plan von heute gilt auch morgen. Materialengpässe, Maschinenausfälle, kurzfristige Prioritätswechsel im Auftragsbuch durchkreuzen das ständig. Planerinnen und Planer verbringen deshalb oft mehr Zeit mit Nachsteuern als mit Planen. **VON DR. HENNING DRANSFELD**

In der Planung zeigen Dashboards, was bereits schiefgelaufen ist. Die eigentliche Frage, wo sich eine Störung als Nächstes anbahnt, beantworten sie jedoch nicht. Genau hier setzt ein neues Verständnis von Produktionsplanung an, das industrielles Prozesswissen mit KI-Agenten verbindet. Diese Agenten analysieren nicht nur, sondern unterstützen auch die nächsten Schritte, ohne dass der Mensch die Kontrolle verliert. Zwei Fähigkeiten prägen dieses Bild: die vorausschauende Erkennung von Abweichungen und die kontrollierte Automatisierung der nächsten Schritte.

Von der Rückschau zur Vorschau

Der erste Baustein verbindet branchenspezifisches Prozesswissen mit einer laufenden Analyse des tatsächlichen Produktionsablaufs. Er schaut sich den realen Prozess in Echtzeit an und vergleicht ihn mit der erwarteten Leistung. KI-Agenten, die diesen Sollzustand kennen, erkennen Abweichungen von der Routine, bevor daraus eine Störung mit spürbaren Folgen wird. Das markiert einen grundlegenden Perspektivwechsel. Statt im Nachhinein zu erklären, warum ein Liefertermin verfehlt wurde, weist die Analyse im laufenden Betrieb auf eine drohende Abweichung hin und schlägt den nächsten sinnvollen Schritt vor.

Für die Produktionsplanung bedeutet das: Statt nur einen Bericht über die letzte Schicht zu sehen, erhält der Planer einen Hinweis, dass eine bestimmte Fertigung in den kommenden Stunden mit hoher Wahrscheinlichkeit vom Plan abweichen wird. Hinzu kommt eine konkrete Empfehlung, wie sich das vermeiden lässt. Auf dem Dashboard sieht er dafür ein verdichtetes Lagebild aus Prozesskontext, geschäftlichen Daten und den Einschätzungen verschiedener Agenten. Er muss nicht länger zwischen mehreren Systemen wechseln, um sich ein vollständiges Bild zu verschaffen.

Zentral für die Genauigkeit dieser Empfehlungen ist die Qualität der zugrundeliegenden Daten. Je gezielter sich einzelne Fälle, Attribute und Ereignisse eingrenzen lassen, desto präziser wird die Analyse. Das erhöht die Aussagekraft der Empfehlung und senkt das Risiko falscher Schlussfolgerungen.

Vom einfachen Hinweis zur automatisierten Handlung

Ein Hinweis allein verändert noch keinen Produktionsplan. Deshalb ist der zweite Baustein entscheidend: eine Software-Umgebung, in der Planer Veränderungen selbst vornehmen können, auch ohne Programmierkenntnisse. Sie können Agenten, Daten, Integrationen und automatisierte Abläufe zu durchgängigen Workflows verknüpfen. Standardisierte Konnektoren unterstützen anschließend dabei, über die Agenten Aktionen plattformweit ausführen zu lassen.

DER MENSCH MUSS FOLGENREICHE SCHRITTE FREIGEBEN UND BEHÄLT SO DIE KONTROLLE.

Für die Produktionsplanung heißt das konkret, dass ein Agent die Umplanung direkt anstoßen kann, wenn er durch vorausschauende Analyse eine drohende Abweichung, etwa einen sich abzeichnenden Materialengpass für eine Fertigungsstraße, erkennen kann. Der Agent kann beispielsweise eine alternative Materialquelle prüfen oder eine Nachbestellung auslösen, ohne dass ein Mensch die einzelnen Schritte manuell verketten muss.

Automatisierung ohne Kontrolle wäre in der Produktion allerdings kein Fortschritt, sondern ein unabsehbares Risiko. Deshalb muss diese Steuerung konsequent auf Aufsicht ausgelegt sein, nicht auf Autopilot. Freigabepunkte sorgen dafür, dass vor besonders folgenreichen Schritten ein Mensch zustimmen muss. Ein Echtzeit-

CHECKLISTE FÜR PRODUKTIONSPLANER

- Frühwarnsignale statt Rückspiegel nutzen
- Abweichungen bei Material, Maschine und Prioritäten früh erkennen
- KI-Empfehlungen immer im Prozesskontext prüfen
- Automatisierte Eingriffe nur mit klaren Freigaben zulassen
- Datenqualität und Systemanbindung regelmäßig kontrollieren
- Entscheidungen und Änderungen sauber dokumentieren
- Ziel ist nicht mehr die Automatisierung, sondern eine bessere Steuerung

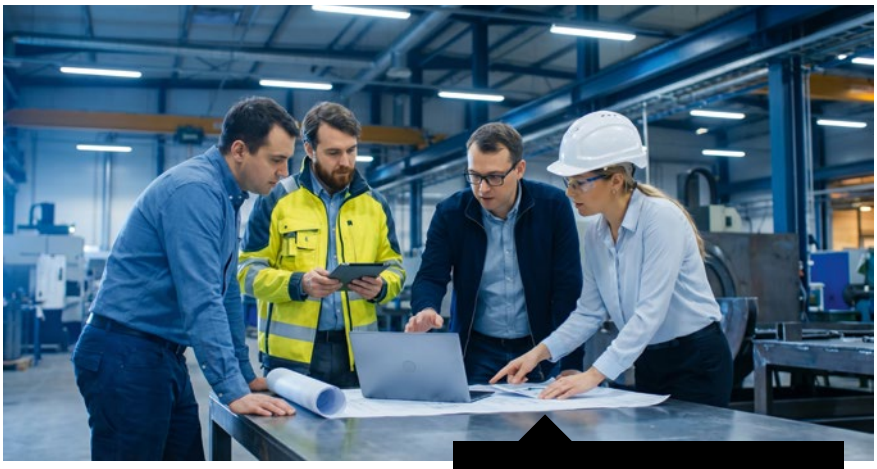
Monitoring macht jede einzelne Aktion bis zur Workflow-Ebene nachvollziehbar. Und wenn ein automatisierter Ablauf nicht das gewünschte Ergebnis liefert, können Planerinnen und Planer direkt eingreifen, einen laufenden Workflow unterbrechen, umleiten oder stoppen.

Ergänzt wird das durch ereignisbasierte und zeitgesteuerte Auslöser: Agenten reagieren in Echtzeit auf neue Datensätze, Statusänderungen oder eingehende Meldungen. Sie stoßen automatisierte Abläufe zu festgelegten oder wiederkehrenden Zeitpunkten an, ganz ohne manuelles Eingreifen.

Warum Governance kein Randthema ist

Wer Produktionsentscheidungen zunehmend an Agenten delegiert, muss jederzeit erklären können, warum ein Agent eine bestimmte Handlung ausgeführt hat. Etwa warum eine Nachbestellung automatisch ausgelöst oder ein Fertigungsauftrag umpriorisiert wurde. Genau deswegen bedarf es einer starken Governance-Ebene rund um Analyse und Workflow-Automatisierung.

In diesem Ansatz wird jeder Agent vor dem produktiven Einsatz registriert und fortlaufend überwacht, jede Aktion ist auditierbar und hat einen eindeutigen Namen, der ihr eine Identität zuordnet. So können Produktionsverantwortliche belastbar erklären, warum die KI etwas getan hat. Das wird mit wachsender Automatisierung zur Schlüsselfrage.



Die Annahme, dass der Plan von heute auch morgen noch gilt, ist ein Trugschluss. Daher verbringen Planerinnen und Planer viel Zeit mit dem Nachsteuern.
Bild: © Aposh003/stock.adobe.com (generiert mit KI)

Was das für die Praxis heißt

Ein Szenario aus der diskreten Fertigung veranschaulicht das Zusammenspiel: Eine Fertigungsstraße arbeitet noch innerhalb der Toleranz. Die vorausschauende Analyse erkennt indes feine Abweichungen im Prozessverlauf. Daraus folgert sie, dass sich in der kommenden oder darauffolgenden Schicht ein Engpass bei einer vorgelagerten Komponente abzeichnet. Und zwar lange bevor er sich als Lieferverzug bemerkbar macht.

Eine KI-generierte Übersicht liefert der Planungsabteilung daraufhin Ursache und Handlungsempfehlung. Anschließend bereitet ein Agent eine Umplanung vor und prüft parallel eine alternative Bezugsquelle. An einem Freigabepunkt hält er den nächsten Schritt jedoch an, bis eine verantwortliche Person zustimmt. Die gesamte Kette bleibt lückenlos nachvollziehbar, vom ersten Hinweis bis zur endgültigen Entscheidung.

AGENTEN REAGIEREN IN ECHTZEIT AUF NEUE DATENSÄTZE.



Das neue Verständnis von Produktionsplanung verbindet industrielles Prozesswissen mit KI-Agenten.
Bild: © Amrullah/stock.adobe.com (generiert mit KI)

Fazit

Dieser Ansatz macht weder den Menschen überflüssig noch ersetzt er die Produktionsplanung. Er hilft vielmehr, das Versprechen vorausschauender Steuerung einzulösen. An die Stelle reaktiver Fehlersuche tritt vorausschauendes Handeln. An die Stelle manueller Systemwechsel treten automatisierte, aber kontrollierte Abläufe.

Der eigentliche Fortschritt liegt nicht in mehr Automatisierung allein. Wichtiger ist, dass sie erklärbar und beherrschbar bleibt. Genau darin liegt für Fertigungsunternehmen nicht nur ein Sicherheitsgewinn, sondern auch ein klarer Wettbewerbsvorteil. **KIS**

DR. HENNING DRANSFELD ist Global Industry Principal Automotive bei Infor.



Und plötzlich hat man den Überblick

Sechs Werke, tausende Aufträge, zahlreiche Abhängigkeiten: Die Produktionsplanung bei Weber Food Technology war lange hochkomplex und schwer zu überblicken. Mit einem KI-gestützten APS-System wurde diese Struktur erstmals ganzheitlich steuerbar. Die neue Planung sorgt für Transparenz, entlastet die Disposition und eröffnet neue Möglichkeiten der Datenauswertung. **VON STIPO NAD**

Je mehr Werke an der Produktion beteiligt sind, desto größer wird die Herausforderung, Abläufe und Ressourcen standortübergreifend zu koordinieren. Weber Food Technology, Systemanbieter für Schneide- und Verpackungslinien in der Lebensmittelverarbeitung, zeigt, wie anspruchsvoll das werden kann. „Wir haben eine unfassbar hohe Fertigungstiefe von über 90 Prozent und mehr als zehn Dispositionsstufen, also kurzum Unterteil, in Unterteil, in Unterteil", fasst es Andreas Gonser, SAP-PP-Berater bei Weber zusammen. „Eine Linie beinhaltet teilweise 10.000 Teile, die aus unseren sechs Produktionsstandorten zusammenkommen. Diese Komplexität in Form von Blechbau, Zerspanung, Montage und Co., und das über sechs Werke in Deutschland, die in permanentem Austausch stehen, das war einfach nicht mehr zu überblicken." Parallel laufen 40.000 bis 50.000 Fertigungs- und Planaufträge, dazu rund 10.000 Umlagerungsbestellungen und die Koordination von 800 Mitarbeitenden.

DAS APS-SYSTEM MACHT KENNZAHLEN WIE ETWA DIE PLANEINHALTUNG SICHTBAR.



Im süddeutschen Werk Wolfertschwenden fertigt Weber komplexe Maschinenteile und bildet damit einen wichtigen Knotenpunkt im standortübergreifenden Produktionsnetz.

Im Werk Werther entstehen Verpackungsanlagen für die Lebensmittelindustrie. Hier zeigt sich die vernetzte Fertigung in der Praxis.

Komplexität auf höchstem Niveau

Mit der steigenden Komplexität wurde klar, dass Weber eine intelligentere Unterstützung für die Planung brauchte. „Hauptgrund neben dem stetigen Wachstum ist die Veränderung in unserem Auftragsgeschäft – weg vom klassischen Maschinenbauer für Automatisierungslösungen, hin zum Komplettlösungsanbieter", erklärt Robin Schmidt aus der Produktionssteuerung bei Weber. Fragen wie „Welche Auswirkungen hat es, wenn ein Fertigungsauftrag vorgezogen wird? Sind alle benötigten Unterteile verfügbar?" ließen sich mit den bisherigen Systemen nicht mehr zuverlässig beantworten. Hinzu kommt, dass die Produktion über sechs Standorte in ganz Deutschland verteilt ist. Der Hauptsitz liegt in Breidenbach, weitere Produktionswerke in Neubrandenburg, Wolfertschwenden, Werther, Groß Nemerow und Braunschweig. Die unterschiedlichen Schwerpunkte der Standorte machten die Planung über alle Werke hinweg zunehmend komplex.

Mehr Überblick dank transparenter Terminplanung

Nach einer intensiven Marktsondierung entschied sich das Familienunternehmen für das Advanced-Planning-and-Scheduling-(APS)-System Felios des Aachener Softwareunternehmens Inform. Die Lösung wurde nahtlos in die bestehende IT-Landschaft integriert und vernetzt heute sechs Werke zu einem gemeinsamen Planungssystem. Auf Basis von KI und modernen Optimierungsmethoden berechnet es die bestmögliche Fertigungsreihenfolge und ermöglicht schnelle Reaktionen auf kurzfristige Änderungen. Seit dem Start werden alle Plan- und Fertigungsaufträge, Umlagerungen und Arbeitsplatzkapazitäten automatisch zwischen beiden Systemen ausgetauscht. Ein zentrales Element ist die Unterteilung in Soll- und Ist-Termine. Sie macht Abhängigkeiten zwischen Fertigungs- und Lieferprozessen transparent und zeigt, welche Auswirkungen Verzögerungen bei einzelnen Bauteilen auf nachgelagerte Schritte haben. So bleibt die Produktionsplanung über alle Werke hinweg übersichtlich und gezielt steuerbar.

Die Einführung von Felios brachte schnell spürbare Erfolge, insbesondere beim Umgang mit kurzfristigen Teile-Änderungen, selbst in der Endfertigung. Neue und Ersatzteile lassen sich nun flexibel einplanen, unterstützt durch eine verbesserte Datengrundlage im Data Warehouse. Dieses erfasst und analysiert systematisch Vergangenheitsdaten wie etwa Terminänderungen oder Ressourcenbelegungen und stellt diese über Schnittstellen zu Standard-BI-Tools verständlich dar. So werden fundierte Entscheidungen auf Basis historischer Entwicklungen möglich. „Das Modul schafft eine neue Transparenz und eröffnet große Potenziale für Automatisierung und Datenanalyse. Eingebettet in die eigene Weber-Infrastruktur hebt das APS-System die Datenwelt auf ein neues Niveau und macht Kennzahlen wie die Planeinhaltung sichtbar", erklärt Gonser.

FELIOS BRACHTE SCHNELL SPÜRBARE ERFOLGE BEIM UMGANG MIT KURZFRISTIGEN TEILE-ÄNDERUNGEN.

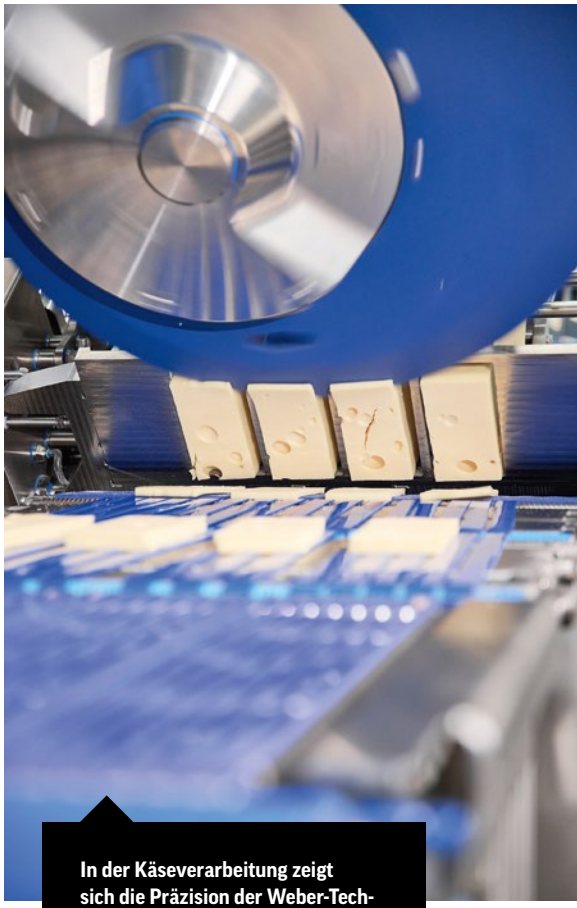
Neue Möglichkeiten für Automatisierung und Auswertung

Auch im operativen Alltag zeigen sich deutliche Verbesserungen. „Im Anlagenbau sind schwankende Bedarfe bei Aufträgen und Auslastung ganz normal. Das System hilft uns, diese typischen Wellen zu glätten. Dieser Effekt wurde in der Praxis immer wieder positiv hervorgehoben", erklärt Gonser. In Phasen geringerer Auslastung können Aufträge gezielt vorgezogen werden, sodass in Hochlastzeiten von dieser Entzerrung profitiert wird. Dadurch sinkt der Planungsaufwand deutlich, und es entstehen neue Möglichkeiten für Automatisierung und Auswertung, die zuvor nicht vorhanden waren. Diese Entwicklungen sind klar erkennbar und stärken zugleich die übergeordnete Strategie des Unternehmens, insbesondere im Hinblick auf den Wert und die gezielte Nutzung von Daten. Damit ist Weber bestens aufgestellt, um die Produktion von morgen effizient und flexibel zu gestalten. **KIS**

STIPO NAD ist Head of Sales & Customer Management Production Excellence bei Inform.

CHECKLISTE: FÜNF ANFORDERUNGEN AN EINE BELASTBARE PRODUKTIONSPLANUNG

1. **Material und Kapazitäten berücksichtigen:** Aufträge realistisch anhand verfügbarer Teile, Maschinen, Arbeitsplätze und personeller Ressourcen einplanen.
2. **Abhängigkeiten transparent machen:** Auswirkungen von Verzögerungen oder Terminänderungen auf nachgelagerte Fertigungsschritte frühzeitig erkennen.
3. **Flexibel auf Änderungen reagieren:** Prioritäten anpassen und Aufträge verschieben oder vorziehen, ohne den Gesamtplan aus dem Blick zu verlieren.
4. **Auslastung vorausschauend steuern:** Freie Kapazitäten nutzen, Engpässe erkennen und Belastungsspitzen möglichst frühzeitig entzerren.
5. **Planungsdaten systematisch nutzen:** Soll- und Ist-Werte sowie Terminänderungen und Ressourcenbelegungen auswerten und für zukünftige Entscheidungen nutzbar machen.



In der Käseverarbeitung zeigt sich die Präzision der Weber-Technologie: Schneiden, Portionieren und Verpacken erfolgen in perfekt abgestimmten Prozessen.
Bilder: Weber Food Technology

Erschwingliche Robotik für den Mittelstand



Wer automatisieren will, braucht bislang oft Systemintegratoren, Softwarelizenzen und viele Monate Vorlaufzeit. Igus verkürzt diesen Weg: Der AMR Rebel Move ist mit einfachen IT-Kenntnissen in rund einer Stunde einsatzbereit – ähnlich unkompliziert wie ein Rasenmähroboter. **VON ALEXANDER MÜHLENS**



Der Rebel Move Pro dient als Plattform für unterschiedliche Aufbauten, vom Kommissioniersystem, über das intelligente Regalsystem bis hin zum kollaborativen Roboter mit Förderbändern.

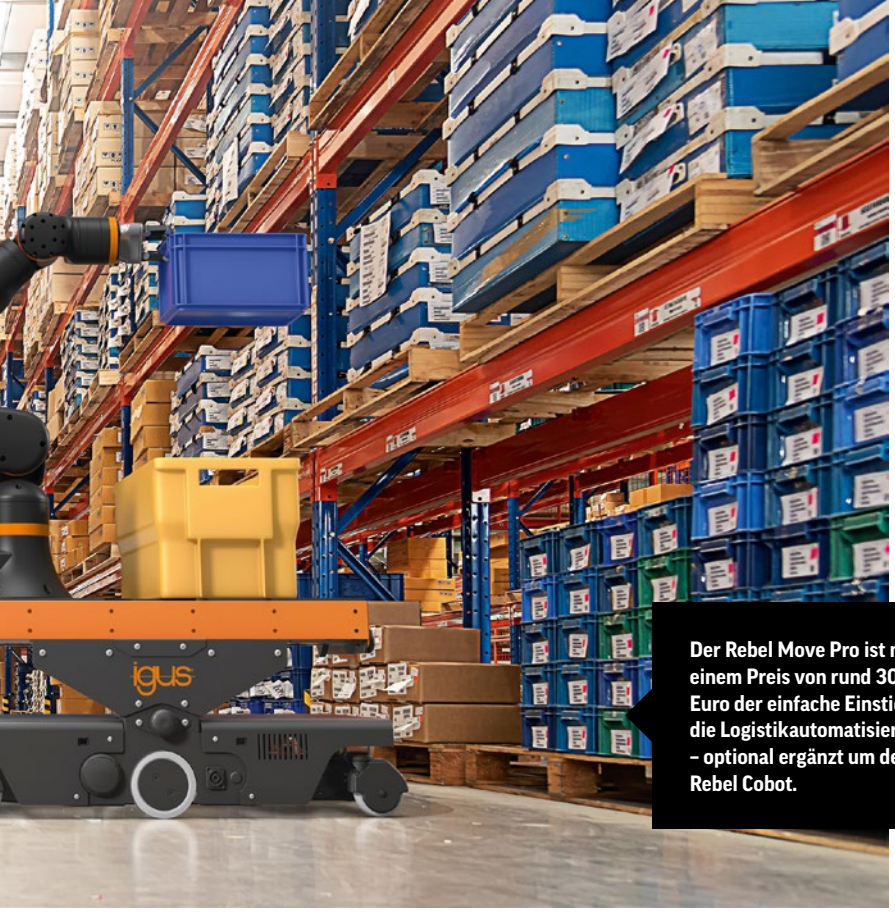
Mit dem Rebel Move hat Igus einen autonomen mobilen Roboter (AMR) entwickelt, der die Einstiegshürde in die Automatisierung deutlich senkt. Das Fahrzeug ist das Herzstück einer modularen Plattform, die sich von einfachen Transportaufgaben bis hin zu komplexen Handling-Prozessen erweitern lässt. Gemeinsam mit dem leistungsstärkeren Rebel Move Pro, neuen Cobot-Aufbauten, Regal- und Conveyor-Modulen sowie der Pallet-Mover-Serie und weiteren Palettier-Lösungen entsteht ein Ökosystem, das speziell auf die Bedürfnisse der modernen Intralogistik zugeschnitten ist. Grundlage ist die Erkenntnis, dass Automatisierung nur dann flächendeckend funktioniert, wenn sie einfach und wirtschaftlich bleibt – und genau das verfolgt Igus auch über seinen Marktplatz RBTX.com.

Kompakter Einstieg in die AMR-Welt

Der Rebel Move ist ein kompakter, rechteckiger AMR mit Elektroantrieb, 710 Millimeter lang, 410 Millimeter breit, 270 Millimeter hoch und nur 35 Kilogramm schwer. Gefertigt wird das Fahrzeug „made in Cologne" sowohl aus Metall als auch aus Hochleistungskunststoffen, die maßgeblich zur Kostenreduktion beitragen. In seinem Grundaufbau ähnelt der AMR einem Dreibein: Drei tragende Rollen sorgen für eine stabile Basis, während ein zentral positioniertes, elektrisch angetriebenes Rad für die Fortbewegung zuständig ist. Diese Architektur ermöglicht es dem System, sicher über unebene oder unregelmäßige Oberflächen zu fahren und sogar kleinere Kanten zu überwinden. Die flache Oberseite dient als Transportfläche für Kleinladungsträger (KLT) in den gängigen Formaten 300 x 400 oder 400 x 600 Millimeter mit einem Maximalgewicht von 50 Kilogramm – mit entsprechenden Aufbauten auch deutlich darüber hinaus. Der Rebel Move navigiert autonom mit bis zu 4,3 Kilometern pro Stunde und arbeitet eine komplette Acht-Stunden-Schicht mit einer Akkuladung. Anschließend dockt er für rund zwei Stunden an die Ladestation an – oder lädt flexibel zwischendurch. Zusätzliche Funktionen erhält der AMR durch den Rebel Cobot, der für 4.970 Euro erhältlich ist und den Rebel Move zu einem mobilen Manipulator erweitert. Der Gelenkarmroboter besteht weitgehend aus Hochleistungskunststoffen, ist mit 8,2 Kilogramm besonders leicht und dadurch prädestiniert für mobile Szenarien. Mit einer Reichweite von 664 Millimetern und einer Traglast von bis zu zwei Kilogramm kann er Bauteile greifen, einlegen oder ablegen – beispielsweise in der Kommissionierung, der Maschinenbestückung oder an Handarbeitsplätzen. Gleichzeitig eignet sich der Rebel Move als Unterfahrwagen für bis zu 100 Kilogramm schwere Rollwagen, die mit kundenspezifischen Strukturen ausgestattet sein können.

In 60 Minuten betriebsbereit

Ein wesentlicher Vorteil des Systems ist die schnelle Inbetriebnahme. Anwender können den AMR innerhalb einer Stunde einsetzen – ähnlich unkompliziert wie einen Rasenmähroboter. Die Steuerung erfolgt über eine browserbasierte App auf einem Tablet, während die Kommunikation über ein eigenes WLAN läuft. Der Einrichtungsprozess gliedert sich in drei Schritte: Zunächst wird das Fahrzeug manuell entlang seiner zukünftigen Arbeitswege geführt. Mithilfe von SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) erstellt es anschließend eine 3D-Digitalkarte auf Basis von



Der Rebel Move Pro ist mit einem Preis von rund 30.000 Euro der einfache Einstieg in die Logistikautomatisierung – optional ergänzt um den Rebel Cobot.

Lidar- und 3D-Sensordaten sowie einer Realsense-Kamera an der Front. Abschließend verfeinert der Anwender die Karte in der App, markiert No-go-Areas, definiert Geschwindigkeitszonen und legt Ablagepunkte fest. Dank der intuitiven Software lassen sich einfache Fahrprogramme binnen 15 Minuten zusammenklicken – völlig ohne Programmierkenntnisse.

Während der Rebel Move insbesondere für leichte bis mittlere Transportaufgaben ausgelegt ist, richtet sich der Rebel Move Pro an anspruchsvollere Anforderungen. Mit einer Geschwindigkeit von bis zu zwei Metern pro Sekunde, einer Traglast von 200 Kilogramm und einem Zuggewicht von 900 Kilogramm deckt er ein breites Spektrum typischer intralogistischer Anwendungen ab – vom Transport schwerer KLT bis zum Verschieben ganzer Regale. Wie der kleinere Rebel Move setzt auch die Pro-Version auf Lidar-Navigation und lässt sich modular erweitern. Die Plattform misst 97,5 Zentimeter in der Länge, 56 Zentimeter in der Breite und 19,5 Zentimeter in der Höhe. Besonders wichtig: Die Navigationssoftware ist vollständig im System integriert und verursacht keine zusätzlichen Lizenzkosten, was sie gerade für kleine und mittlere Unternehmen attraktiv macht. Schnittstellen wie REST-API, physische IoT-Devices oder das optionale Flottenmanagement nach VDA 5050 erlauben den Anschluss an bestehende Systeme und die automatische Steuerung von Rolltoren, Aufzügen oder Fördertechnik.

Aufbauten je nach Anwendungsfall

Die Modularität ist einer der zentralen Erfolgsfaktoren. Dabei variieren die Aufbauten je nach Anwendungsfall, während die Plattform gleichbleibt. Der Rebel Move Pro Hook-Trolley bewegt Lasten bis zu 900 Kilogramm und erleichtert die Kommissionierung. Der Pick-by-Light-Aufbau zeigt Beschäftigten mittels visueller Lichtsignale das richtige Fach an und reduziert Suchen sowie körperliche Belastungen. Lifter- und Conveyor-Aufbauten ermöglichen eine direkte Integration in bestehende Logistikprozesse und sind bereits ab Stückzahl 1 wirtschaftlich. Ganz neu sind nun auch Roboteraufbauten auf dem Rebel Move Pro für Modelle von Fairino, Fanuc, Dobot, Elite Robots oder auch UR möglich. Damit wird die mobile Plattform mit Cobot zu einer vielseitigen Lösung. Die Roboterarme können so unabhängig an verschiedenen Stationen wirtschaftlicher und flexibler arbeiten. Ein schneller Return on Investment – oft innerhalb von ein bis eineinhalb Jahren – ist eines der erklärten Ziele.

Gabelstapler palettiert autonom

Neben dem Rebel Move Pro hat Igus auch einen autonomen Gabelstapler entwickelt: den Rebel Pallet Mover. Er wurde unter dem Leitgedanken entwickelt, das Palettenhandling zuverlässiger und kosteneffizienter zu machen. Statt vieler dezentraler Sensoren konzentriert sich das Safety-System auf einen zentralen Sensorbereich, was die Komplexität und Kosten reduziert. Da es für viele Unternehmen zunehmend schwierig ist, ausreichend geschultes Staplerpersonal zu finden, dient der Pallet Mover als Ergänzung zu menschlichen Fahrern. Die Serie umfasst Varianten mit 300, 1.400 und 1.500 Kilogramm Nutzlast und bietet variable Gabelzinken sowie Geschwindigkeiten bis zu 1,5 Metern pro Sekunde.

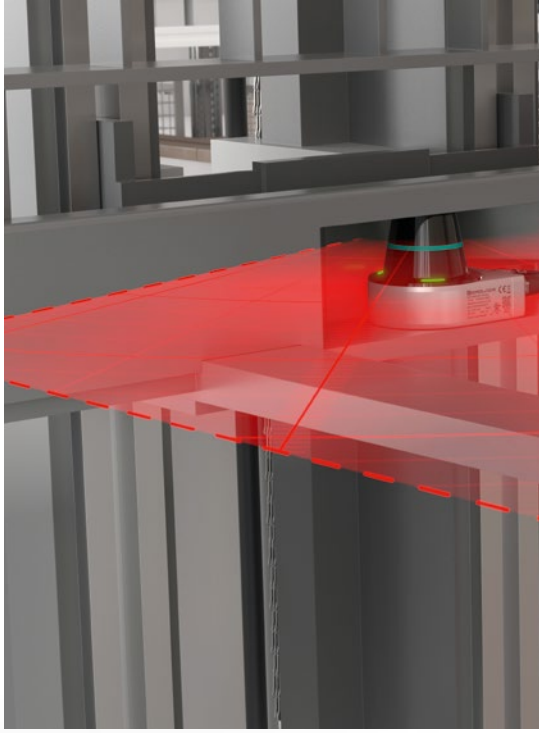
Weitere Lösungen für die Palettierung wie Palettierstationen mit oder ohne Hubsäule bietet Igus auf dem Marktplatz RBTX.com ab 29.900 Euro an, der Unternehmen den Zugang zu kosteneffizienter Automatisierung erleichtert. Hier finden Anwender komplette Lösungen – von der Hardware über Software bis hin zur Beratung durch RBTX-Experten. Bereits ab 18.500 Euro stehen komplette Palettierstationen zur Verfügung. **KF**

ALEXANDER MÜHLENS ist Geschäftsbereichsleiter Low Cost Automation bei Igus.



Der autonome Gabelstapler Igus Pallet Mover automatisiert den Lagerbetrieb. Bilder: Igus

Rundumblick für kompakte AMR



Autonome mobile Roboter (AMR) und fahrerlose Transportsysteme (FTS) benötigen präzise Informationen über die Fahrweg-Umgebung sowie zur Geometrie der Übergabestationen. In Anwendungen mit kleineren Fahrzeugen steht für die nötige Sensorik meist nur sehr wenig Platz zur Verfügung. Das Modell 2-D-LiDAR-Sensor R2400 von Pepperl+Fuchs verbindet eine kompakte Bauform mit robuster Mechanik, einfacher Systemintegration und einer präzisen 360-Grad-Erfassung des Umfelds.

VON ARNO HAGEMANN UND THORSTEN SCHRÖDER

Der 2-D-LiDAR-Sensor R2400 nutzt ein lasergestütztes Lichtlaufzeit-Verfahren, die Pulse Ranging Technology (PRT). Das rotierende Sende-Empfangselement sendet kurze Laserpulse, aus der Laufzeit der Signalreflexion berechnet das Gerät die Entfernung. Wegen der Stärke der Pulse haben schwierige Objekt- und Umgebungsbedingungen wie Fremdlicht, unterschiedliche Oberflächen oder wechselnde Reflexionseigenschaften deutlich weniger Einfluss auf das Messergebnis als bei Verfahren mit kontinuierlichem Lichtstrahl.

Flexible Ausrichtung und einfache Montage

Das kompakte Gerät ist nur 81 Millimeter hoch und findet auch in beengtem Bauraum Platz. Die 360-Grad-Rundumerfassung bietet uneingeschränkte Flexibilität bei der mechanischen Integration, weil keine Blickrichtung vorgegeben ist. Zugleich weist der R2400 eine hohe mechanische Stabilität auf, um den unvermeidlichen Vibrationen und Erschütterungen im Betrieb zu widerstehen. Der Sensor verfügt über ein robustes Metallgehäuse mit unten angeordneten Gewindeeinsätzen aus Stahl, die für ein hohes Anzugsmoment von 2,5 Nm ausgelegt sind.

Präzise Ausrichtungsbohrungen gewährleisten wiederholbare Montagebedingungen. Sie verhindern eine seitliche Verschiebung beim Anziehen der Schrauben und unterstützen eine reproduzierbare Sensorausrichtung. Wird ein Sensor ersetzt, lässt sich die ursprüngliche Messgeometrie ohne Neujustierung wiederherstellen.



Die 360-Grad-Rotation des Sende-Empfangmoduls ermöglicht einen Rundumblick und die flexible Montage.
Bilder: Pepperl+Fuchs

Für die Integration des R2400 in die AMR-Steuerung steht das Pepperl+Fuchs Scan Data Protocol (PFSDP) zur Verfügung, das ein einheitliches Datenformat für LiDAR-Geräte bereitstellt. Alternativ kann ein ROS-2-Treiber für Robotiksysteme verwendet werden, mit dem sich der Sensor in bestehende mobile Plattformen einbinden und für Proof-of-Concept-Aufbauten nutzen lässt. Konfiguration und Diagnose können mit PACTware und passendem Device Type Manager durchgeführt werden.

Robustes Messmodulkonzept

Die meisten vergleichbaren Geräte auf dem Markt verwenden rotierende Spiegel mit einer bauartbedingt unvermeidlichen Winkelabweichung. Dagegen kreist beim R2400 das 360-Grad-Messmodul selbst auf einer starren Achse und erreicht so eine völlig plane Scanebene. Sie weist praktisch keine Winkelabweichung auf, garantiert eine hohe Wiederholgenauigkeit und vermeidet konische oder wellenförmige Messprofile. Außerdem ermöglicht dieses mechanische Konzept deutlich verlängerte Standzeiten im Dauereinsatz.

Die optische Trennung von Sender und Empfänger verhindert, dass an der Abdeckung reflektiertes Streulicht in den Empfangskanal gelangt. Damit wird auch der Einfluss von Kratzern, Staub, Feuchtigkeit, und Kondensation auf die Signalqualität minimiert. Die Reinigungsintervalle können verlängert, wartungsbedingte Unterbrechungen reduziert werden. Der Sensor ist nach IP67 geschützt und lässt sich bis minus 30 Grad Celsius einsetzen.

Mehrere Bausteine der Präzision

Für die zuverlässig genaue Erfassung von Umfeld und Fahrweg kommt es neben der mechanischen Winkelgenauigkeit auch auf das Zusammenspiel von Lichtfleckgeometrie, Messgenauigkeit und Winkelauflösung an. Der R2400 erreicht eine Winkelauflösung von 0,05 Grad und erzeugt damit dichte Punktewolken für die Erkennung



Der Sensor im Gabelträger erlaubt die exakte Ausrichtung der Staplergabel.



Die kompakte Bauform des Sensors eignet sich für den Einbau im engen Raum.

von Konturen und Reflektoren. Der Wert für die Reproduzierbarkeit liegt unter 16 Millimeter. Während vergleichbare Geräte in der Regel einen runden Lichtfleck erzeugen, ist er beim R2400 rechteckig und exakt definiert. Damit werden Kanten wesentlich präziser erkannt.

Der Messbereich beträgt 25 Meter bei 90 Prozent und 10 Meter bei zehn Prozent Reflektivität – so ist selbst bei sehr dunklen Oberflächen im Umfeld die Messgrundlage für die Fahrzeugnavigation sichergestellt. Mit Reflektoren ist eine Reichweite bis 40 Meter möglich. Die Scanrate von 10 bis 20 Hz ermöglicht fortlaufend aktuelle Umgebungsdaten, mit denen das Fahrzeug jederzeit dynamischen Fahr- und Andockmanöver durchführen kann. Die Messwerte sind mit einem genauen Zeitstempel versehen, der die Synchronisation mit externen Steuerungen ermöglicht.

Der 2-D-LiDAR-Sensor R2400 im praktischen Einsatz

Navigation: Das Gerät liefert während der Fahrt 360-Grad-Punktewolken als Grundlage für Kartierung und Lokalisierung. Die hohe Winkelauflösung unterstützt hybride Navigationsstrategien, bei denen sowohl natürliche Umgebungskonturen als auch künstliche Reflektoren genutzt werden.

Palettenaufnahme: Um die Staplergabel exakt auszurichten wird der Sensor im Gabelträger montiert, wo er die Umgebung vor dem Fahrzeug während der Aufnahme erfasst. Die geringe Bauhöhe erleichtert den Einbau, die Rundumsicht ermöglicht eine flexible Ausrichtung. Dank seiner robusten Konstruktion toleriert der Senor die unvermeidlichen mechanischen Belastungen an diesem Einbauort.

Andocken: Die 360-Grad-Konturerfassung und die hohe Winkelauflösung des R2400 liefern die Positionsdaten, um die Geometrie der Übergabestation, Führungsschienen und Positioniermarken zuverlässig zu erfassen. Die Fahrzeugausrichtung lässt sich reproduzierbar ausführen.

R2000 bietet noch mehr Leistung

Der R2400 nutzt eine verschlankte Version der Technologie, die sich bei seinem „großen Bruder" R2000 bereits seit Jahren bewährt hat. Als LiDAR-Sensor für größere autonome Fahrzeuge ist dieser weltweit im Einsatz und gilt in diesem Segment als Industriemaßstab. Um den Fahrbetrieb mit höheren Geschwindigkeiten zu ermöglichen, die bei in diesem Anwendungsbereich die Regel sind, bietet er noch höhere Messleistungen und Genauigkeitswerte als der R2400.

Der Sensor weist eine einzigartig hohe Auflösung von bis zu 0,014 Grad auf. Mit einer Scanrate von 50 Hz kann er bis zu 250.000 Einzelmessungen pro Sekunde durchführen. Zuschaltbare Filter erlauben eine einfache und schnelle Adaption der Messwertausgabe an die jeweilige Applikation. Neben der präzisen Entfernungs- und Winkelmessung liefert der Sensor auch zuverlässige Informationen über die Lichtremission der angepeilten Objekte. Reflektoren lassen sich so zuverlässig von Objekten mit natürlicher Oberfläche unterscheiden. **SG**

ARNO HAGEMANN ist Strategic Product Management, Portfolio & Innovation bei Pepperl+Fuchs;
THORSTEN SCHRÖDER ist Technical Product Manager bei Pepperl+Fuchs.



Der Sensor ermöglicht eine vollständige Umfelderfassung mit 360-Grad-Rundumblick.

Wie Physical AI Outdoor-Transporte optimiert

Der Medizintechnikhersteller Provita Medical automatisiert mit dem autonomen Transportroboter Induros von Innok Robotics den werksübergreifenden Materialfluss. Das System entlastet das Personal und steigert die Prozesseffizienz im unstrukturierten Umfeld. Und das ganz ohne bauliche Veränderungen. Ein Best-Practice-Beispiel für den unkomplizierten Einsatz mobiler Robotik in der industriellen Praxis. **VON DANIEL BRANDT**

Die Provita Medical GmbH & Co. KG blickt auf eine über 50-jährige Tradition in der Medizintechnik zurück. In der modernen Fertigung ist ein reibungsloser, getakteter Materialfluss absolut essenziell. Doch genau dieser stetige Warentransport zwischen den unterschiedlichen Gebäuden des Unternehmens erwies sich in der Vergangenheit als massives logistisches Nadelöhr. Die Ausgangssituation ist symptomatisch für viele historisch gewachsene Industriestandorte: Für den werksübergreifenden Transport über den Hof wurde extra ein firmeneigener LKW samt dediziertem Mitarbeiter eingesetzt. Dieses ineffiziente Vorgehen band wertvolle personelle Ressourcen in unproduktiven, rein repetitiven Routinefahrten und blockierte eine echte Skalierung der Intralogistik.

Transportroboter für anspruchsvolle Außenstrecken

Um diesen Prozess nachhaltig aufzubrechen und zu optimieren, entschied sich das mittelständische Unternehmen für den Einsatz des autonomen Transportroboters Induros von Innok Robotics. Der extrem robuste, outdoor- und brownfield-fähige Roboter navigiert nun völlig eigenständig zwischen den verschiedenen Abteilungen und Gebäuden indoor und outdoor. Hierbei kommt das zukunftsweisende Konzept der „Physical AI" zum Tragen, dessen immenser Kundennutzen direkt in der Praxis spürbar wird: Die Software versteht die physikalischen Gegebenheiten der unstrukturierten Umgebung und meistert diese intelligent. Dank der eigens entwickelten Innok Hybrid Navigation verarbeitet der Roboter die Daten verschiedenster Sensoren in Echtzeit. Dadurch bewältigt er auch anspruchsvolle Außenstrecken auf unebenem Asphalt, Schotter oder über Hindernisse hinweg souverän. Selbst Steigungen und Rampen von bis zu 10 Prozent meistert der Induros absolut problemlos. Da die industrielle Logistik keine Rücksicht auf die Witterung nehmen kann, ist das System streng nach Industriestandards (IP65) konstruiert. Der autonome Betrieb läuft daher zuverlässig und sicher weiter, egal ob bei starkem Wind, strömendem Regen oder auch bei leichtem Schneefall.

Einfache Einrichtung und grenzenlose Autonomie im Brownfield

Die Implementierung der fortschrittlichen Technologie verlief in der Praxis bemerkenswert reibungslos. Das zentrale Gehirn der gesamten Roboterflotte bildet die KI-



Bodenwellen, Pflaster, Rampen meistert der Roboter problemlos.



Hallentore öffnet der Induros autonom.

basierte Autonomiesoftware Innok Cockpit. Dank dieses intuitiven, webbasierten Systems ließ sich der Induros extrem einfach, schnell und präzise in die bestehenden Abläufe integrieren. Micha Hilverkus, Vorstandsmitglied bei Provita, zeigt sich vom Projektstart und der zügigen Umsetzung begeistert: „Die Integration und die Inbetriebnahme ging wirklich so schnell und unkompliziert, dass wir überrascht waren. Das, was vorher von Innok versprochen wurde, wurde auch genau so eingehalten."

Ein massiver technologischer Vorteil dieser IT-Architektur liegt in der herausragenden Usability im industriellen Alltag. Die tägliche Bedienung erfolgt direkt durch das Team vor Ort, ohne dass dafür tiefgreifende Robotik-Vorkenntnisse notwendig sind. Das User Interface Innok Bay Control ermöglicht es Produktionsmitarbeitern, Transportaufträge bequem und übersichtlich per Tablet abzurufen. Ein weiterer entscheidender Faktor für die hohe Flexibilität der Lösung: Ein von Innok Robotics geschulter Mitarbeiter aus der eigenen Belegschaft kann dem Roboter über die Benutzeroberfläche völlig selbstständig komplett neue Missionen, veränderte Routen und neue Aufträge zuweisen. Dem Einsatz sind somit auch in bestehenden, stark frequentierten Brownfield-Umgebungen kaum Grenzen gesetzt. Die Definition neuer Fahrwege erfordert keine teuren baulichen Maßnahmen wie das Verlegen von Magnetstreifen, Induktionsschleifen oder Reflektoren im Boden.

Zur echten End-to-End-Automatisierung gehört bei Innok Robotics jedoch weit mehr als nur die reine Navigation. Der Induros kommuniziert direkt mit der Gebäudeinfrastruktur auf dem Werksgelände: Er nähert sich den Hallentoren, fordert deren Öffnung selbstständig an und passiert erst, wenn der Weg sicher und komplett frei ist. Am Zielort oder Startpunkt angekommen, koppelt der Roboter die bereitstehenden Anhänger mit Waren oder schweren Paletten vollkommen autonom an und ab. Ein manuelles Eingreifen an den logistischen Übergabestationen entfällt dadurch vollständig. Der Induros zieht dabei mühelos schwere Lasten von bis zu 1.300 kg sicher über das Gelände.

Schneller ROI und die optimale Nutzung der Fachkräfte

Der entscheidende Mehrwert dieser durchgängigen Automatisierung liegt für das Unternehmen in der optimalen Nutzung der eigenen Belegschaft. Hilverkus bringt diesen operativen Vorteil prägnant auf den Punkt: „Der Induros nimmt uns den zeitraubenden Materialtransport komplett ab. Dadurch können wir endlich eine wichtige Fachkraft wieder an wertschöpfenden Positionen in der Fachabteilung einsetzen, anstatt sie an das Steuer eines LKW zu binden." Genau hier entfaltet Physical AI ihren wahren industriellen Wert: Sie ersetzt keine Menschen, sondern entlastet hochqualifizierte Mitarbeiter aktiv von monotonen, physisch anspruchsvollen Routinen.



Anhänger und Lastenträger koppelt der Roboter autonom an und ab.
Bilder: Innok Robotics

> **Der Induros nimmt uns den zeitraubenden Materialtransport komplett ab. Dadurch können wir eine wichtige Fachkraft wieder an wertschöpfenden Positionen einsetzen, anstatt sie an das Steuer eines LKW zu binden."**
>
> MICHA HILVERKUS

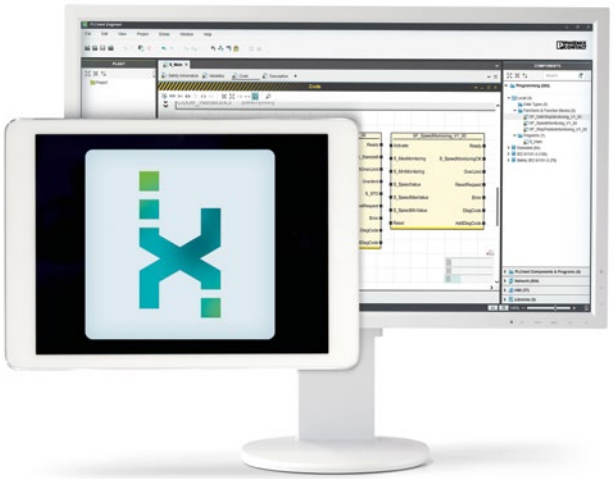
Auch auf kaufmännischer Ebene überzeugt das Projekt bei Provita Medical auf ganzer Linie. Das Unternehmen entschied sich für den direkten Kauf des Roboters und konnte aufgrund der massiven Effizienzsteigerungen und der eingesparten Personalressourcen im Transportwesen einen extrem schnellen Return on Investment (ROI) nach nur fast einem Jahr erzielen. Im Vorfeld der Entscheidung hatte das Management durchaus auch mit dem hochflexiblen „Robots-as-a-Service" (RaaS) Modell von Innok Robotics geliebäugelt. Bei diesem Zero-Capex-Ansatz entfallen die initialen Investitionskosten für die Hardware komplett. Der Roboter wird stattdessen zu einer festen monatlichen Rate inklusive Service gemietet, wodurch sich die Kosten sofort in die operativen Ausgaben (OPEX) verlagern. Mit dem RaaS-Modell hätte das Unternehmen quasi schon ab Tag 1 der Inbetriebnahme einen messbaren ROI erwirtschaftet, da die monatlichen Raten meist deutlich unter den Vollkosten für einen manuellen Transportbetrieb liegen.

Zusätzlich besticht das System durch seine enorme Praxistauglichkeit im ausdauernden Dauerbetrieb. Das integrierte Wireless Charging ermöglicht ein völlig unkompliziertes, kabelloses Laden des Roboters zwischen den einzelnen Aufträgen. Darüber hinaus ist der Induros mit einer zertifizierten Personensicherheit ausgestattet. Seine intelligente, lasergestützte Sensorik erkennt Mitarbeiter in engen Hallengängen sowie auf dem oft unübersichtlichen, belebten Werkshof absolut verzögerungsfrei. Dies garantiert einen jederzeit sicheren Mischverkehr im industriellen Alltag und etabliert den Induros endgültig als unverzichtbaren Baustein zur durchgängigen Automatisierung in historisch gewachsenen Brownfield-Umgebungen. Fazit: Wenn smarte KI und Software auf derart robuste Hardware trifft, lassen sich logistische Herausforderungen wirtschaftlich und sicher lösen. **KF**

DANIEL BRANDT ist Leiter Marketing und Kommunikation bei Innok Robotics.

Normgerechte Vernetzung der Safety-Sensorik in AGV

Die fortschreitende Automatisierung in der Intralogistik und Produktion führt zu einem wachsenden Einsatz fahrerloser Transportsysteme (FTS, AGV). Parallel steigt die Komplexität der Interaktion zwischen Mitarbeiter, Maschine und Umgebung und damit die Bedeutung der funktionalen Sicherheit. Die ISO 3691-4 legt hierfür als Typ-C-Norm die maßgeblichen Anforderungen an sicherheitsgerichtete Funktionen sowie deren Umsetzung und Validierung fest. **VON HERMANN SPIES**



Darstellung von zertifizierten sicheren Funktionsbausteinen in der Engineering-Umgebung PLCnext Engineer.

Zentraler Bestandteil der ISO 3691-4 ist die Definition konkreter Sicherheitsfunktionen. Diese werden systematisch aus einer Risikoanalyse abgeleitet, die Gefahren wie Kollisionen, unkontrollierte Bewegungen oder Fehlfunktionen bewertet. Die Norm beschreibt insgesamt 30 Sicherheitsfunktionen mit spezifischen Anforderungen an deren Performance Level (PL) gemäß ISO 13849. Zu den wichtigsten Funktionen zählt die Bremsfunktion (Safe Stop/Brake Control). Zum Schutz vor Kollisionen muss das AGV (Automated Guided Vehicle) jederzeit sicher zum Stillstand gebracht werden. Da ein reines Abschalten des Antriebs kein Bremsmoment erzeugt, sind zusätzliche Maßnahmen notwendig, etwa eine sichere Bremssteuerung, kombiniert mit kontrollierten Stopp-Funktionen wie Safe Stop 1 (SS1).

Im Rahmen der Geschwindigkeitsüberwachung (Safe Speed Monitoring) wird diese dynamisch an die Umgebung angepasst. Ausschlaggebend sind dabei die normativ festgelegten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten für die jeweiligen Bereiche, die kontinuierlich kontrolliert werden müssen. Während in einem freien Bereich höhere Geschwindigkeiten möglich sind, müssen diese in Gefahrenzonen oder bei eingeschränkter Sicht deutlich reduziert werden. Als weitere Sicherheitsfunktion erlauben sensorbasierte Schutzfelder im Bereich der Personenerkennung (Safe Detection) die sichere Interaktion mit Menschen. Je nach Erkennungszone reagiert das System durch eine Verringerung der Geschwindigkeit bis hin zu einem Sicherheitshalt. Diese Funktion ist typischerweise mit Performance Level d (PL d) ausgelegt. Die ISO 13849 unterscheidet zudem Betriebsbereiche, Betriebsgefahrbereiche sowie eingeschränkte und geschlossene Bereiche. Daraus resultieren unterschiedliche Anforderungen an die Geschwindigkeit, Sensorik und Schutzmaßnahmen.



Die Bibliothek Safe Motion Monitoring umfasst zertifizierte Funktionsbausteine für die sicherheitsgerichtete Überwachung von Maschinen sowie die Detektierung von Fehlern in Bewegungsabläufen.

Sicherheitsgerichtete Überwachung und Fehlererkennung

Eine effiziente Implementierung der normativen Anforderungen erfordert geeignete Engineering-Werkzeuge und zertifizierte Softwarekomponenten. Hier setzt das offene Ecosystem PLCnext Technology von Phoenix Contact an. Für die Safety-Programmierung stehen TÜV-zertifizierte Funktionsbaustein-Bibliotheken zur Verfügung, die speziell auf industrielle Anforderungen abgestimmt sind. Sie umfassen unter anderem Safe Motion Monitoring sowie PLCopen Safety.



Im industriellen Umfeld kommt dem sicheren Betrieb von AGVs eine große Bedeutung zu.
Bilder: Phoenix Contact

Das Safe Motion Monitoring beinhaltet zertifizierte Funktionsbausteine für die sicherheitsgerichtete Überwachung von Maschinen sowie die Detektierung von Fehlern in Bewegungsabläufen. Die Bibliothek enthält folgende Bausteine:

- **SF StopPositionMonitoring** dient der sicheren Positionsüberwachung im Stillstand. So wird sichergestellt, dass sich das Fahrzeug innerhalb vorgegebener Grenzwerte befindet. Im Fall einer Überschreitung und einer daraus folgenden gefährlichen Bewegung wird eine vom Anwender vorgesehene Fehlerreaktion – beispielsweise eine Bremsung oder STO - umgesetzt.
- **SF SafeStopMonitoring** kontrolliert die Verzögerung einer Bewegung im Rahmen einer Stopp-Anforderung, um das Antriebssystem sicher in den Stillstand zu überführen. Im Kontext von AGV überwacht der sichere Funktionsbaustein, ob ein Fahrzeug in einer definierten Rampenzeit vollständig zum Stillstand gekommen ist.
- **SF SpeedMonitoring** ermöglicht die Kontrolle der Geschwindigkeit eines Antriebs oder Rads. Bei einer Überschreitung bestimmter Grenzwerte löst eine sichere Reaktion aus, zum Beispiel STO, Not-Halt oder Sicherer Stopp.

Umsetzung von Safety-Steuerungsfunktionen

Die PLCopen Safety Bibliothek umfasst zertifizierte Funktionsbausteine zur Realisierung sicherheitsgerichteter Steuerungsfunktionen. Darüber hinaus lassen sich Fehlerzustände in Maschinen und mobilen Systemen durch modular kombinierbare Bausteine für die Eingangsauswertung, Logikverknüpfung, Zeitüberwachung sowie sichere Aktorsteuerung zuverlässig feststellen. Ein besonderer Vorteil liegt darin, dass die PLCopen Safety Bibliothek bereits Bestandteil der Entwicklungsumgebung PLCnext Engineer ist. Diese beinhaltet unter anderem folgende Bausteine:

- **SF SafetyRequest** zur Verarbeitung von Sicherheitsanforderungen beispielsweise aus Laserscannern oder Schutzfeldern. Im Kontext von AGVs wird dieser Baustein genutzt, um auf erkannte Hindernisse oder Personen im Fahrweg zu reagieren und entsprechende Sicherheitsmaßnahmen - wie Geschwindigkeitsreduzierung oder Stopp - einzuleiten.
- **SF EmergencyStop** für die Umsetzung einer normgerechten Not-Halt-Funktion. Dieser Funktionsbaustein verarbeitet die sicherheitsrelevanten Eingangssignale und sorgt für die sofortige Überführung in einen sicheren Zustand. Im AGV-System bedeutet dies zum Beispiel das kontrollierte Stillsetzen des Fahrzeugs und das Abschalten der Antriebsenergie im Gefahrenfall.
- **SF EDM (External Device Monitoring)** zur Überwachung externer Schaltgeräte wie Schütze oder Leistungsschalter. Im Kontext der AGV wird so geprüft, ob die Antriebsabschaltung tatsächlich erfolgt ist. Bleibt beispielsweise ein Schütz in geschlossener Stellung, stellt der Baustein diese Fehlfunktion fest und verhindert ein erneutes Anlaufen des Fahrzeugs.

Deutliche Vereinfachung des Implementierungsaufwands

Durch den Einsatz vorgeprüfter und zertifizierter Funktionsbausteine wird die Implementierung sicherheitsgerichteter Anwendungen signifikant vereinfacht. Denn grundlegende Sicherheitsmechanismen sind bereits validiert und normkonform ausgeführt. Das verringert den Engineering-Aufwand erheblich. Entwickler können ihren Fokus gezielt auf applikationsspezifische Anforderungen des AGVs richten. Die Steuerungsplattform SPLC 1000 von Phoenix Contact ermöglicht den Aufbau modularer und skalierbarer Sicherheitsarchitekturen.

In Verbindung mit einem leistungsfähigen Engineering-Tool, umfangreichen Safety-I/O-Portfolio sowie der Unterstützung sicherer Kommunikationsprotokolle wie Profisafe und Failsafe over Ethercat (FSoE) entsteht eine durchgängige Systemlandschaft. Sie erlaubt die konsistente und normgerechte Vernetzung von sicherheitsrelevanter Sensorik, zum Beispiel Laserscannern, der Antriebstechnik sowie übergeordneten Steuerungssystemen. Damit ist die Grundlage für leistungsfähige und gleichzeitig flexible sichere Automatisierungslösungen im Bereich fahrerloser Transportsysteme gelegt. **SG**

HERMANN SPIES
ist tätig im Project Management AGV bei Phoenix Contact.



Von starren Routen zu dynamischen Flüssen

Ein lückenhafter Materialfluss wirkt sich auf die Betriebsabläufe aus. Ungeplante Stopps, Leistungsverluste durch das Warten auf Nachschub und Qualitätseinbußen durch falsch bereitgestelltes Material sind spürbare Folgen. KI-gestützte Visual-SLAM-Navigation macht autonome mobile Roboter unabhängig von Markern, Magnetspuren und Reflektoren. Das erleichtert ihren Einsatz besonders im Brownfield.

VON ALFONSO GONZALEZ



Flexley Stack F712 transportiert Lasten von bis zu 2.000 Kilogramm, erreicht Hubhöhen von bis zu 8,5 Metern und navigiert dank KI-gestützter Visual-SLAM-Technologie selbstständig durch dynamische Lagerumgebungen.

Fehlt Material an der Linie, wartet nicht nur eine Maschine. Beschäftigte übernehmen zusätzliche Staplerfahrten, nachgelagerte Prozesse geraten aus dem Takt und falsch bereitgestellte Teile beeinträchtigen die Qualität. Solche Unterbrechungen drücken die Gesamtanlageneffektivität (OEE – Overall Equipment Effectiveness). Bei kleinen Losgrößen und wachsender Variantenvielfalt fallen sie besonders ins Gewicht. Autonome mobile Roboter (AMR) können diese Transporte übernehmen, Mitarbeitende von monotonen oder körperlich belastenden Aufgaben entlasten, die OEE optimieren und mehr Flexibilität schaffen. Für den Einstieg zählt jedoch nicht allein die Traglast. Ebenso wichtig ist, wie schnell sich ein Fahrzeug in einer Halle zurechtfindet sowie an vorhandene Systeme anbinden und bei Layoutänderungen neu konfigurieren lässt.



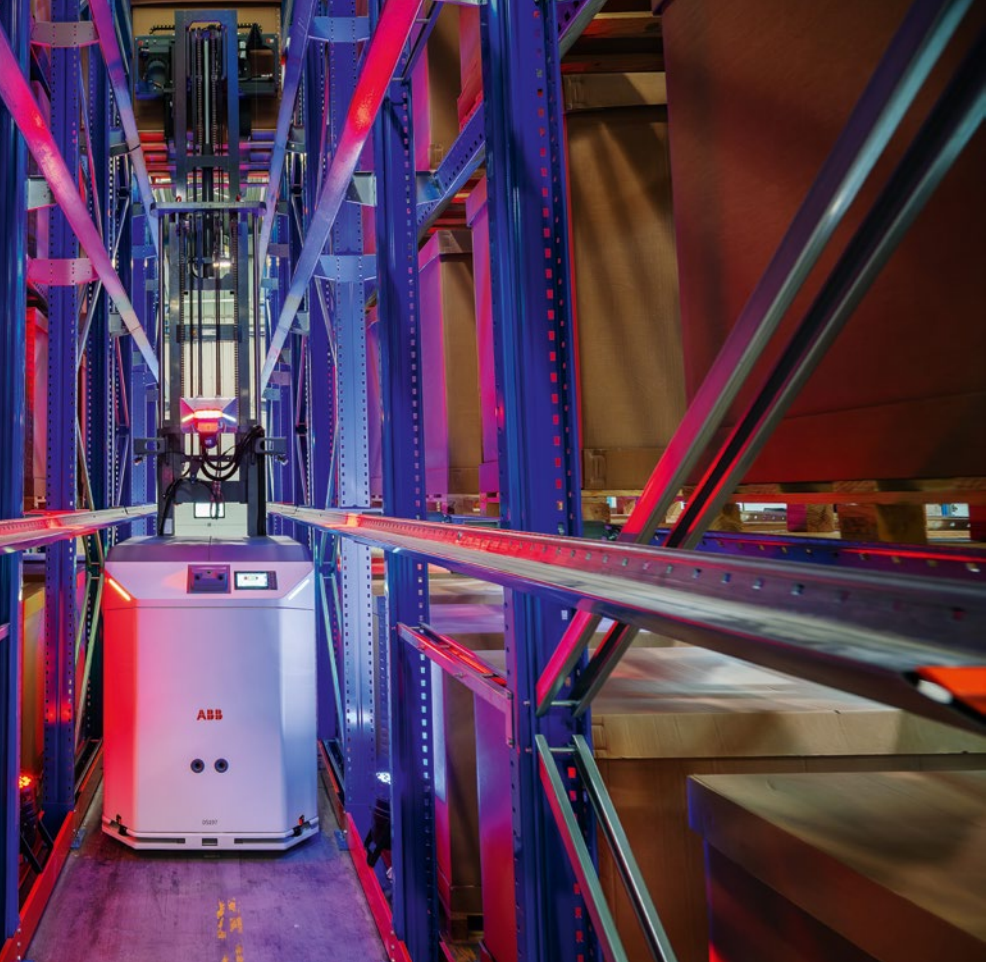
Mit Flexley Stack F712 bietet ABB Robotics einen KI-gestützten Gabelstapler-AMR für anspruchsvolle Materialfluss- und Lagerlogistikaufgaben.

Bewegliche Verbindungen zwischen festen Stationen

Eine moderne, zukunftsfähige Intralogistik basiert im Optimalfall auf einem hybriden Ökosystem, in dem verschiedene Robotertypen und -systeme koordiniert zusammenarbeiten: Industrieroboter bearbeiten, montieren oder palettieren an festen Stationen, Cobots arbeiten direkt mit Menschen zusammen. Hierbei ersetzen blockbasierte Drag-and-Drop-Verfahren zunehmend komplexen Code und ermöglichen Anwendern eine schnelle, intuitive Roboterprogrammierung ohne Vorkenntnisse in kürzester Zeit.

Die logistische Herausforderung liegt in der Verbindung dieser Stationen zu einem durchgängigen Materialfluss – besonders in flexiblen Produktionsumgebungen. AMR navigieren frei durch die Anlagen, verbinden Lagerregale dynamisch mit Produktionsinseln und transportieren Rohmaterial, Halbzeuge, Behälter oder Paletten zwischen den Prozessschritten.

Gerade in Bestandsanlagen ist das anspruchsvoll. Verkehrswege sind eng, Fördertechnik und Regale geben das Layout vor, Flächen werden wechselnd genutzt. Menschen, manuell gesteuerte Flurförderzeuge oder abgestellte Ladungsträger verändern die Umgebung im laufenden Betrieb. Klassische fahrerlose Transportsysteme, die Magnetspuren, Markern oder Reflektoren folgen, bleiben an vorher festgelegte Routen gebunden. Wird eine Produktionsinsel versetzt oder ein Fahrweg neu geordnet, muss die Navigationsinfrastruktur aufwändig angepasst werden. Besonders in dynamischen und flexiblen Produktionsumgebungen ist heute eine Navigation nötig, die nicht auf einem starren Korsett beruht. Eine Navigation, die Veränderungen im laufenden Betrieb erkennt, daraus lernt und die Fahrzeug-





Gemeinsam mit den Modellen Flexley Tug und Flexley Mover bildet Flexley Stack F712 ein interoperables AMR-Ökosystem, das von der Software AMR Studio orchestriert. Bilder: ABB Robotics

position auch ohne feste Fahrwege jederzeit präzise bestimmt.

Für Navigationsaufgaben in dynamischen Umgebungen stattet ABB Robotics seine AMR-Modelle mit der KI-gestützten Visual-SLAM-Technologie (Visual Simultaneous Localization and Mapping) aus. Der AMR erstellt eine Karte seiner Umgebung und bestimmt darin fortlaufend die eigene Position mit einer Genauigkeit von bis zu +/- 5 Millimetern – abhängig von den realen Umgebungsbedingungen und dem AMR-Modell. Kameras mit 3D-Erfassung liefern die Daten, künstliche Intelligenz unterscheidet dauerhafte Referenzen wie Boden, Wände oder Decke von beweglichen Objekten. Auf dieser Grundlage aktualisiert der AMR seine Karte und navigiert selbstständig durch das dynamische Umfeld. Anstatt die bestehende Halleninfrastruktur aufwendig mit optischen Markern oder Bodenreflektoren auszustatten, erfasst der AMR mit Visual SLAM seine Arbeitsumgebung einfach selbst. Das eliminiert nicht nur störende bauliche Eingriffe im Lager, sondern ermöglicht auch eine bis zu 20 Prozent schnellere Inbetriebnahme im laufenden Betrieb.

Drei Fahrzeugtypen auf einer Plattform

Eine einheitliche Navigation vereinfacht vor allem den Ausbau über den ersten Anwendungsfall hinaus. ABB Robotics bietet ein durchgängiges, interoperables Ökosystem für alle wichtigen AMR-Typen auf Basis der KI-gestützten Visual-SLAM-Navigationstechnologie. Durch die Kombination autonomer Gabelstapler-, Schlepp- und Transportroboter auf einer gemeinsamen Plattform automatisieren Unternehmen ein breites Spektrum an Materialfluss- und Intralogistikprozessen in direkter Nähe zu Menschen und anderen Maschinen.

Zuletzt hat ABB Robotics das Portfolio um den Gabelstapler-AMR Flexley Stack F712 erweitert, der unterschiedlichste Ladungsarten und -größen transportiert, darunter offene und geschlossene Paletten, Container oder Gestelle. Mit einer Traglast von bis zu 2.000 Kilogramm erreicht er eine Hubhöhe von bis zu 8,5 Metern. Da Paletten im Lageralltag nicht immer exakt ausgerichtet stehen und Stellplätze wenig Toleranz bieten, ist der F712 für die präzise Lastaufnahme und -abgabe unter diesen Bedingungen ausgelegt. Über den offenen, herstellerunabhängigen Kommunikationsstandard VDA 5050 lässt sich der F712 nahtlos mit bestehenden Systemen innerhalb eines gemeinsamen Projekts verbinden.

Die Flotte wird in der Software organisiert

Selbstständig navigierende Fahrzeuge ergeben noch keinen stabilen Materialfluss. Die nahtlose Kommunikation zwischen der Roboterflotte und dem Lagerverwaltungs- oder ERP-System ermöglicht eine transparente Materialflusssteuerung. Hierzu bringt die Software AMR Studio die nötige Beweglichkeit ins Spiel. Über eine intuitive Bedienoberfläche lassen sich Fahrbereiche, Sperrzonen und Verkehrsregeln anlegen. Der AMR Studio Fleet Manager ist ein intelligentes und effizientes servicebasiertes Flottenmanagementsystem. Anwender behalten damit die volle Kontrolle über ihre AMR-Flotte, indem sie die Position, den Batteriestand oder den Missionsfortschritt in Echtzeit verfolgen. Layouts, Aufgaben und Flottenregeln lassen sich über eine grafische Oberfläche ohne klassische Code-Programmierung ändern. Dadurch können die AMR von ABB Robotics gemeinsam in einer Umgebung als ideale Grundlage für skalierbare Automatisierungslösungen aus einer Hand arbeiten.

Klein beginnen, gezielt erweitern

Der Einstieg muss nicht mit einer kompletten Flotte beginnen. Ein einzelner AMR kann zunächst einen abgegrenzten, wiederkehrenden Transport zwischen zwei Prozessschritten übernehmen. Der Pilot zeigt, ob Übergaben stabil funktionieren und welche Daten die übergeordneten Systeme austauschen müssen. Anschließend lassen sich weitere Routen, Fahrzeuge und Robotertypen ergänzen. Verkehrsregeln, Übergabepunkte und Schnittstellen müssen weiterhin sauber definiert werden, der Aufwand verschiebt sich jedoch von fest installierten Leitwegen zu einer softwaregestützten Konfiguration, die sich an veränderte Hallenlayouts anpasst. Diese Beweglichkeit macht den Einstieg in autonome Materialflüsse auch in gewachsenen Produktionsumgebungen praktikabel. **KF**

ALFONSO GONZALEZ ist Global Head of Mobile Robotics bei ABB Robotics.

Automatisierung per Drag and Drop

Materialfluss-Verantwortliche stehen vor steigenden Kosten und zunehmendem Fachkräftemangel. Ein höherer Automatisierungsgrad kann dabei helfen, Betriebe wettbewerbsfähig und zukunftssicher aufzustellen. Gleichzeitig lassen sich Automatisierungsprojekte heute schneller und kostengünstiger umsetzen. Moderne Softwarelösungen mit visueller Benutzeroberfläche machen die Automatisierung zudem einfach: Mit „Linde MATIC" lassen sich Fahrbefehle für automatisierte Flurförderzeuge ganz ohne Programmierkenntnisse einrichten und anpassen. **VON MARCEL SKARABISCH**



Die Änderungen in der Software werden von der Fahrzeugsteuerung 1:1 umgesetzt.

Viele mittelständische Unternehmen stehen der Automatisierung von Materialflussprozessen grundsätzlich positiv gegenüber oder sind bereits auf der Suche nach passenden Lösungen. Ein Grund, warum einige bisher dennoch zögerten, war die Abhängigkeit von externen Robotik-Spezialisten. Ihr Know-how war nicht nur gefragt, wenn es darum ging, die Automatisierungslösung in Betrieb zu nehmen, sondern auch, wenn Anpassungen der Software im laufenden Betrieb nötig wurden. Das führte zu Wartezeiten auf die begehrten Fachleute und war mit mehr oder weniger hohen Kosten verbunden. Damit Automatisierungsprojekte einfacher werden, hat Linde Material Handling eine neue Do-it-Yourself-Software, Linde Matic:move, entwickelt. Sie lässt sich über Schnittstellen in die betriebliche IT-Infrastruktur integrieren und kann von den Anwendern ohne Programmierkenntnisse bedient werden. Lagerlayouts sowie Fahrrouten von fahrerlosen Transportsystemen (FTS) und autonomen mobilen Robotern (AMR) lassen sich mit wenigen Mausklicks anlegen. Änderungen wie umgestelltes Material oder Maschinen sowie geänderte Fahrwege können über eine grafische Bedienoberfläche schnell und unkompliziert angepasst werden. Dadurch verkürzt sich einerseits die Inbetriebnahme von Automatisierungsprojekten von mehreren Wochen auf wenige Tage und andererseits lassen sich Änderungen vom Kundenbetrieb selbständig durchführen. Ein weiterer Vorteil ist der einfache Abrechnungsmodus. Statt monatlicher Lizenz gibt es eine einmalige Gebühr für die Software.

LAGERLAYOUTS SOWIE FAHRROUTEN VON FAHRERLOSEN TRANSPORTSYSTEMEN UND AUTONOMEN MOBILEN ROBOTERN LASSEN SICH MIT WENIGEN MAUSKLICKS ANLEGEN.

In drei Schritten zur Automatisierung

Die Automatisierung mit Linde Matic:move erfolgt in drei Schritten. Zunächst wird im Mapping das Hallen-Layout mit Fahrwegen, Quellen und Senken, Ladestationen und anderen relevanten Punkten über eine grafische Bedienoberfläche angelegt. Anschließend erfolgen Konfiguration und Setup der Fahrzeuge und Sicherheitsfelder sowie der Input-/Output-Boxen, beispielsweise zur Torsteuerung, und die Anbindung zum Lagerverwaltungssystem. Über die Standardschnittstelle VDA 5050 können auch herstellerunabhängige Leitsteuerungen integriert werden. Es folgt die Anlage der Fahrtrouten für die einzelnen FTS oder AGV und die Erstellung der Fahraufträge. Dann ist die Flotte der automatisierten Fahrzeuge startklar.

Änderungen schnell und einfach inhouse realisieren

Änderungen in den Materialflussprozessen kommen häufig vor. Dass sie nun kurzfristig im System umgesetzt werden können, ist ein wesentlicher Vorteil der Software Linde Matic:move. Dank intuitiver Bedienung mittels grafischer Benutzeroberfläche und Drop-down-Menüs sowie visueller Workflow-Gestaltung können Mitarbeitende des Kundenunternehmens, die eine entsprechende Schulung mit Online- und Präsenzeinheiten durchlaufen haben, die Anpassungen in der Software selbst erledigen.

Folgendes Beispiel zeigt die Vorgehensweise: Ein automatisierter Hochhubwa-



Live-Vorführung mit Marcel Skarabisch und einer Kollegin auf dem Linde Automation Summit.

gen Linde L-Matic transportiert palettierte Ware zwischen vorgegebenen Quellen bzw. Senken hin- und her. Ist nun eine der ursprünglichen Quellen bzw. Senken durch einen geänderten Betriebsablauf blockiert, können die notwendigen Änderungen mit wenigen Mausklicks vorgenommen werden, indem die Position der Quelle bzw. Senke verschoben und die Fahrtroute an die neue Situation angepasst wird.

Automatisierung ab dem ersten Fahrzeug

Die Software Linde Matic:move eignet sich besonders für Standard-Automatisierungsprojekte – beispielsweise, wenn Waren immer wieder zwischen zwei Punkten von A nach B transportiert werden. Bei Bedarf kann die Softwarelösung schrittweise um weitere automatisierte Fahrzeuge ergänzt werden – auch große Flotten lassen sich abbilden. Linde Matic:move macht Abläufe und Prozesse transparent und bildet die Basis weiterer Optimierungen. Dazu werden die im Einsatz gesammelten Daten der automatisierten Fahrzeuge ausgewertet und genutzt, um beispielsweise Fahrtrouten zu ändern oder Aufträge zu bündeln.

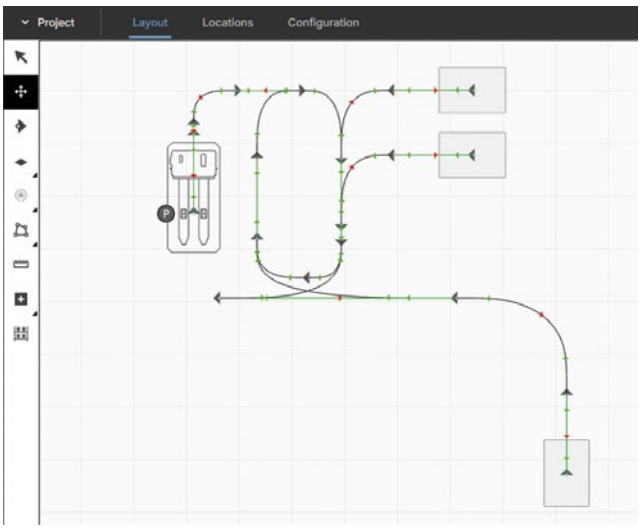
Hohes Sicherheitslevel und High-Performance

Ein Vorzug aller fahrerlosen Transportsysteme ist ihr hoher Sicherheitsstandard. Dafür sorgen Sensoren, Kameras, mehrfach redundante Systeme und intelligente Steuerungen. Gleichzeitig ist das Thema Sicherheit ein wichtiger Punkt beim parallelen Einsatz von automatisierten und manuell bedienten Flurförderzeugen, dem häufigsten Szenario in den Betrieben. Kommt es zu ungeplanten Ereignissen, es befinden sich beispielsweise Personen oder Hindernisse auf dem Fahrweg, greifen entsprechende Sicherheitsfunktionen und das Fahrzeug bleibt stehen. Nach der Auflösung des Ereignisses veranlasst die Steuerung, dass der Fahrbetrieb zügig wieder aufgenommen wird, um einen hohen Warendurchsatz sicherzustellen. Aufgrund der großen Bedeutung des Themas Sicherheit bietet Linde Material Handling weitere optionale Lösungen für die Linde Matic-Modelle an. Dazu gehören spezielle Lichtlösungen, wie die „Red Warning Lights", die im Bereich des notwendigen Sicherheitsfeldes um das Fahrzeugs auf der rechten und linken Seite sowie vor dem Fahrzeug leuchtende rote Linien projizieren und Fußgänger sowie Staplerfahrer warnen.

Software, Hardware und Beratung bilden perfekte Lösung

Zur Software Linde Matic:move gehört ein umfangreiches Fahrzeugangebot mit Hoch- und Niederhubwagen, Schubmast- und Schmalgangstaplern. Ergänzt wird das Automatisierungs-Portfolio um Shuttlelösungen und Stationäre Automatisierung. Einen entscheidenden Beitrag zum erfolgreichen Projektabschluss leistet nicht zuletzt die vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Anbieter und Kunde. Dabei legen standardisierte Prozesse, klare Zielwerte und dynamische Simulationen die Basis für einen schnellen Return-on-Invest. Ein schneller, zuverlässiger Service sorgt last but not least für eine hohe Verfügbarkeit im laufenden Betrieb. **KF**

MARCEL SKARABISCH ist Consultant Automation & Intralogistics bei Linde MH.



Layout, Fahrwege und Aufgaben können in der Anwendung Linde Matic:move per Mausklick anlegt und geändert werden.
Bilder: Linde MH



Mit dem MiR1200 Pallet Jack automatisierte Fermator Teile des Palettentransports.

Wie Automatisierung Unfallrisiken im Lager reduziert

Manuell gesteuerte Gabelstapler sichern den Warenfluss, bergen jedoch auch Risiken am Arbeitsplatz. Angesichts anhaltender Unfälle setzen Unternehmen daher zunehmend auf Automatisierung, um diese Risiken zu reduzieren. Wie das in der Praxis aussehen kann, zeigt der Aufzugtürenhersteller Fermator, der Teile seines Palettentransports automatisiert hat. **VON ROBERTA NELSON SHEA**

Europas Lager- und Produktionsstätten stehen unter zunehmendem Druck, schneller und effizienter zu arbeiten. Doch die manuell gesteuerten Gabelstapler, die den Warenfluss aufrechterhalten, bergen erhebliche Sicherheitsrisiken. Im Jahr 2023 berichtete Eurostat, dass der Kontrollverlust über Transport- und Umschlaggeräte die häufigste Einzelursache für tödliche Arbeitsunfälle in der Europäischen Union war. Fast jeder fünfte Todesfall ereignete sich, während ein Arbeitnehmer ein Lastumschlaggerät, vorwiegend einen Gabelstapler, bediente. Nationale Daten unterstreichen die Relevanz des Themas: Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) meldet jährlich über 15.000 Arbeitsunfälle im Zusammenhang mit Gabelstaplern.

Manuell gesteuerte Gabelstapler als Sicherheitsrisiko

Manuell gesteuerte Gabelstapler stellen in dynamischen Lagerumgebungen ein grundsätzliches Sicherheitsrisiko dar, da schwere Maschinen, Fußgänger und andere Fahrzeuge auf engem Raum zusammentreffen und Faktoren wie hoher Zeitdruck, unzureichende Abstände oder Regelverstöße das Kollisionsrisiko erhöhen. Hinzu kommen strukturelle Herausforderungen wie eingeschränkte Sichtverhältnisse und tote Winkel, insbesondere beim Transport sperriger Lasten, sowie das hohe Gewicht und die begrenzte Manövrierfähigkeit der Fahrzeuge. Gleichzeitig gilt menschliches Versagen als einer der wichtigsten Unfallfaktoren: Überhöhte Geschwindigkeit, zu enge Kurven, Müdigkeit oder kurze Momente der Unaufmerksamkeit können selbst bei erfahrenen Fahrern schwerwiegende Folgen haben.

Sicherheit durch automatisierte Materialflüsse

Autonome mobile Roboter (AMRs) und fahrerlose Transportsysteme (AGVs) können Sicherheitsrisiken in der Intralogistik systematisch reduzieren, indem sie repetitive und potenziell gefährliche Transportaufgaben übernehmen. Anders als menschliche Fahrer werden sie weder müde noch abgelenkt und können mithilfe von Sensoren und KI-gestützter Navigation Personen und Hindernisse erkennen, ihre Geschwindigkeit anpassen oder rechtzeitig stoppen. Der Sicherheitsgewinn liegt damit vor allem darin, risikoreiche Begegnungen zwischen Menschen und Fahrzeugen zu reduzieren und Kollisionen möglichst von vornherein zu verhindern.

Dass Automatisierung zunehmend über reine Produktivitätsgewinne hinausgeht, zeigt auch die wachsende Verbreitung mobiler Robotik: Laut IFR entfielen 2024 mehr als 50 Prozent der Installationen professioneller Serviceroboter auf Transport und Logistik; mit 102.900 verkauften Einheiten stieg der Absatz gegenüber dem Vorjahr um 14 Prozent.

Auch die Auswirkungen auf die Arbeitssicherheit werden messbarer. Eine lände-

rübergreifende IFR-Studie verbindet den Robotereinsatz mit einer geschätzten Senkung der Todesfallrate am Arbeitsplatz um 4,3 Prozent und der Verletzungsrate um 3,2 Prozent. Gerade in der Intralogistik können Unternehmen durch die Automatisierung von Aufgaben wie dem Palettentransport oder der Linienversorgung risikoreiche Begegnungen zwischen Menschen und schweren Maschinen reduzieren.

Praxisbeispiel Fermator: Automatisierter Palettentransport im Werk Falset

Wie sich dieser Ansatz in der Praxis umsetzen lässt, zeigt Fermator, ein spanischer Hersteller automatischer Aufzugtüren. Am Fermator-Werk in Falset wurden Paletten zwischen den verschiedenen Produktionsbereichen bislang mit Gabelstaplern und anderen manuell gesteuerten Fahrzeugen transportiert. Obwohl die Anlage über ein geordnetes Layout verfügte, waren mit dem manuellen Transport Sicherheitsrisiken und schwankende Transportzeiten verbunden. Fermator suchte daher nach einer intelligenteren, sichereren und besser vorhersehbaren Lösung für den Materialfluss vom Wareneingang bis zur Verpackung.

Mit dem MiR1200 Pallet Jack automatisierte Fermator Teile des Palettentransports. Dabei geht es nicht allein darum, den Transport fahrerlos durchzuführen: Der autonome mobile Roboter nutzt KI-basierte Navigation und Sensorik, um seine Umgebung kontinuierlich zu erfassen, Hindernisse zu erkennen und seine Route entsprechend anzupassen. Drei Laserscanner überwachen den Bereich um den Roboter, während dessen Geschwindigkeit dynamisch an die Umgebung angepasst wird. Dadurch kann das System Paletten autonom in einer Arbeitsumgebung transportieren, in der sich auch Mitarbeitende bewegen.

Mit der Automatisierung wurden die Transportbewegungen bei Fermator gleichmäßiger und vorhersehbarer; zugleich berichtet das Unternehmen von Verbesserungen hinsichtlich seiner Sicherheitsziele. Mitarbeitende, die zuvor viel Zeit mit diesen Transportaufgaben verbrachten, können sich nun stärker auf wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren. Für Fermator ist der Einsatz in Falset deshalb ein Ausgangspunkt, um die Lösung perspektivisch auch auf weitere Werke zu übertragen.

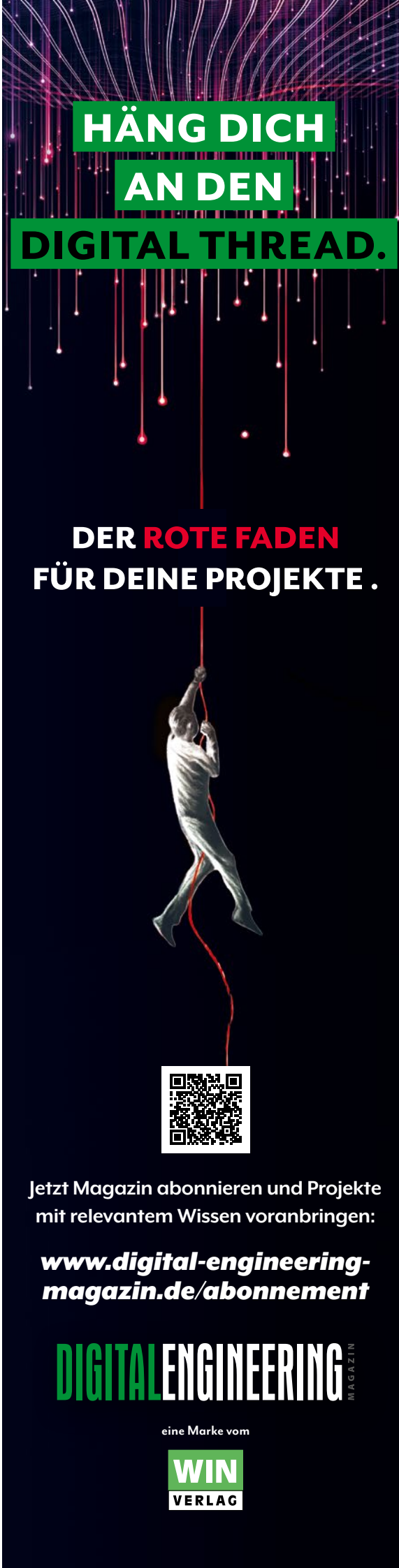
IN DER INTRALOGISTIK KÖNNEN UNTERNEHMEN DURCH DIE AUTOMATISIERUNG VON AUFGABEN WIE DEM PALETTENTRANSPORT RISIKOREICHE BEGEGNUNGEN ZWISCHEN MENSCHEN UND MASCHINE REDUZIEREN.

Dieses Beispiel zeigt, dass sich Sicherheitsrisiken in der Intralogistik nicht allein durch Schulungen des Personals reduzieren lassen. Die Einhaltung von Vorschriften bleibt unerlässlich. Ergänzend kann die Automatisierung dazu beitragen, strukturelle Risiken im Materialfluss zu reduzieren und gleichzeitig Transportprozesse planbarer zu gestalten. **KF**

ROBERTA NELSON SHEA
ist Global Technical Compliance Manager bei Mobile Industrial Robots (MiR).



Anders als menschliche Fahrer werden AMR weder müde noch abgelenkt. Bilder: MiR





Die Palettentransporte zwischen den Lagerbereichen werden autonom von acht Open Shuttle Fork übernommen.

Intelligente Palettenlogistik für künftiges Wachstum

Brødrene Dahl setzt im Zentrallager in Langhus bei Oslo auf digitale Technologien von Knapp. Acht autonome mobile Roboter (Open Shuttle Fork) übernehmen den Palettentransport, während eine Flottenkontroll-Software (Kisoft FCS) sämtliche Transportaufträge intelligent steuert und koordiniert. So entstehen flexible, transparente und skalierbare Materialflüsse für zukünftiges Wachstum.

VON STEFANIE TERLER

Seit mehr als 100 Jahren beliefert Brødrene Dahl den norwegischen Markt mit Rohren, Ventilen, Kupplungen und weiteren Produkten für Neubau- und Renovierungsprojekte. Im Zentrallager in Langhus bei Oslo werden täglich bis zu 20.000 Bestellpositionen bearbeitet. Gleichzeitig wächst das Sortiment stetig, der Onlinehandel nimmt zu und die Anforderungen an Geschwindigkeit und Lieferqualität steigen. Um diesen Entwicklungen langfristig gerecht zu werden, entschied sich Brødrene Dahl für eine zukunftsfähige Automatisierungslösung von Knapp. Ziel war es, Materialflüsse effizienter zu gestalten, interne Transporte zu reduzieren und die Prozesse flexibel skalierbar aufzustellen.

Open Shuttle Fork als Rückgrat der Palettenlogistik

Eine zentrale Rolle innerhalb der Gesamtlösung übernehmen die autonomen mobilen Roboter Open Shuttle Fork. Insgesamt acht AMR sorgen für den automatisierten Palettentransport und vernetzen die unterschiedlichen Lagerbereiche miteinander. Die Fahrzeuge transportieren Paletten vom Wareneingang zur Einlagerung ins Palettenhochregallager, versorgen den Decanting-Bereich mit Ware und bringen versandfertige Paletten zur Versandfördertechnik. Darüber hinaus übernehmen sie die Bereitstellung von Leerpaletten sowie den innerbetrieblichen Transport voller Paletten. Mehrere tausend Paletten werden so pro Woche automatisiert bewegt. Künftig soll auch die Entsorgungslogistik in die automatisierten Transporte eingebunden werden.

Die autonomen mobilen Roboter navigieren selbstständig durch das Lager und reagieren in Echtzeit auf Hindernisse. Dabei kommt keine zusätzliche Infrastruktur wie Bodenlinien, Marker oder optische Leitsysteme zum Einsatz. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität bei Layoutanpassungen und Prozessänderungen.

Skalierbar im laufenden Betrieb

Ein wesentlicher Vorteil der Transportlösung zeigte sich bereits während des Ausbaus der Flotte. Die Anzahl der Fahrzeuge wurde während des laufenden Betriebs schrittweise von drei auf acht Open Shuttle

Fork erhöht. Zusätzliche Transportkapazität konnte dadurch ohne Anlagenstillstände oder umfangreiche Infrastrukturmaßnahmen bereitgestellt werden. Ergänzend wurde ein Open Shuttle für den Behältertransport in Betrieb genommen, um insbesondere den Versand schnell drehender Artikel weiter zu optimieren. Das Fahrzeug übernimmt Behälter direkt von den Flowracks an den Arbeitsplätzen und übergibt sie an die Fördertechnik zum Versand. Vorteile der Open Shuttle Fork im Überblick:

- Hohe Flexibilität: bei Prozessänderungen, Layoutanpassungen oder neuen Anforderungen
- Keine zusätzliche Infrastruktur nötig: Navigation ohne Bodenlinien, Marker oder optische Leitsysteme
- Skalierbarkeit: Kapazität lässt sich einfach durch weitere Fahrzeuge erhöhen
- Nahtlose Materialflüsse, reduzierte interne Wege und bessere Raumnutzung
- Intelligente Navigation & Sicherheit: 3D-Kameras und Safety-Scanner erkennen Hindernisse und reagieren in Echtzeit

Digitale Schaltzentrale der AMR-Flotte

Eine wichtige Rolle im Automatisierungssystem von Brødrene Dahl übernimmt die Flottenkontroll-Software Kisoft FCS. Die Lösung ist in Kisoft One, die zentrale Logistiksoftware-Suite von Knapp, integriert und sorgt so für eine durchgängige Vernetzung von Transport-, Lager- und Materialflussprozessen. Kisoft FCS steuert und koordiniert sämtliche Transportaufträge der Fahrzeugflotte und stellt sicher, dass die verfügbaren Ressourcen optimal genutzt werden. Transportaufträge werden automatisch priorisiert, den passenden Fahrzeugen zugewiesen und effizient ausgeführt. Mitarbeitende können Transportaufträge zudem selbstständig über eine grafische Benutzeroberfläche auslösen, was die Flexibilität im täglichen Betrieb zusätzlich erhöht.

Für Brødrene Dahl schafft dies maximale Transparenz über alle innerbetrieblichen Transporte und eine deutlich höhere Prozesseffizienz. Intelligente Routenplanung, flexible Anpassungen von Fahrwegen und Stationen sowie die einfache Integration in bestehende IT-Landschaften ermöglichen es, Materialflüsse schnell an neue Anforderungen anzupassen.

Nahtlos integriert in die Gesamtlösung

Die Open Shuttle Fork sind Teil einer umfassenden Automatisierungslösung von Knapp. Dazu zählt mit dem Evo Shuttle System ein hochdynamisches, skalierbares Kleinteilelager, das in Langhus mit 66 Shuttles betrieben wird. Drei Ware-zur-Person-Arbeitsstationen der Pick-it-Easy-Serie sorgen für eine ergonomische und fehlerarme Kommissionierung. Ergänzt werden sie durch den Pick-it-Easy Robot, der komplexe Greifvorgänge autonom ausführt und die Prozesssicherheit weiter steigert. Während das Evo Shuttle die hochdynamische Lagerung und Bereitstellung von Kleinteilen übernimmt, sorgen die Open Shuttle Fork für die übergeordneten Palettentransporte zwischen den einzelnen Prozessbereichen. So entstehen durchgängige, optimal abgestimmte Materialflüsse, vom Wareneingang über die Einlagerung und Kommissionierung bis hin zum Versand.

DIE ANZAHL DER FAHRZEUGE WURDE WÄHREND DES LAUFENDEN BETRIEBS SCHRITTWEISE VON DREI AUF ACHT OPEN SHUTTLE FORK ERHÖHT.

Zukunftsfähige Lösung für wachsende Anforderungen

Das Projekt bei Brødrene Dahl zeigt, wie sich Digitalisierung, Automatisierung und intelligente Software zu einem leistungsfähigen Gesamtsystem verbinden lassen. Die Kombination aus AMR, Shuttle-Technologie, Robotik und Kisoft FCS schafft die Grundlage, um steigende Auftragsvolumina, wachsende Sortimente und höhere Anforderungen an die Liefergeschwindigkeit langfristig zu bewältigen. Gleichzeitig profitieren die Prozesse von höherer Transparenz, mehr Flexibilität und einer einfachen Skalierbarkeit der Transportkapazitäten. So kann Brødrene Dahl auch zukünftiges Wachstum bewältigen, ohne zusätzliche Lagerfläche schaffen zu müssen. **KF**

STEFANIE TERLER arbeitet im Marketing bei Knapp Industry Solutions.



Anpassungen an Routen und Prozesse der Open Shuttle Fork können eigenständig von Brødrene Dahl umgesetzt werden.
Bilder: © KNAPP I Niederwieser



Die Transportaufträge der AMR werden über Kisoft Fleet Control System (Kisoft FCS) koordiniert.

Digitaler Zwilling – eine Voraussetzung für KI?

In vielen KI-Projekten im Maschinenbau sind weder Rechenleistung noch Qualität des Sprachmodells die entscheidenden Engpässe, sondern verlässlicher und maschinenlesbarer Kontext. Die Verwaltungsschale bietet dafür einen geeigneten Rahmen, wo sich Pflichtdokumentation und die für KI-Anwendungen erforderlichen Informationen bündeln lassen. **VON UDO SCHNEIDER**



Roboter in der automatisierten industriellen Produktion.
Bilder: TrendAI

Der digitale Zwilling ist ein virtuelles Abbild mit eigenem Verhalten, mit dem sich Dinge simulieren und verifizieren lassen. Der Begriff wird am Markt sehr großzügig verwendet – von der Dashboard-Ansicht bis hin zur vollintegrierten Simulationsumgebung. Das Argument, es gebe „keine Norm", ist allerdings falsch, denn seit 2023 normiert ISO/IEC 30173 Begriffe und Konzepte.

Demgegenüber ist die Verwaltungsschale eine genormte Struktur. Wie beide Konzepte zusammengehören, bringt die Industrial Digital Twin Association (IDTA), die die zugehörigen Spezifikationen pflegt, auf den Punkt: Die Verwaltungsschale sei „The open standard for the Industrial Digital Twin".

Vielleicht hilft hier ein Vergleich aus der Software-Welt: Die Verwaltungsschale verhält sich zum digitalen Zwilling wie ein Datenmodell zu einer Anwendung, die damit arbeitet. Sie legt fest, wie Informationen beschrieben und bereitgestellt werden. Was man damit anstellt, ist eine ganz andere Frage. Das Ganze wird als AASX-Datei ausgeliefert.

DIE VERWALTUNGSSCHALE VERHÄLT SICH ZUM DIGITALEN ZWILLING WIE EIN DATENMODELL ZU EINER ANWENDUNG, DIE DAMIT ARBEITET.

Der in der Norm selbst angegebene Zweck ist bemerkenswert. In den Zielen des Konzepts heißt es, dass die Verwaltungsschale „als Grundlage für autonome Systeme und künstliche Intelligenz dienen soll". Sie wurde also nicht erst später zur KI-Infrastruktur erklärt, sondern war von Anfang an dafür konzipiert.

Verwaltungsschale versus Software-Lieferkette

Was gehört in die Verwaltungsschale? Alles, was das Asset beschreibt. Dazu zählen Dokumentation, technische Daten, Identität und idealerweise auch die Stückliste (SBOM). Als offenes Paketformat kann eine AASX-Datei eine Software-Stückliste problemlos als Begleitdatei enthalten. Das ist konsistent, denn eine Stückliste beschreibt den Auslieferungsstand und gehört somit zum Produkt.

Die naheliegende Fortsetzung wäre, die Betroffenheitsaussage direkt miteinzubeziehen, also die Information, ob eine später entdeckte Schwachstelle dieses Produkt betrifft. Doch genau das wäre ein Fehler.

Während die Stückliste den Zustand zum Zeitpunkt der Auslieferung dokumentiert, entsteht die Betroffenheitsaussage erst später. Sie ändert sich im Lauf der Zeit und wird kontinuierlich vom Hersteller aktualisiert. Wenn man sie in ein ausgeliefertes Paket integriert, erhält man eine Momentaufnahme, die im schlimmsten Fall veraltet ist, wenn sie benötigt wird. Insbesondere bei Anlagen, die seit zehn Jahren oder länger im Einsatz sind, lässt sich ein Paket nicht rückwirkend austauschen.

Andererseits liefert die Verwaltungsschale genau die gleichen Informationen. Das „Digital Nameplate" enthält Angaben zu Hersteller, Typ und Seriennummer, um Kunden die Identifikation eines Assets zu erleichtern. Beide Seiten kommunizieren also bereits über dieselben Merkmale. Das bietet Potenzial: Der Betreiber könnte maschinenlesbar angeben, welche Geräte in Betrieb sind und der Hersteller könnte maschinenlesbar veröffentlichen, welche Geräte betroffen sind. Ein Abgleich wäre dann eher ein Nachschlagen als eine Recherche.

Spezielles Zugriffsmodell von der IDTA

Trotzdem muss die beschriebene Arbeitsteilung kein Traum bleiben. Die IDTA entwickelt derzeit ein Submodell für Software-Stücklisten sowie ein separates Modell für das Schwachstellenmanagement. Letzteres nutzt ausdrücklich CSAF für die Advisories, anstatt eine eigene Struktur zu erstellen. Beide Modelle sind noch nicht veröffentlicht. Darüber hinaus arbeitet die IDTA an einem Datenmodell für das OT-Asset-Inventar auf Betreiberseite, also für das Verzeichnis, gegen das ein Advisory geprüft wird. Um all diese Daten sicher zu liefern, ohne die eigene Zulieferstruktur offenzulegen, hat die IDTA ein Zugriffsmodell entwickelt, das bis auf einzelne Eigenschaften fein differenziert ist.

Wer schreibt, der bleibt

Der Cyber Resilience Act (CRA), die Maschinenverordnung, der Produktpass und die branchenspezifischen Nachweise erfassen teilweise überlappende Informationen. Seit September 2026 sind Hersteller verpflichtet, bekannte Schwachstellen innerhalb von 24 Stunden aktiv zu melden. In etwa einem Jahr wird außerdem eine maschinenlesbare Stückliste eingeführt. Solange diese Daten aus verschiedenen Quellen stammen, muss ihre Zusammenführung vor jedem Nachweis manuell erfolgen.

Das automatisierte Vorgehen hat sich beim digitalen Produktpass bewährt, der als Submodell der Verwaltungsschale umgesetzt wird. Wer alle Daten zentral vorliegen hat, kann Konformitätsfragen zuverlässig und mit Quellenangaben innerhalb der Schale beantworten, statt nur aus dem Gedächtnis.

WER ALLE DATEN ZENTRAL VORLIEGEN HAT, KANN KONFORMITÄTSFRAGEN ZUVERLÄSSIG UND MIT QUELLENANGABEN INNERHALB DER VERWALTUNGSSCHALE BEANTWORTEN.

Aufwand versus Nutzen

Für einen Mittelständler, der eine Roboterzelle aufbaut, klingt all das nach einem erheblichen Aufwand, bevor überhaupt die erste Zeile Code entsteht. Dieser Einwand ist berechtigt und verdient eine ehrliche Antwort in drei Schritten:

- Erstens entsteht die Dokumentation ohnehin. Die Nachweispflichten aus dem Cyber Resilience Act, der Maschinenverordnung und der Produktregulierung lassen sich nicht wegverhandeln. Die Wahl besteht also nicht zwischen „dokumentieren" und „nicht dokumentieren", sondern zwischen einem Ordner voller PDFs und einer maschinenlesbaren Struktur.
- Zweitens sinkt der Zusatzaufwand für die maschinenlesbare Variante, da KI-gestützte Extraktion aus vorhandenen Unterlagen inzwischen brauchbare Trefferquoten liefert. Zudem fällt er einmalig je Baugruppentyp an und nicht bei jedem Projekt aufs Neue.
- Drittens ist der Ertrag doppelt: Aus demselben Artefakt entstehen sowohl der Konformitätsnachweis als auch der Kontext, den die KI-gestützte Entwicklung benötigt.

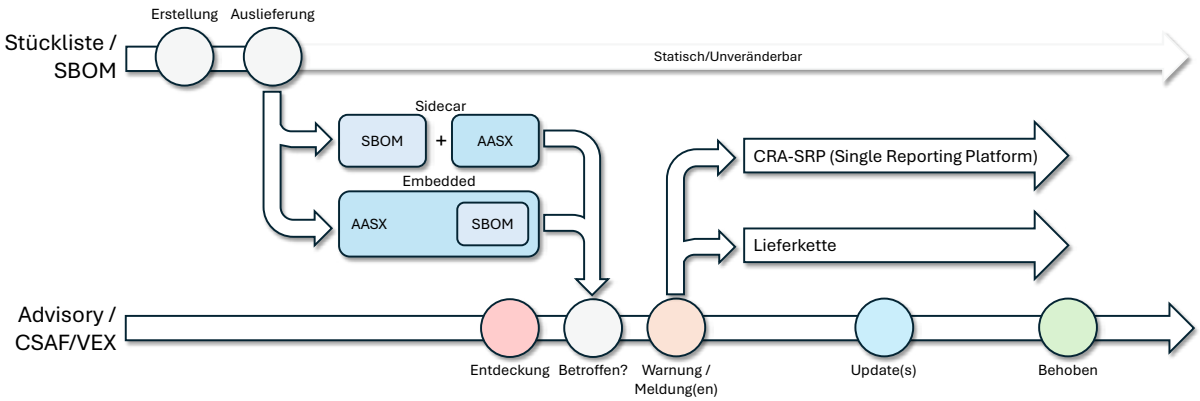
Verwaltungsschale als perfekter Ort

Letztendlich dreht sich die Eingangsfrage um: nicht „Braucht man einen digitalen Zwilling, um KI einzusetzen?", sondern „Kann man es sich leisten, den Kontext, den man ohnehin erzeugen muss, in einem Format abzulegen, das nur Menschen lesen können?"

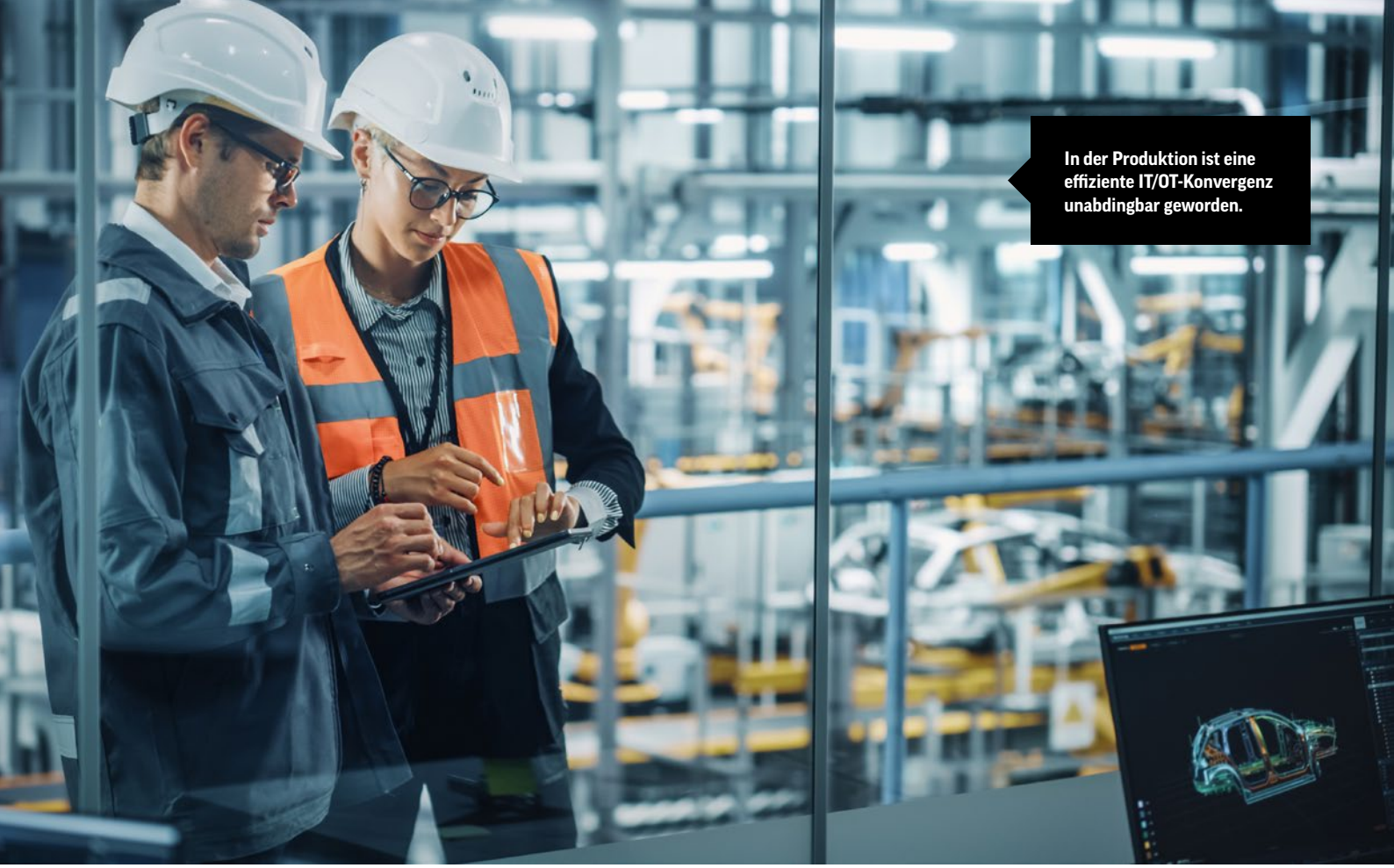
In vielen Fällen ist die knappe Ressource in KI-Projekten im Maschinenbau weder Rechenleistung noch die Qualität des LLM, sondern verlässlicher, maschinenlesbarer Kontext. Die Verwaltungsschale ist damit der perfekte Ort, an dem Pflichtdokumentation und KI-Kontext zusammenlaufen.

Dabei kann der Einstieg überschaubar sein: Wieso nicht bei der nächsten Baugruppe mit den Submodellen beginnen, die ohnehin zur Pflicht werden: Typenschild, Handover-Dokumentation und Stückliste. Am besten liefert man die Schale gleich mit aus. Wer zusätzlich die Schnittstellenbeschreibung pflegt, hat den Teil erledigt, von dem die KI-gestützte Entwicklung am meisten profitiert. **RT**

UDO SCHNEIDER ist Governance, Risk & Compliance Lead Europe bei TrendAI.



Von der Stückliste (SBOM) bis zur Behebung von Schwachstellen.



In der Produktion ist eine effiziente IT/OT-Konvergenz unabdingbar geworden.

Warum klassische Sicherheitskonzepte in der Produktion nicht ausreichen

Die Vernetzung von Information Technology (IT) und Operational Technology (OT) treibt die digitale Produktion voran. Sie schafft Effizienz und Flexibilität, verbindet aber Systeme mit unterschiedlichen Lebenszyklen und Sicherheitsanforderungen. Moderne Fabriken müssen ihre Sicherheitsarchitektur daher neu ausrichten. **VON MIRCO KLOSS**

Traditionell wurden Produktionsanlagen weitgehend von der Unternehmens-IT getrennt. Maschinen arbeiteten in abgeschotteten Netzen, Veränderungen waren selten und externe Verbindungen begrenzt. Dieses Modell gehört zunehmend der Vergangenheit an.

Heute werden Produktionsdaten in Echtzeit ausgewertet, Wartungen aus der Ferne unterstützt und Betriebsinformationen an MES-, ERP- oder Cloud-Systeme übertragen. Industrielle IoT-Geräte, autonome Transportsysteme und KI-Anwendungen kommen hinzu. Diese Konvergenz eröffnet neue Möglichkeiten, hebt jedoch frühere Sicherheitsgrenzen auf.

Angreifer müssen eine Maschine dabei nicht direkt kompromittieren. Häufig führt der Weg über klassische IT-Systeme, gestohlene Zugangsdaten, externe Dienstleister oder unzureichend gesicherte Fernwartungsverbindungen. Nach dem ersten Zugriff versuchen sie, sich über verbundene Systeme und privilegierte Konten bis in produktionsnahe Bereiche vorzuarbeiten.

IT-Sicherheit lässt sich nicht unverändert auf die OT übertragen

Viele etablierte Schutzmaßnahmen aus der IT sind auch in industriellen Umgebungen wichtig, müssen aber an deren betriebliche Anforderungen angepasst werden. In der OT haben Verfügbarkeit, Prozessstabilität und funktionale Sicherheit Vorrang. Selbst eine technisch sinnvolle Maßnahme kann problematisch sein, wenn sie Steuerungskommunikation verzögert oder einen ungeplanten Anlagenstillstand auslöst.

Hinzu kommen lange Lebenszyklen. Maschinen und Steuerungen bleiben oft über viele Jahre im Einsatz, verwenden proprietäre Protokolle oder ältere Betriebssysteme und lassen sich nicht mit herkömmlichen Sicherheitsagenten ausstatten. Updates sind, wenn vorhanden, nur während seltener Wartungsfenster möglich. Schutzkonzepte müssen daher auch für Systeme funktionieren, die sich nicht kurzfristig modernisieren oder patchen lassen.

IT- UND OT-VERANTWORTLICHE MÜSSEN RISIKEN, SYSTEME UND SCHUTZBEDARFE GEMEINSAM BEWERTEN.

Gefragt ist daher eine gemeinsame Strategie, die technische und organisatorische Besonderheiten beider Welten berücksichtigt. IT- und OT-Verantwortliche müssen Risiken, Systeme und Schutzbedarfe gemeinsam bewerten.

Transparenz bildet das Fundament

Am Anfang steht die Frage, welche Geräte im Produktionsnetz aktiv sind. Neben Steuerungen und Maschinen zählen dazu industrielle Rechner, Sensoren, Kameras, Engineering-Workstations, Bedienoberflächen und Fernwartungssysteme. Eine aktuelle Bestandsaufnahme zeigt, welche Systeme miteinander kommunizieren, welche industriellen Protokolle sie verwenden und wo Übergänge zu IT-Netzen, Cloud-Diensten oder externen Dienstleistern bestehen.

Diese Sichtbarkeit darf nicht bei einer statischen Liste enden. Unbekannte Geräte müssen geprüft, unnötige Kommunikationswege geschlossen und kritische Komponenten priorisiert werden. Jede neue Maschine oder Verbindung kann das Risikoprofil verändern. Kontinuierliche Überwachung ist daher wichtiger als eine einmalige Inventur.

Segmentierung begrenzt die Ausbreitung

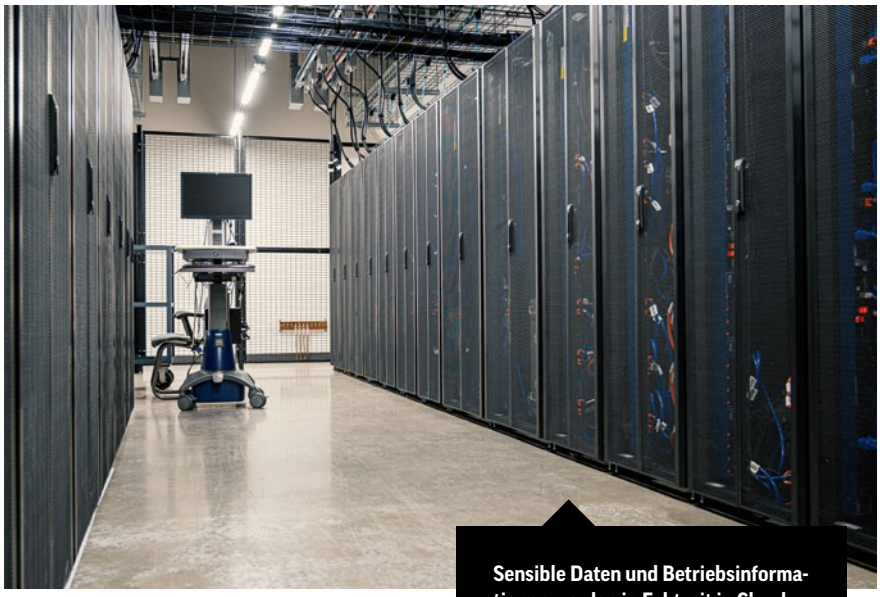
Zu den wichtigsten Schutzmaßnahmen gehört die konsequente Segmentierung. Das Netzwerk wird in Sicherheitszonen unterteilt, die sich an betrieblichen Funktionen und Schutzbedarfen orientieren. Zwischen ihnen ist nur die Kommunikation erlaubt, die für den jeweiligen Produktionsprozess tatsächlich erforderlich ist.

So lässt sich verhindern, dass ein infizierter Bürorechner direkt mit einer Maschinensteuerung kommuniziert. Auch Produktionslinien oder Anlagenbereiche lassen sich voneinander trennen und besonders sensible Systeme zusätzlich mikrosegmentieren. Richtlinien sollten dabei nicht nur technische Adressen, sondern auch Gerätetypen, Anwendungen und industrielle Protokolle berücksichtigen.

Segmentierung ist kein einmaliges Projekt. Ersetzt man Maschinen, verlagert Anwendungen in die Cloud oder bindet neue Dienstleister ein, müssen Regeln überprüft werden. Sonst entstehen erneut unnötige Verbindungen und Angriffswege.

Zero Trust für die vernetzte Fabrik

Das Zero-Trust-Prinzip ergänzt diese Architektur: Kein Benutzer und kein Gerät wird allein aufgrund seines Standorts im internen Netzwerk automatisch als vertrauenswürdig eingestuft. Jeder Zugriff wird anhand von Identität, Endgerät, Berechtigung und Kontext geprüft und auf das notwendige Maß beschränkt.



Sensible Daten und Betriebsinformationen werden in Echtzeit in Cloud-Systeme übertragen.
Bilder: GettyImages

Ein externer Servicetechniker sollte daher keinen generellen Zugang zum Produktionsnetz erhalten, sondern zeitlich begrenzt auf eine bestimmte Maschine oder Anwendung zugreifen. Die Sitzung wird protokolliert und nach Abschluss der Wartung beendet. Ebenso wichtig sind Maschinenidentitäten: Bei automatisiertem Datenaustausch muss nachvollziehbar bleiben, welches Gerät oder welcher Dienst beteiligt ist.

UNTERNEHMEN SOLLTEN DIE VERNETZUNG NICHT BESCHRÄNKEN, SONDERN SIE GEZIELT UND RISIKOBEWUSST GESTALTEN.

Gemeinsame Abläufe statt getrennter Zuständigkeiten

Die Konvergenz ist nicht allein eine technische Aufgabe. IT und OT arbeiten oft mit unterschiedlichen Prozessen und Prioritäten. Während die IT Vertraulichkeit, Identitäten und schnelle Updates fokussiert, stehen in der Produktion Verfügbarkeit, Prozesssicherheit und planbare Veränderungen im Mittelpunkt.

Ein gemeinsames Governance-Modell muss beide Perspektiven verbinden. Zuständigkeiten für Anlagen, Netzwerke und Anwendungen sollten eindeutig geregelt, Änderungen an kritischen Systemen gemeinsam bewertet und Sicherheitsvorfälle nach abgestimmten Verfahren bearbeitet werden. Übungen unterstützen die Vorbereitung von technischen Maßnahmen, Eskalationswegen und Entscheidungen im Falle eines potenziellen Produktionsstopps.

Ein zentraler Überblick über IT- und OT-Ereignisse macht zusammenhängende Angriffsmuster sichtbar. Ein einzelner Alarm in der Büro-IT kann unkritisch wirken. Tritt zugleich ein ungewöhnlicher Fernzugriff auf ein Produktionssystem auf, ändert sich das Lagebild. Entscheidend sind korrelierte Informationen und klare Reaktionsschritte.

Sicherheit ermöglicht Digitalisierung

Da eine IT-/OT-Konvergenz Voraussetzung für datenbasierte Produktion, flexible Lieferketten und neue Geschäftsmodelle ist, sollten Unternehmen die Vernetzung nicht beschränken, sondern sie gezielt und risikobewusst gestalten.

Ein moderner Ansatz kombiniert Transparenz, risikobasierte Segmentierung, kontrollierte Zugriffe und koordinierte Überwachung. Zusätzlich können virtuelle Patches Risiken bei älteren, nicht kurzfristig aktualisierbaren Systemen reduzieren. So wird Cybersicherheit zur Voraussetzung für resiliente und innovative Produktionsprozesse. **RT**

MIRCO KLOSS ist Business Development Manager Operational Technology DACH bei Fortinet.
Bild: Fortinet



KOLUMNE

Digitaler Zwilling quo vadis – alles nur ein Traum?

Der digitale Zwilling gilt als eine der Schlüsseltechnologien der industriellen Digitalisierung. Betrachtet man die aktuelle industrielle Praxis, stellt sich jedoch die Frage: Ist der digitale Zwilling bereits Realität oder noch immer Zukunftsmusik? Die Antwort lautet: beides. **VON ANDREAS FAATH**

Digitale Zwillinge existieren heute bereits in zahlreichen Unternehmen. Maschinenhersteller, Anlagenbetreiber und Softwareanbieter erfassen und verwalten seit Jahren produkt- und produktionsbezogene Daten in digitalen Modellen. Allerdings wurden diese Lösungen häufig individuell entwickelt und auf die Anforderungen einzelner Unternehmen zugeschnitten beziehungsweise basieren auf proprietären Softwaresystemen einzelner Hersteller.

Das Ergebnis sind zahlreiche digitale Zwillinge, die zwar innerhalb eines Unternehmens funktionieren, deren Nutzen jedoch oft an den Unternehmensgrenzen endet. Hinzu kommt, dass es nicht den einen digitalen Zwilling gibt. Die Definitionen und Anforderungen unterscheiden sich je nach Anwendungsfall erheblich. Genau hier liegt die größte Herausforderung: Digitale Zwillinge müssen über Wertschöpfungsstufen, Unternehmensgrenzen und Softwarelösungen hinweg nutzbar werden.

Offene Standards als Schlüssel zur Skalierung

Die eigentliche Wertschöpfung entsteht nicht allein durch die Existenz eines digitalen Zwillings, sondern durch dessen interoperable Nutzung. Offene Standards schaffen dafür die Grundlage: Standardisierte Datenmodelle, Schnittstellen und Semantiken ermöglichen den einfachen Austausch, die Verarbeitung und Interpretation von Informationen über Unternehmensgrenzen hinweg. Dadurch sinken Integrationsaufwand und Implementierungskosten, während sich bestehende Anwendungen wiederverwenden und neue digitale Services, datenbasierte Geschäftsmodelle sowie KI-Anwendungen einfacher skalieren lassen. Besonders entscheidend ist die semantische Interoperabilität. Nur wenn Daten nicht nur übertragen, sondern von allen beteiligten Systemen eindeutig verstanden werden, lassen sie sich automatisiert und herstellerübergreifend nutzen.

„DIE EIGENTLICHE WERTSCHÖPFUNG ENTSTEHT NICHT ALLEIN DURCH DIE EXISTENZ EINES DIGITALEN ZWILLINGS, SONDERN DURCH DESSEN INTEROPERABLE NUTZUNG."



ANDREAS FAATH

ist Abteilungsleiter Machine Information Interoperability (MII) beim VDMA.

Bild: VDMA

Maschinenbau verbindet Produkt und Produktion

Gerade der Maschinenbau nimmt dabei eine besondere Rolle ein. Er vereint zwei Welten, die bislang häufig getrennt betrachtet wurden: den digitalen Zwilling der Produktion und den digitalen Zwilling des Produkts.

Auf der Produktionsseite stehen Betriebs-, Zustands- und Prozessdaten im Vordergrund. Hier hat sich der Kommunikationsstandard OPC UA als zentrale Technologie etabliert. OPC UA ist die weltweit etablierte offene Architektur für semantische Interoperabilität und die industrielle Digitalisierung. Damit bildet OPC UA die Grundlage für digitale Zwillinge, digitale Produktpässe, KI-Anwendungen und interoperable Datenökosysteme.

Auf der Produktseite gewinnt die Verwaltungsschale, die sogenannte Asset Administration Shell (AAS), zunehmend an Bedeutung. Sie ist der internationale Standard der Industrial Digital Twin Association (IDTA) für die Umsetzung digitaler Zwillinge für Produkte, Maschinen, Komponenten und weitere Assets. Sie stellt Informationen über den Lebenszyklus eines Assets in einer einheitlichen, maschinenlesbaren Struktur bereit und ermöglicht so den interoperablen Austausch von Daten über Unternehmens- und Systemgrenzen hinweg. VDMA und ZVEI haben die Gründung der IDTA initiiert.

Mit der zunehmenden Vernetzung von Wertschöpfungsketten erweitert sich zugleich der Blick auf den digitalen Zwilling: Entscheidend ist nicht nur, Informationen technisch und semantisch interoperabel bereitzustellen, sondern sie auch souverän und zielgerichtet in unternehmensübergreifenden Datenökosystemen nutzbar zu machen. **RT**

MARKETPLACE

IGZ mbH
Logistikweg 1
D-95685 Falkenberg
Tel.: +49 (0) 9637 9292-0
info@igz.com
www.igz.com

IGZ – DIE SAP INGENIEURE, mit Sitz in Falkenberg (Bayern), realisieren Produktions- und Logistiklösungen mit SAP Standardsoftware.
Für die diskrete Fertigung sowie Prozessindustrie werden auf Basis von SAP Digital Manufacturing (SAP DM) und SAP Manufacturing Suite (SAP ME / MII) effiziente Lösungen für die Digitalisierung Ihrer Produktion angeboten. Zusätzliche Kernkompetenz ist die Integration der Lager- und Transportlogistikanforderungen mit SAP EWM / TM.
Für die Unabhängigkeit seiner Kunden setzt IGZ konsequent und ausschließlich auf SAP Standardlösungen sowie auf Neutralität zu Technik- / Anlagenanbietern. Schwerpunkt von IGZ ist die Integration manueller bis hoch automatisierter Produktionsprozesse.

MEGLA GmbH
Standort Dortmund:
Speicherstraße 8 · 44147 Dortmund
Standort Meschede:
Sophienweg 3 · 59872 Meschede
+49 291 9985-0
info@megla.de
www.megla.de

MEGLA mit Sitz in Dortmund und Meschede ist ein führender IT-Dienstleister für die Digitalisierung von Produktionsprozessen. Das Unternehmen verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz und bietet umfassende Beratung im Bereich der Produktions-IT. Zu den Leistungen zählen die Integration von Historian-, MES- und Analysesystemen sowie die Equipment-Integration. Ergänzt wird das Angebot durch Projektmanagement, Data Science Methoden und den MEGLA Campus, der Schulungen für Fachkräfte bereitstellt.

MPDV Mikrolab GmbH
Römerring 1, 74821 Mosbach
Fon: +49 6261 9209-101
E-Mail: info@mpdv.com
Website: www.mpdv.com

MPDV mit Hauptsitz in Mosbach ist der Marktführer für IT-Lösungen in der Fertigung. Mit mehr als 45 Jahren Projekterfahrung im Produktionsumfeld verfügt MPDV über umfangreiches Fachwissen und unterstützt Unternehmen jeder Größe auf ihrem Weg zur Smart Factory. Produkte von MPDV wie das Manufacturing Execution System (MES) HYDRA, das Advanced Planning and Scheduling System (APS) FEDRA oder die Integrationsplattform Manufacturing Integration Platform (MIP) ermöglichen es Fertigungsunternehmen, ihre Produktionsprozesse effizienter zu gestalten und dem Wettbewerb so einen Schritt voraus zu sein. In Echtzeit lassen sich mit den Systemen fertigungsnahe Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette erfassen und auswerten. Täglich nutzen weltweit mehr als 1.100.000 Menschen in über 1.750 Fertigungsunternehmen die innovativen Softwarelösungen von MPDV.

NTT DATA Deutschland SE
Hans-Döllgast-Straße 26
80807 München

Mail: info_DACH@nttdata.com
Web: https://de.nttdata.com

NTT DATA ist ein weltweit führender Anbieter von digitalen Business- und Technologie-Services mit einem jährlichen Umsatz von über 30 Milliarden US-Dollar. Zu den Services zählen Business- und Technologie-Beratung, Data Analytics und Künstliche Intelligenz, Branchenlösungen sowie Entwicklung, Implementierung und Management von Anwendungen, Infrastruktur und Konnektivität. Außerdem ist das Unternehmen einer der führenden Anbieter von digitaler Infrastruktur. NTT DATA ist Teil der NTT Group mit Sitz in Tokio.

PSI Software SE | Business Unit Discrete Manufacturing
Dircksenstraße 42-44
10178 Berlin
+49 800 377 4968
discrete-manufacturing@psi.de
www.psi.de/loesungen/produkte/erp

Der ganzheitliche ERP- und MES-Anbieter für den Mittelstand
Für den Automobil- und Fahrzeugbau, den Maschinen- und Anlagenbau sowie die Zulieferindustrie bietet die PSI Software SE | Business Unit Discrete Manufacturing unter dem Markennamen PSIpenta Lösungen zur umfassenden Optimierung der wertschöpfenden Prozesse auf Produktions- und Feinplanungsebene.
Neben klassischen Mittelständlern werden Unternehmen und Konzerne angesprochen, die in eine bereits bestehende IT-Landschaft ein System für effizientere Produktions- und/oder Instandhaltungsprozesse integrieren wollen.

T.CON GmbH & Co. KG
Straubinger Straße 2
94447 Plattling
+49 9931 981 100
info@tcon.com
www.tcon.com

T.CON ist Digitalisierungspartner der produzierenden Industrie und SAP Gold Partner. Über 450 Expertinnen und Experten unterstützen Unternehmen dabei, Technologien, Menschen, Innovationen und Prozesse intelligent zu verbinden – für mehr Effizienz, Zukunftssicherheit und nachhaltigen Erfolg. Das Leistungsportfolio umfasst SAP-Projekte, Services, Softwarelösungen und strategische Beratung rund um digitale Transformation.

T.CON – Empower your potential.

Visometry GmbH
Fraunhoferstraße 5
64283 Darmstadt, Germany
Telefon: +49 6151 155 274
Website: www.visometry.com

Visometry ist weltweit bekannt für ihr VisionLib Software Development Kit. Dieses bildet die Grundlage für Augmented-Reality-Anwendungen, die eine leistungsstarke Objekterkennung und präzise Objektverfolgung erfordern.

Mit Twyn bietet Visometry eine mobile Lösung für die visuelle AR-basierte Qualitätsinspektion. Twyn ermöglicht es, über ein Tablet CAD-Modelle direkt auf das reale Bauteil zu überlagern. Abweichungen werden sofort sichtbar – ohne Voreinstellungen oder spezielle Marker.



IM NÄCHSTEN HEFT

Cyber- und IT-Security in der Produktion

Vernetzte Maschinen, industrielle Datenplattformen und zunehmend autonome Prozesse machen die Produktion leistungsfähiger – aber auch angreifbarer. In der kommenden Ausgabe des Digital Manufacturing Magazins geht es deshalb um Cyber- und IT-Security in der Fertigung: Welche Risiken entstehen durch die zunehmende Vernetzung? Wie lassen sich OT und IT wirksam schützen? Und welche Strategien helfen Unternehmen, Sicherheit von Anfang an mitzudenken?

Bild: © Bocell /stock.adobe.com (generiert mit KI)

Industrielle Automation und Robotik

Die Fabrik wird intelligenter: Roboter übernehmen komplexere Aufgaben, Anlagen kommunizieren miteinander und Automatisierung schafft neue Spielräume für Effizienz und Flexibilität. Die kommende Ausgabe des Digital Manufacturing Magazins zeigt, welche Technologien die industrielle Automation vorantreiben, wo Robotik bereits heute neue Maßstäbe setzt und wie Unternehmen ihre Produktion für die Zukunft rüsten.

Bild: © Pakpong /stock.adobe.com (generiert mit KI)





MES-Software

Wie wird aus einer vernetzten Produktion eine wirklich transparente und steuerbare Fertigung? Moderne MES-Lösungen schaffen die Verbindung zwischen Maschinen, Menschen und Prozessen und liefern die Datenbasis für effizientere Abläufe und fundierte Entscheidungen. In unserem Special zeigen wir aktuelle Lösungen und Trends und diskutieren im Expertentalk, wohin sich die MES-Welt entwickelt.

Bild: © MdSirazul /stock.adobe.com (generiert mit KI)

WEITERE THEMEN IN DER KOMMENDEN AUSGABE:

- Additive Fertigung: Anlagen, Verfahren und Software
- Connected Worker
- Lösungen für das Industrial Metaverse
- Positioniersysteme für Robotik-Anwendungen
- Toolmanagement

Aus aktuellem Anlass sind Änderungen möglich.

IMPRESSUM

Herausgeber und Geschäftsführer:
Matthias Bauer (Vorsitz), Dennis Hirthammer

DIGITAL MANUFACTURING im Internet:
http://www.digital-manufacturing-magazin.de

So erreichen Sie die Redaktion:
Chefredaktion: Rainer Trummer (v.i.S.d.P.),
(089-3866617-10, rainer.trummer@win-verlag.de)
Redaktion: Karin Faulstroh (karin.faulstroh@win-verlag.de),
Tino M. Böhler (tino.boehler@win-verlag.de),
Stefan Girschner (stefan.girschner@win-verlag.de),
Kirsten Seegmüller (externe Mitarbeiterin,
kirsten.seegmueller@extern.win-verlag.de)
Mitarbeiter dieser Ausgabe: Bernd Balle, Daniel Brandt, Stephen Collier, Dr. Henning Dransfeld, Andreas Faath, Alfonso Gonzalez, Arno Hagemann, Günther Klimas, Mirco Kloss, Dr. Alexander Künzer, Sebastian Kusch, Christoph Lenhard, Michael Mayer-Rosa, Karsten Molter, Alexander Mühlens, Hans-Joachim Müller, Stipo Nad, Roberta Nelson Shea, Alex Rumble, Dominik Schätzel, Franziska Scheuring, Udo Schneider, Thorsten Schröder, Marcel Skarabisch, Hermann Spies, Stefanie Terler, Mathias Zimmermann,

So erreichen Sie die Anzeigenabteilung:
Anzeigengesamtleitung:
Martina Summer (089-3866617-31,
martina.summer@win-verlag.de), Anzeigen verantwortlich
Mediaberatung:
Michael Nerke (Anzeigenverkaufsleiter,
Tel.: 089-3866617-20, michael.nerke@win-verlag.de),
Maximilian Schröck (Tel.: 089-3866617-34,
maximilian.schroeck@win-verlag.de)

Anzeigendisposition:
Auftragsmanagement@win-verlag.de
Chris Kerler (089/3866617-32, chris.kerler@win-verlag.de)
Abonnentenservice und Vertrieb:
Tel: +49 89 3866617 46
www.digital-manufacturing-magazin.de/hilfe
oder eMail an abovertrieb@win-verlag.de
mit Betreff „DIGITAL MANUFACTURING“
Gerne mit Angabe Ihrer Kundennummer vom Adressetikett

Artdirection und Titelgestaltung: Saskia Kölliker Grafik, München
Bildnachweis/Fotos: falls nicht gekennzeichnet: Werkfotos, AdobeStock, shutterstock.com, fotolia.de
Titelbild: © Pixel_B/stock.adobe.com

Druck: Vogel Druck und Medienservice GmbH
Leibnizstraße 5, 97204 Höchberg

Produktion und Herstellung:
Jens Einloft (089/3866617-36, jens.einloft@win-verlag.de)

Anschrift Anzeigen, Vertrieb und alle Verantwortlichen:
WIN-Verlag GmbH & Co. KG
Chiemgaustr. 148
81549 München, Tel.: 089-3866617-0
Registergericht München, HRA 82 124

Verlagsleitung:
Martina Summer (089/3866617-31, martina.summer@win-verlag.de)
Objektleitung:
Rainer Trummer (089/3866617-10, rainer.trummer@win-verlag.de)
Zentrale Anlaufstelle für Fragen zur Produktsicherheit:
Martina Summer (martina.summer@win-verlag.de, 089/3866617-31)

Bezugspreise:
Einzelverkaufspreis: 14,40 Euro in D, A, CH und 16,60 Euro in den weiteren EU-Ländern inkl. Porto und MwSt. Jahresabonnement (8 Ausgaben): 115,20 Euro in D, A, CH und 132,80 Euro in den weiteren EU-Ländern inkl. Porto und MwSt. Vorzugspreis für Studenten, Schüler, Auszubildende und Wehrdienstleistende gegen Vorlage eines Nachweises auf Anfrage. Bezugspreise außerhalb der EU auf Anfrage.
18. Jahrgang
Erscheinungsweise: achtmal jährlich
Einsendungen: Redaktionelle Beiträge werden gerne von der Redaktion entgegen genommen. Die Zustimmung zum Abdruck und zur Vervielfältigung wird vorausgesetzt. Gleichzeitig versichert der Verfasser, dass die Einsendungen frei von Rechten Dritter sind und nicht bereits an anderer Stelle zur Veröffentlichung oder gewerblicher Nutzung angeboten wurden. Honorare nach Vereinbarung. Mit der Erfüllung der Honorarvereinbarung ist die gesamte, technisch mögliche Verwertung der umfassenden Nutzungsrechte durch den Verlag – auch wiederholt und in Zusammenfassungen – abgegolten. Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichung kann trotz Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden.
Copyright © 2026 für alle Beiträge bei der WIN-Verlag GmbH & Co. KG
Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fallen insbesondere der Nachdruck, die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM und allen anderen elektronischen Datenträgern.
ISSN 1867-9781 - Ausgabe 2026-06
Unsere Papiere sind PEFC zertifiziert
Wir drucken mit mineralölfreien Druckfarben

Außerdem erscheinen bei der WIN-Verlag GmbH & Co. KG:
AUTOCAD Magazin, BAUEN AKTUELL, DIGITAL ENGINEERING Magazin, DIGITAL BUSINESS, e-commerce Magazin, PlastXnow, Plastverarbeiter, r.energy, KGK Rubberpoint

DAS PORTAL IN DIE WELT DER FERTIGUNG

VON INSIGHT ZU IMPACT.



Jetzt Magazin abonnieren und
Projekte mit relevantem Wissen voranbringen:

www.digital-manufacturing-magazin.de/abonnement

DIGITAL MANUFACTURING

eine Marke vom WIN VERLAG


WIN
VERLAG
MEDIEN.
MÄRKTE.
MENSCHEN.
EIN PARTNER.
VIELE KANÄLE.
SICHTBARKEIT
AUF ALLEN EBENEN.
AUTOCAD MAGAZIN
BAUEN AKTUELL
DIGITAL BUSINESS
DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN
DIGITAL MANUFACTURING
e commerce magazin
KGK RUBBERPOINT
Kautschuk | Gummi | Kunststoffe
r.energy
ERNEUERBARE ENERGIEN UND DIGITALISIERUNG
PLASTNOW
win-verlag.de