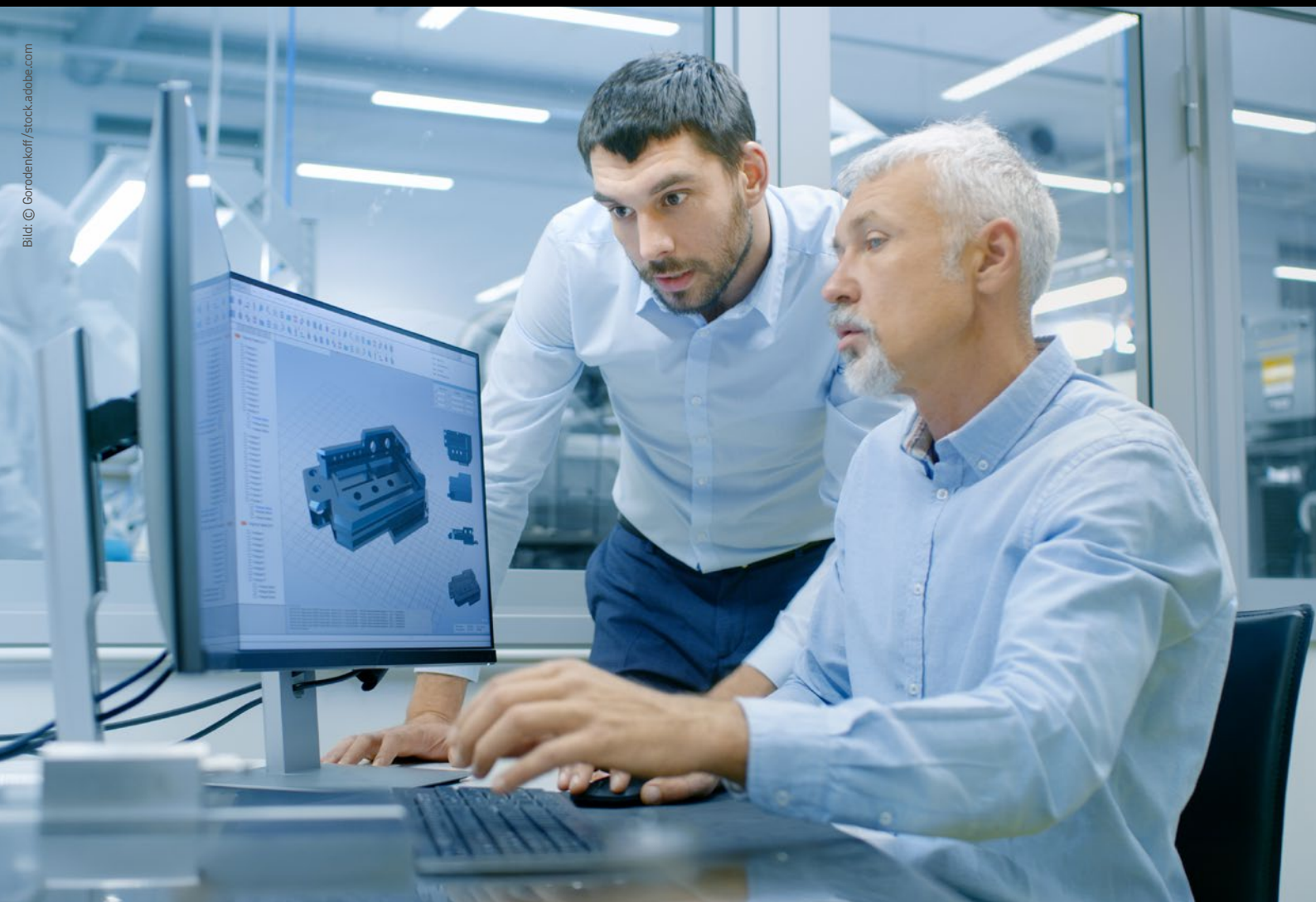


DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN

LÖSUNGEN FÜR KONSTRUKTEURE, ENTWICKLER UND INGENIEURE + INDUSTRIE 5.0 | INTERNET DER DINGE

Bild: © GordenKoff/stock.adobe.com



MEHR EFFIZIENZ IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Nahtlos miteinander verbinden: CAD/CAM, Simulation und PDM

AUS PRODUKTIONS- DATEN LERNEN

KI für die Vorhersage von
Bauteilabweichungen nutzen

FERTIGUNGS- PLATTFORMEN

Warum KI die Beschaffung
grundlegend verändert

Mit Special:
SIMULATION



Bild: Zapp2Photo/shutterstock.com



Hier geht's zur aktuellen Ausgabe



Die nächste Ausgabe

Sonderheft Antriebstechnik

erscheint am 27. Oktober 2026

Das Sonderheft „Antriebstechnik – Systeme und Komponenten“ zeigt aktuelle Innovationen und Trends rund um moderne Antriebslösungen

ENGINEERING TRIFFT FERTIGUNG

Liebe Leserinnen und Leser,

die AMB in Stuttgart ist alle zwei Jahre ein wichtiger Treffpunkt für die Metallbearbeitung – und zugleich ein guter Gradmesser dafür, wohin sich die industrielle Fertigung entwickelt. Vom 15. bis 19. September 2026 steht dabei erneut die gesamte Prozesskette der Metallbearbeitung im Mittelpunkt. Werkzeugmaschinen, Präzisionswerkzeuge, Automatisierung, Messtechnik und Software treffen aufeinander.

Für Konstrukteure und Produktentwickler ist die AMB dabei längst mehr als eine Leistungsschau moderner Werkzeugmaschinen. Denn die Grenzen zwischen Produktentwicklung, Engineering und Fertigung verschwimmen zunehmend. Was im CAD-System entsteht, wird in der Simulation überprüft, in der CAM-Lösung für die Fertigung vorbereitet und schließlich auf hochautomatisierten Maschinen produziert. Daten und digitale Modelle werden damit zum verbindenden Element einer durchgängigen Prozesskette.

Genau hier setzen unsere aktuellen Schwerpunkte im Heft an. Im Fokus des CAD/CAM-Schwerpunkts auf den Seiten 18 bis 26 steht die Frage, wie sich Entwicklungs- und Fertigungsprozesse durch moderne Software enger verzahnen lassen. Unser Special Simulation auf den Seiten 27 bis 39 beleuchtet wiederum, wie virtuelle Modelle helfen, Produkte und Prozesse frühzeitig zu optimieren, Varianten zu bewerten und Fehler möglichst vor dem ersten realen Fertigungsschritt zu vermeiden.

Einen weiteren Schwerpunkt in dieser Ausgabe bildet der Werkzeugmaschinenbau (Seite 40 bis 55). Dabei geht es nicht allein um die Maschine selbst, sondern ebenso um die Komponenten, die ihre Leistungsfähigkeit bestimmen. Steuerungen, Antriebe, Spindeln, Sensorik und weitere Komponenten werden zunehmend Teil intelligenter, vernetzter Systeme. Parallel entwickelt sich Software vom Werkzeug für einzelne Prozessschritte zur Plattform für durchgängige Fertigungsprozesse.

Die AMB 2026 zeigt damit nicht nur, was moderne Werkzeugmaschinen leisten können. Sie macht sichtbar, wie aus digitalen Engineering-Daten reale Wertschöpfung entsteht. Für Konstrukteure, Produktentwickler und Ingenieure ist das eine Entwicklung, die sie unmittelbar betrifft – von der ersten Idee bis zum fertigen Bauteil.

Viel Spaß beim Lesen!



RAINER TRUMMER
Chefredakteur



BESUCHEN SIE DAS DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN
AUCH AUF FACEBOOK, X, XING UND LINKEDIN.

10

CYBERSICHERHEIT BEGINNT IM ENGINEERING

Maschinen, Leitsysteme, Engineering-Werkzeuge und Unternehmensanwendungen sind eng vernetzt. Daten fließen zwischen Produktionsanlagen, OT- und IT-Systemen sowie Cloud-Anwendungen. Remote-Zugriffe unterstützen Service und Wartung, digitale Plattformen verknüpfen Produktion und Geschäftsabläufe. Damit wächst die Bedeutung sicher geplanter und betriebener Verbindungen.

Bild: © TensorSpark/stock.adobe.com



27-39

SPECIAL: SIMULATION

Die Entwicklung intelligenter Systeme verändert sich grundlegend. Je stärker KI mit der physischen Welt interagiert, desto wichtiger wird die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge bereits im virtuellen Raum zu verstehen. Physikbasierte Simulation entwickelt sich dadurch vom Analysewerkzeug zur zentralen Entwicklungsdisziplin.

Bild: Synopsys

40

BRANCHE: WERKZEUGMASCHINENBAU

Schafft ein Maschinenhersteller selbst eine Maschine an, müssen sich die Lieferanten mehr noch als sonst auf klar formulierte Anforderungen gefasst machen. So war es bei Dorst, die auf Pressen spezialisiert sind und ihren Standort im oberbayerischen Kochel am See haben. Dort ist im Sommer 2025 eine neue Sinumerik-One-gesteuerte Portalfräsmaschine in Betrieb gegangen.

Bild: Dorst Technologies



REDAKTIONELL ERWÄHNT E INSTITUTIONEN, ANBIETER UND VERANSTALTER

AMKmotion S. 44, Autodesk S. 20, 38, Balance Drive S. 48, Bechtle PLM S. 21, Bosch Rexroth S. 46, Comsol S. 32, Copa-Data S. 10, CoreTechnologie S. 6, Dassault Systèmes S. 30, Dekra S. 6, EBM-Papst S. 6, Facturee S. 56, Fraunhofer IPK S. 16, Hema S. 54, Hexagon S. 21, Inneo Solutions S. 21, 24, Janus Engineering S. 22, Keba S. 52, MathWorks S. 36, Nabtesco S. 7, Perspectix S. 6, Phoenix Contact S. 12, PTC S. 18, 23, Rockwell S. 14, Schott Systeme S. 23, Sieb & Meyer S. 50, Siemens S. 8, 22, 40, Spanflug S. 58, Synopsys S. 34, Xometry S. 60

zenon.

Für eine sichere Zukunft
Softwareplattform für
Cyber-Resilienz



- ▶ NIS2 und CRA Konformität
- ▶ Detektion von Spionage-Tools
- ▶ Echtzeit Anomalie-Erkennung im Netzwerk
- ▶ Überwachung Zugriff- und Rechteverwaltung
- ▶ Security Gateway



COPADATA.COM/DE/CYBERSECURITY



zenon
by COPA-DATA

AKTUELL

6 Märkte & Trends

Neue Produkte und News aus den Unternehmen

MANAGEMENT

8 Die Fabrik wird zum eigentlichen Produkt

Smart Manufacturing im Automobilbau

10 Industrial AI braucht sichere Prozesse

Sicherheit als Fundament industrieller Innovation

12 Noch mehr Security für Profinet

Profinet-Spezifikation 2.5 mit erweiterten Sicherheitsmechanismen

14 Der digitale Zwilling als Gamechanger

Interview mit Michael Maurer, Rockwell

16 Aus Produktionsdaten lernen

KI für die Vorhersage von Bauteilabweichungen

CAD & DESIGN

18 „Wir wollen strukturelle Schwächen beheben“

Cloud-natives CAD: Interview mit Jon Hirschick, PTC

20 CAD/CAM auf dem Weg zur selbstlernenden Fertigung

Expertenumfrage: CAD/CAM-Lösungen

24 Höchste Leistung – auf der Rennstrecke und auf dem Mars

Inneo im Einsatz bei Hochleistungs-lagerspezialist Cerobear

SPECIAL SIMULATION

28 Simulation, Silicon, Systems – powered by AI

CADFEM World Conference 2026 in Darmstadt

30 So beschleunigt KI das Engineering von morgen

Virtuelle Companions und smarte Simulationen

32 Numerische Homogenisierung von Verbundwerkstoffen

Von der Mikrostruktur zum Bauteil

34 Warum KI ein Fundament aus Physik braucht

Vom Rechenzentrum in die physische Welt

36 Wie Model-Based Design den KI-Engpass löst

Agentische KI im Engineering

38 Vom Schichtplan zum operativen digitalen Zwilling

Echtzeit-Simulation in der Automobilmontage

BRANCHE WERKZEUGMASCHINENBAU

40 Das Know-how bleibt im Haus

Bei Dorst arbeitet eine Sinumerik-One-gesteuerte Portalfräsmaschine

44 Für einen sauberen Schnitt

Bystronic setzt bei Laserschneidmaschinen auf hybride Antriebstechnik von AMKmotion

46 Lineartechnik: Gewindetriebe nach Maß

Gewindetriebe benötigen oft kundenspezifische Eigenschaften

48 Kompakt ohne Kompromisse

Die Drehschwenkantriebe von Balance Drive bieten eine maximale Bauraumeffizienz

50 Souveräne Performance auf dem Prüfstand

GMN qualifiziert SD4S von Sieb & Meyer für hochtourige Spindeln

52 Oszillation macht lange Späne beherrschbar

Bleifreie Materialien lassen sich mit oszillationsunterstützter Zerspanung effizient bearbeiten

54 Der „Knick“ macht's

Retrofit eines Rückwandsystems mit Faltenbälgen

FERTIGUNGSPLATTFORMEN IM FOKUS

56 Becker Avionics beschafft Zeichnungsteile über Facturee

Beschaffung in der Luftfahrt

58 Schneller beschaffen. Agiler entwickeln.

Autonome Beschaffung im Entwicklungsprozess

60 Mit KI-Daten zu resilienten Lieferketten

Strukturwandel in der Beschaffung

3 EDITORIAL

43 MARKTPLATZ

62 IMPRESSUM

62 VORSCHAU

Perspectix

DER KURZE WEG ZU QUALIFIZIERTEN ANFRAGEN

Viele Hersteller individualisierbarer Produktsysteme bieten kundenspezifische Varianten an, die sich nicht per Webshop verkaufen lassen. Wie generiert man Anfragen für Produkte, die es in der individuell benötigten Form nicht gibt? Als Antwort auf diese Frage kombiniert Perspectix seine CPQ-Lösung mit dem P'X Webkonfigurator.

Die P'X Industry Solution richtet sich an Hersteller, die komplexe Produktsysteme an individuelle Anforderungen ihrer Kunden anpassen. Dazu gehören nicht nur Bauteile, sondern auch Fachwissen und technische Berechnungen. Aus 3D-Katalogen werden die Komponenten nach den Regeln der Produktlogik zu technisch und wirtschaftlich sinnvollen Lösungen zusammengeführt. Dazu integriert sich der Produktkonfigurator mit vorhandenen Systemen wie 3D-CAD, PLM, ERP und CRM.

Doch online lässt sich ein Produktsystem in dieser Tiefe nicht abbilden. Deshalb bildet der Webkonfigurator nicht das gesamte Regelwerk ab, sondern einen definierbaren Ausschnitt daraus. Beide Werkzeuge arbeiten dabei auf derselben Datenbasis.

Die Lösung für viele Hersteller könnte darin bestehen, ein vorkonfiguriertes Produktportfolio online zu stellen, dass sich schnell und sicher individualisieren lässt. Genau dies leistet der Webkonfigurator von Perspectix, der das CPQ-System nahtlos ins Internet verlängert.

Dekra

EUROPAWEITES SICHERHEITS-ASSESSMENT

Dekra hat den ersten Standard für Cyber- und Informationssicherheit entwickelt, der speziell auf die europäische Verteidigungsindustrie zugeschnitten ist. Das Cyber Assessment for Defence Industry Suppliers (Cadis) schafft einen transparenten Ansatz zur Bewertung von Lieferanten, um Vertrauen, Widerstandsfähigkeit und Compliance in der Verteidigungsbranche zu stärken. Ein erstes Pilotaudit bei einem Zulieferbetrieb in Zusammenarbeit mit einem namhaften deutschen Rüstungshersteller wurde mit positiven Ergebnissen abgeschlossen.

Die Anforderungen an Cyber- und Informationssicherheit in der Verteidigungsindustrie steigen kontinuierlich. Alle Akteure der Branche tragen eine besondere Verantwortung beim Schutz sensibler Informationen, kritischer Technologien und komplexer Lieferketten.

Der Standard berücksichtigt alle Anforderungen des sicherheitskritischen Sektors und verbindet technische, organisatorische sowie physische Sicherheitsaspekte. Ein wesentliches Merkmal von Cadis ist sein modularer Aufbau. Insgesamt stehen 14 Prüfmuster zur Verfügung, die abhängig von der Rolle des Unternehmens, der Sensibilität der Produkte oder Dienstleistungen sowie dem individuellen Risikoprofil flexibel kombiniert werden können.

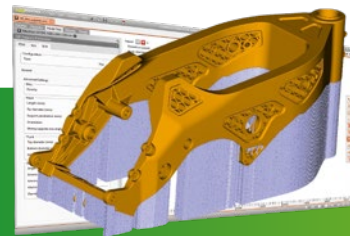


Der Standard Cadis von Dekra berücksichtigt alle Anforderungen des sicherheitskritischen Sektors und verbindet technische, organisatorische sowie physische Sicherheitsaspekte.

Bild: Dekra

CoreTechnologie

3D-DRUCK-SOFTWARE



Der Software-Hersteller CoreTechnologie (CT) stellt die neue Version 1.8 seiner 3D-Druck-Software 4D_Additive vor. Mit der neuen Build History,

einer leistungsfähigen automatischen Reparatur von triangulierten Daten sowie erweiterten Lattice-Funktionen wird die Vorbereitung von Bauteilen für unterschiedliche additive Fertigungsverfahren deutlich schneller und komfortabler. Ein Highlight von 4D_Additive 1.8 ist der neue Build History Tree. Nach dem Vorbild des Konstruktionsbaums moderner CAD-Systeme werden sämtliche Arbeitsschritte bei der Baujob-Vorbereitung übersichtlich und nachvollziehbar in einer Liste dargestellt. Jeder Bearbeitungsschritt wird dokumentiert und ist jederzeit direkt oder schrittweise zugänglich. Anwender können alle Parameter jedes Bearbeitungsschrittes überprüfen und jederzeit verändern.

Deutlich erweitert wurde die automatische Korrektur triangulierter Modelle. Der neue „Advanced Automatic Mode“ des Healing-Tools automatisiert eine bislang manuell durchgeführte Abfolge verschiedener Reparaturschritte. Mit nur einem Klick lassen sich Modelle mit stark fehlerhaften oder qualitativ unzureichenden Ausgangsdaten weitgehend automatisiert korrigieren und für die weitere Baujob-Vorbereitung optimieren.

Mit der Software 4D_Additive lassen sich komplexe Gitterstrukturen sowie spezielle SLM Supports erzeugen.

Bild: CoreTechnologie

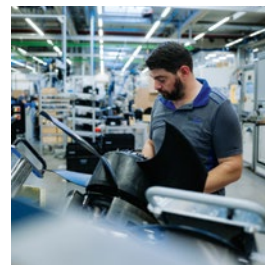
EBM-Papst

NEUER EIGENTÜMER

Die EBM-Papst-Gruppe, Anbieter von Ventilationslösungen für die Luft-, Kälte- und Klimatechnik, und der US-Konzern Madison Air, Anbieter von Lösungen für die Luftqualität, haben Mitte August die Übernahme von EBM-Papst durch Madison Air bekannt gegeben. Die Gesellschafterfamilien Sturm, Ziehl und Philippiak haben eine entsprechende Vereinbarung zur Übertragung ihrer Anteile an Madison Air unterzeichnet. Der Nettoverkaufspreis für EBM-Papst beläuft sich auf 4,8 Milliarden Euro.

Madison Air ist langjähriger Kunde von EBM-Papst und bietet Luftqualitätslösungen für geschäftskritische Anwendungen. Das Unternehmen bedient eine breite Kundenbasis in verschiedenen Endmärkten, darunter das Gesundheitswesen, industrielle Hochleistungsfertigung, Reinräume, Rechenzentren und Wohngebäude. EBM-Papst ergänzt dieses Portfolio künftig mit seiner Ventilations- und Motorentechnologie, seiner Ingenieurskompetenz und seiner Reputation bei Kunden vor allem in Europa und Asien.

Madison Air will EBM-Papst mit seinen weltweit mehr als 13.000 Mitarbeitenden, davon rund 5.800 in Deutschland, langfristig stärken und steht für zusätzliche Investitionen bereit. Muldingen bleibt Hauptsitz der Unternehmensgruppe sowie Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionsstandort.



EBM-Papst beschäftigt weltweit mehr als 13.000 Mitarbeiter, davon rund 5.800 in Deutschland.

Bild: EBM-Papst

Nabtesco

HÖCHSTE LEISTUNG AUF KLEINSTEM RAUM

In Antriebssystemen müssen Getriebe, Motor, Sensorik, Lagerung und Schnittstellen exakt aufeinander ausgelegt sein und an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Der damit verbundene Abstimmungs- und Konstruktionsbedarf bindet Entwicklungsressourcen und kann die Time-to-Market verlängern. Abhilfe schaffen die Wellgetriebe-Aktuatoren von Nabtesco. Alle Komponenten sind bereits optimal aufeinander abgestimmt und in einer kompakten Einheit integriert. Das Ergebnis ist eine hohe Funktionalität, eine platzsparende Bauweise und eine einfache Handhabung.

Die Aktuatoren auf Basis von Wellgetrieben eignen sich besonders für Anwendungen, bei denen kompakte Bauweise, hohe Präzision und Spielfreiheit gefragt sind. Die Antriebssysteme sind komplett montiert und kombinieren Getriebe-Set, Lagerung, Gehäuse sowie Elektromotor samt Encoder und eine optionale Bremse. Sie zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte und Performance bei limitiertem Bauraum aus.

Peter-Dornier-
Stiftungspreis 2026

NACHWUCHS- FORSCHENDE PRÄMIERT

Zwei Nachwuchsforschende erhielten im Juli den Peter-Dornier-Stiftungspreis 2026 für Arbeiten zur Lebensdauer von Faserverbundbauteilen, unter anderem aus der Luft- und Raumfahrt.

Mikroskopisch kleine Poren, die bereits bei der Herstellung entstehen, oder kaum sichtbare Einschlagschäden können die Tragfähigkeit und Lebensdauer von Faserverbundbauteilen stark beeinträchtigen. Zwei Nachwuchsforschende haben dazu wegweisende Arbeiten vorgelegt und dafür den Peter-Dornier-Stiftungspreis 2026 erhalten: Dr.-Ing. Benedikt Neitzel von der TU Ilmenau für seine Doktorarbeit zur Porenminimierung im RTM-Verfahren und Johanna Buschmann, M.Sc., für ihre am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt angefertigte Masterarbeit zur besseren Impact-Toleranz von 3D-Geweben gegenüber 2D-Laminaten.



Die Wellgetriebe-Aktuatoren von Nabtesco kombinieren eine hohe Leistungsdichte mit kompakter Bauweise und lassen sich flexibel per Plug & Play integrieren.

Bild: ©Marc Kunze/stock.adobe.com; Nabtesco Precision Europe

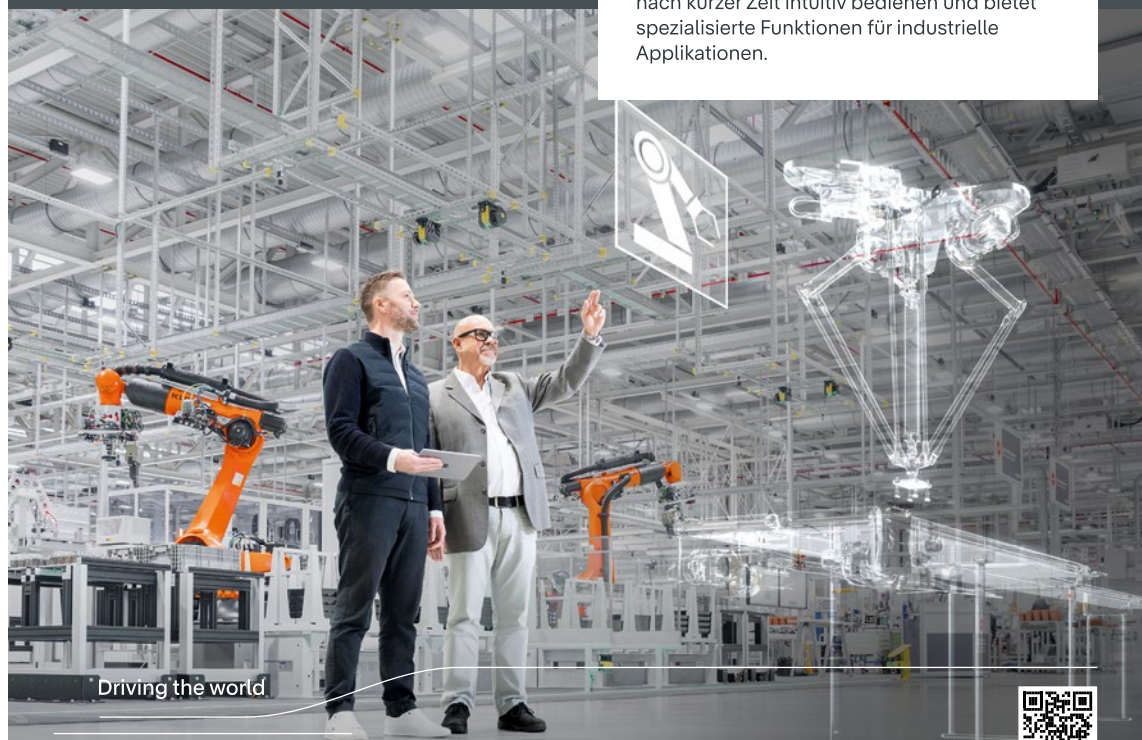
SEW
EURODRIVE

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.



SIEMENS



DIE FABRIK WIRD ZUM EIGENTLICHEN PRODUKT

Nicht das nächste innovative Fahrzeug, sondern die Fabrik dahinter könnte künftig über den Erfolg eines Herstellers entscheiden. Denn zwischen Fließband, Hyperpersonalisierung und wachsendem Kostendruck steht die Industrie vor einem Paradigmenwechsel: Produktion muss modularer, digitaler und intelligenter werden. Wer diesen Wandel beherrscht, verschafft sich einen entscheidenden Vorsprung. » VON UDAY SENAPATI

Ein Jahrhundert lang spukte der Geist von Henry Ford durch die Fabrikhallen dieser Welt. Sein Credo: jede Farbe, solange es Schwarz ist, war ein kompromissloses Bekenntnis zur Produktionsorientierung. Dann wurde das Produkt König: Designer zwangen die Fertigung in ein Labyrinth aus Hyperpersonalisierung auf starren Fließbandstrukturen. Bis agile Neueinsteiger Premiumfunktionen über Nacht zur Massenware machten. Marke und Sonderausstattung verloren an Gewicht; die Marge wurde zur eigentlichen Pferdestärke.

Die Ära der produktgetriebenen Komplexität ist vorbei. Um zu überleben, müssen etablierte Hersteller zur Produktionsorientierung zurückkehren: Erstens gilt es, das traditionelle Fließband durch modulare, autonome Fer-

tigungszellen zu ersetzen, in denen große, vorvalidierte Baugruppen parallel montiert werden. Zweitens müssen Fertigungsingenieure den Rahmen der Standardisierung definieren, innerhalb dessen Produktdesigner ihre Lösungen entwickeln.

Doch dieser Umbruch trifft auf eine Branche, die gleichzeitig an mehreren Fronten unter Druck steht. Elektrifizierung und Software-defined Vehicles verändern die Produktarchitektur. Werke müssen umgerüstet oder neu gebaut, Mitarbeiter umqualifiziert, komplexere Lieferketten beherrscht werden. Gleichzeitig erzwingen „Glokalisierung“, Fachkräftemangel und wachsender Nachhaltigkeitsdruck neue Konzepte für Flexibilität und Effizienz.

Laut McKinsey profitieren bereits 70 Prozent der Unternehmen von Smart-Manufacturing-Lösungen. Die Transformation läuft

längst. Wer seine Fertigung nicht digitalisiert, wird abgehängt.

Smart Manufacturing: Drei Antworten

Siemens unterstützt seine Kunden bei diesen Herausforderungen mit drei Handlungsfeldern, die zusammen den sogenannten Digital Thread von der Produktentwicklung bis in die laufende Produktion spannen. Entscheidend ist dabei nicht jedes Feld für sich, sondern ihr Zusammenspiel.

— DIE ÄRA DER PRODUKTGETRIEBENEN KOMPLEXITÄT IST VORBEI. UM ZU ÜBERLEBEN, MÜSSEN HERSTELLER ZUR PRODUKTIONSORIENTIERUNG ZURÜCKKEHREN. —

Virtual Manufacturing Engineering vereint die digitale und die reale Welt: Produktionslinien werden virtuell geplant, simuliert und validiert, bevor sie physisch in Betrieb gehen.

Virtual Manufacturing Engineering ist die Antwort auf Komplexität und Geschwindigkeit. Es vereint die digitale und die reale Welt. Produktionslinien werden virtuell geplant, simuliert und in Betrieb genommen, bevor ein einziger Roboter physisch aufgebaut wird. Mit Teamcenter Manufacturing und Simulation lassen sich Fertigungsprozesse durchgängig planen und verifizieren. TIA Portal und Sicar liefern die Basis für Automatisierungs-Engineering und virtuelle Validierung. Das Ergebnis ist ein fehlerfreier Anlauf und ein deutlich beschleunigter Produktionshochlauf.

Doch die virtuelle Planung allein reicht nicht. Ob Brownfield oder Greenfield – entscheidend ist, wie schnell und skalierbar eine Fabrik tatsächlich produktionsbereit wird. Genau hier setzt Rapid Factory Transformation an: Standardisierung, Modularität und die konsequente Verbindung von IT und OT, ergänzt durch KI, IoT, Edge Computing und softwaregesteuerte Automatisierung.

Fabrikautomatisierung standardisieren

Ein zentrales Werkzeug dafür ist die Sicar Automation Suite: Der Baukasten, mit dem

SICAR AUF EINEN BLICK

Was: Toolbox für die Standardisierung von Maschinen und Produktionslinien: Guidelines, Software-Bibliotheken, Komponenten, Training und Support.

Für wen: OEMs, Linienbauer, Tier-1-Zulieferer und Maschinenbauer.

Basis: Die Sicar-Automatisierungssuite baut auf Simatic-Automatisierungskomponenten wie PLC, IPC, Edge, HMI, Drives und TIA-Funktionen für das Engineering, die Inbetriebnahme und den Betrieb von Maschinen und Produktionslinien auf.

OEM-Vorteile: Reduzierte Ersatzteilkhaltung, vereinfachte Fehlersuche, durchgängiges SPS-Programm über die gesamte Produktion.

Linienbauer-Vorteile: Kürzere Inbetriebnahme durch vordefinierte und vorge-testete Module.

OEMs und Linienbauer ihre Fabrikautomatisierung standardisieren. Das Prinzip: einmal entwickeln, weltweit skalieren, deutlich schneller in Betrieb nehmen. Sicar liefert bewährte SPS-Bibliotheken, HMI-Templates, Technology Units und Diagnosekonzepte als offenen, modularen Rahmen, auf dem Kunden ihren eigenen Software-Standard aufbauen. Die aktuelle Version 5.2 basiert auf TIA Portal V21 und WinCC Unified. Wie weit diese Transformation gehen kann, zeigt Audi am Standort Neckarsulm. Im Werk Böl-

DER GEWINNER DES NÄCHSTEN JAHRZEHNTS WIRD NICHT DER HERSTELLER SEIN, DER DAS KOMPLEXESTE AUTO ENTWIRFT, SONDERN WER DIE FABRIK BEHERRSCHT, DIE ES BAUT.

linger Höfe läuft seit Januar 2024 die Simatic S7-1500V – die erste vollständig virtuelle Steuerung von Siemens. Die SPS läuft nicht mehr auf dedizierter Hardware, sondern als Software auf Audis Edge Cloud 4 Production Plattform. Sie ist vollständig kompatibel mit dem TIA Portal; Updates lassen sich zentral und remote einspielen, ohne Lieferzeiten für Hardware abwarten zu müssen. Für Gerd Walker, Vorstand Produktion und Logistik bei Audi, ist das konsequente Fazit: Ein virtualisierter Shopfloor sei entscheidend für eine flexible Produktion. Siemens' softwaredefiniertes Automatisierungsportfolio ermögliche es, schnell auf Marktveränderungen zu reagieren und die Fertigung effizienter und flexibler zu gestalten.



Die Simatic S7-1500V ist die erste vollständig virtuelle Steuerung von Siemens: Die SPS läuft nicht mehr auf dedizierter Hardware, sondern als Software in der Cloud.

Bilder: Siemens

Die standardisierte, vernetzte Fabrik ist das Fundament. Doch das eigentliche Ziel ist eine Produktion, die sich im laufenden Betrieb selbst optimiert. Intelligent Production Excellence schließt diesen Kreis: Maschinen-zustände werden laufend erfasst, Anomalien automatisch erkannt und korrigierende Maßnahmen abgeleitet, bevor ungeplante Stillstände entstehen. KI-gestützte vorausschauende Wartung kann Verschleißmuster frühzeitig erkennen, datengetriebene Qualitätssysteme sichern die Produktionsqualität im geschlossenen Regelkreis, und integriertes Energiemanagement schafft Transparenz über den Energieverbrauch bis auf Maschinenebene.

Die Fabrik wird zum Wettbewerbsvorteil

Der Gewinner des nächsten Jahrzehnts wird nicht der Hersteller sein, der das komplexeste Auto entwirft, sondern wer die Fabrik beherrscht, die es baut. Virtual Manufacturing Engineering, Rapid Factory Transformation und Intelligent Production Excellence bilden den Digital Thread, der Produkt und Produktion verbindet. IT und OT verschmelzen, Maschinenleistung wird vorhergesagt statt nur gemessen, Entscheidungen fallen in Echtzeit.

Das neue Manifest der Branche ist klar: Produkt und Produktion sind keine getrennten Welten mehr. Die Fabrik ist das eigentliche Produkt.

« KF

Uday Senapati

ist Global Head of Automotive bei Siemens.

Cybersicherheit beginnt im Engineering: Eine sichere Architektur entsteht bereits bei der Projektierung vernetzter Systeme.

Bild: © TensorSpark/stock.adobe.com

INDUSTRIAL AI BRAUCHT SICHERE PROZESSE

Maschinen, Leitsysteme, Engineering-Werkzeuge und Unternehmensanwendungen sind eng vernetzt. Daten fließen zwischen Produktionsanlagen, OT- und IT-Systemen sowie Cloud-Anwendungen. Remote-Zugriffe unterstützen Service und Wartung, digitale Plattformen verknüpfen Produktion und Geschäftsabläufe. Damit wächst die Bedeutung sicher geplanter und betriebener Verbindungen. » VON FALK PLONUS

Cybersicherheit wird häufig zuerst mit Schutzmaßnahmen im Betrieb verbunden. Ein wesentlicher Teil der Sicherheitsarchitektur entsteht jedoch früher. Bereits im Engineering wird definiert, welche Systeme kommunizieren, wer Änderungen vornehmen darf, wie Daten abgesichert werden und welche Vertrauensbeziehungen bestehen. Damit wird die Projektierung zur wichtigen Stellschraube für die Cyberresilienz.

Engineering prägt die Sicherheitsarchitektur

Engineering umfasst mehr als Programmierung und Visualisierung. Hier werden Anlagenstrukturen geplant, Schnittstellen eingerichtet, Benutzerrollen definiert, Datenflüsse und Kommunikationswege festgelegt. Auch Authentifizierungsverfahren, Zugriffsrechte und Protokollierungsmechanismen werden berücksichtigt.

Diese Entscheidungen prägen die Angriffsfläche. Werden Sicherheitsaspekte erst nach Projektabschluss berücksichtigt, lassen sich grundlegende Architekturentscheidungen oft nur aufwendig korrigieren. Unsichere

Anbindungen, zu weit gefasste Benutzerrechte oder fehlende Nachvollziehbarkeit von Änderungen können über Jahre Risiken erzeugen.

Produktionsanlagen werden lange betrieben und zugleich kontinuierlich erweitert, modernisiert und angepasst. Eine saubere Projektierung erleichtert spätere Anpassungen. Dazu gehört, Assets, Schnittstellen und Kommunikationsbeziehungen eindeutig zu beschreiben. So lassen sich Datenflüsse, Vertrauensgrenzen und Schutzmaßnahmen festlegen. Versionierte Projektstände, kontrollierte Freigaben und dokumentierte Änderungen halten die Sicherheitsarchitektur konsistent.

Neue Anforderungen verändern die Projektierung

Mit zunehmender Vernetzung steigen die Anforderungen. NIS2 und der Cyber Resilience Act zielen darauf ab, Cybersicherheit systematisch in Entwicklung, Betrieb und Wartung digitaler und industrieller Systeme zu verankern. IEC 62443 bietet einen anerkannten Orientierungsrahmen für Betreiber, Integratoren, Service Provider und Produkthersteller.

Für Engineering-Teams bedeutet das einen Perspektivwechsel. Gefordert sind Systeme, deren Sicherheitskonzepte dokumentiert und über den Lebenszyklus gepflegt werden können. Sicherheitsanforderungen müssen beschrieben, umgesetzt, geprüft und bei Änderungen berücksichtigt werden.

■ CYBERSICHERHEIT BEGINNT NICHT AN DER FIREWALL UND ENDET NICHT BEIM PATCH-MANAGEMENT. DIE ENTSCHEIDENDEN WEICHEN WERDEN BEI DER PROJEKTIERUNG INDUSTRIELLER SYSTEME GESTELLT. ■

Sicherheit wird zum Qualitätsmerkmal moderner Engineering-Prozesse und zunehmend Teil von Ausschreibungen, Audits und Kundenanforderungen. Sicher geplante Systeme fördern zugleich Verfügbarkeit und eine stabile digitale Infrastruktur.

Secure by Design schafft Vertrauen

Ein wirksames Sicherheitskonzept beginnt bei der Softwarearchitektur. Früh berücksichtigte

Sicherheitsmechanismen lassen sich über den gesamten Lebenszyklus konsistent nutzen. Dazu zählen rollenbasierte Zugriffskonzepte, zentrale Benutzerverwaltungen, verschlüsselte Kommunikation, geschützte Änderungsprotokolle sowie die Authentifizierung von Benutzern und Systemen. Wichtig sind auch nachvollziehbare Änderungen und die Überwachung sicherheitsrelevanter Ereignisse.

Secure by Design geht über nachträglich ergänzte Schutzfunktionen hinaus. Sicherheitsanforderungen werden bereits bei Architektur und Entwicklung als fester Bestandteil der Lösung berücksichtigt. So lassen sich sichere Standardkonfigurationen, klar definierte Schnittstellen und kontrollierte Aktualisierungsprozesse vorsehen.

IEC 62443 beschreibt Anforderungen an den sicheren Betrieb industrieller Systeme, die Systemintegration und Prozesse für eine sichere Produktentwicklung. Werden diese Prinzipien im Entwicklungs- und Engineering-Prozess umgesetzt, ist Sicherheit als fester Bestandteil der Architektur angelegt.

Sichere Daten als Grundlage für Industrial AI

Mit Industrial AI erhält Cybersicherheit zusätzliche Bedeutung. KI-Anwendungen bieten Potenziale bei Anomalieerkennung, vorausschauender Instandhaltung oder der Optimierung von Produktionsprozessen. Ihre Ergebnisse sind jedoch nur so belastbar wie die zugrunde liegenden Daten.

Für Industrial AI reicht es nicht, Produktionsdaten verfügbar zu machen. Entscheidend sind Integrität, Herkunft, Vollständigkeit und zeitliche Einordnung. Manipulierte oder unvollständige Daten sowie nicht vertrauenswürdige Quellen mindern die Aussagekraft

Secure by Design schafft die Grundlage für resiliente Produktionssysteme und vertrauenswürdige Daten.

Bild: © yang/stock.adobe.com



DateTime	Asset	EventId	Source	InstanceId	Rule	Priority	Wco
10/05 8:55:01 AM	WINDRIVER10ZON/SECURITY	4024	Security	1861762	U0147 - DOMAIN ADMIN ACTIVITY BY WINDRIVER10	Warning	WINDRIVER10
10/05 7:09:23 AM	WINDRIVER10ZON/SECURITY	19	System	1861773	U0192 - WINDOWS UPDATE INSTALLED	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:09:05 AM	WINDRIVER10ZON/SECURITY	28	Microsoft-Windows-Security/Operational	281362806	U0191 - TIME SYNC ERROR	Warning	WINDRIVER10
10/05 7:09:05 AM	WINDRIVER10ZON/SECURITY	28	Microsoft-Windows-Security/Operational	281362804	U0191 - TIME SYNC ERROR	Warning	WINDRIVER10
10/05 7:09:05 AM	WINDRIVER10ZON/SECURITY	28	Microsoft-Windows-Security/Operational	281362803	U0191 - TIME SYNC ERROR	Warning	WINDRIVER10
10/05 7:09:05 AM	WINDRIVER10ZON/SECURITY	28	Microsoft-Windows-Security/Operational	281362876	U0191 - TIME SYNC ERROR	Warning	WINDRIVER10
10/05 7:09:05 AM	WINDRIVER10ZON/SECURITY	28	Microsoft-Windows-Security/Operational	281362851	U0191 - TIME SYNC ERROR	Warning	WINDRIVER10
10/05 7:23:28 AM	VAG-ZON/SECURITY	400	Windows PowerShell	1861768	U0194 - PLUG AND PLAY DEVICE INITIALIZED	Information	WINDRIVER10
10/05 7:23:25 AM	VAG-ZON/SECURITY	52	Microsoft-Windows-Security/Operational	1861812	U0157 - WINDOWS SYSTEM SAFE MODE DISABLE	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:25 AM	VAG-ZON/SECURITY	400	Windows PowerShell	1861769	U0194 - PLUG AND PLAY DEVICE INITIALIZED	Information	WINDRIVER10
10/05 7:23:17 AM	VAG-ZON/SECURITY	13	Microsoft-Windows-Security/Operational	1861879	U0156 - WINDOWS SYSTEM RECOVERY MODE DISABLE	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:16 AM	VAG-ZON/SECURITY	400	Windows PowerShell	1861770	U0194 - PLUG AND PLAY DEVICE INITIALIZED	Information	WINDRIVER10
10/05 7:23:15 AM	VAG-ZON/SECURITY	4728	Security	17056775	U0146 - USER ACCOUNT MANAGEMENT	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:15 AM	VAG-ZON/SECURITY	4728	Security	17056778	U0146 - SECURITY GROUP MANAGEMENT	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:15 AM	VAG-ZON/SECURITY	4728	Security	17056759	U0121 - LOCAL ACCOUNT MANAGEMENT	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:15 AM	VAG-ZON/SECURITY	4728	Security	17056758	U0146 - SECURITY GROUP MANAGEMENT	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:09 AM	VAG-ZON/SECURITY	400	Windows PowerShell	1861763	U0194 - PLUG AND PLAY DEVICE INITIALIZED	Information	WINDRIVER10
10/05 7:23:08 AM	VAG-ZON/SECURITY	11	Microsoft-Windows-Security/Operational	1861878	U0142 - SUSPICIOUS FILE ARCHIVER APPLICATION	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:08 AM	VAG-ZON/SECURITY	400	Windows PowerShell	1861763	U0194 - PLUG AND PLAY DEVICE INITIALIZED	Information	WINDRIVER10
10/05 7:23:08 AM	VAG-ZON/SECURITY	1	Microsoft-Windows-Security/Operational	1861878	U0138 - SUSPICIOUS SHADOW COPY DELETION	Critical	WINDRIVER10
10/05 7:23:08 AM	VAG-ZON/SECURITY	400	Windows PowerShell	1861763	U0194 - PLUG AND PLAY DEVICE INITIALIZED	Information	WINDRIVER10

Alarm- und Ereignisprotokolle, die übersichtlich und automatisiert erstellt werden, ermöglichen im Fall eines Zwischenfalls schnelles Handeln.

Bild: Copa-Data

von Analysen und Modellen. Fehlender technischer Kontext oder uneinheitliche Zeitstempel können zu falschen Bewertungen führen.

Cybersicherheit schützt deshalb auch die Verlässlichkeit der Informationen für datenbasierte Entscheidungen. Im Engineering wird festgelegt, welche Daten erfasst werden, aus welchen Quellen sie stammen, welche Systeme kommunizieren und wie Informationen übertragen, gespeichert und dokumentiert werden.

Eindeutige Datenquellen, geschützte Kommunikationswege, konsistente Zeitstempel und nachvollziehbare Änderungen schaffen eine Vertrauenskette von der Anlage bis zur KI-Anwendung. So können Industrial-AI-Lösungen verlässliche Ergebnisse liefern und sicher in industrielle Prozesse integriert werden.

Resilienz entsteht durch Struktur

Cyberangriffe lassen sich nie vollständig ausschließen. Entscheidend ist, wie gut Unternehmen Angriffe erkennen, begrenzen und den Betrieb stabilisieren können. Dafür braucht es eine klar strukturierte Systemarchitektur, nachvollziehbare Benutzer- und Rechtekonzepte, sichere Kommunikationsmechanismen

und die Auswertung sicherheitsrelevanter Ereignisse. Ebenso wichtig sind dokumentierte Abhängigkeiten, gesicherte Projektstände und definierte Verfahren zur Wiederherstellung nach einem Sicherheitsvorfall.

Backup- und Wiederanlaufkonzepte sollten bereits in der Projektierung berücksichtigt und regelmäßig geprüft werden. Sind Konfigurationen, Projektstände und notwendige Systemkomponenten nachvollziehbar gesichert, lassen sich industrielle Prozesse nach einem Vorfall kontrolliert wiederherstellen. Cybersicherheit im Engineering erhöht die Widerstandsfähigkeit und schafft die Grundlage für Digitalisierungsstrategien, regulatorische Nachweisbarkeit und datenbasierte Technologien.

Fazit: Sicherheit wird geplant - nicht nachgerüstet

Cybersicherheit beginnt nicht an der Firewall und endet nicht beim Patch-Management. Die entscheidenden Weichen werden bei der Projektierung industrieller Systeme gestellt. Wer Sicherheitsanforderungen frühzeitig in Architektur, Engineering und Softwareentwicklung integriert, reduziert Risiken über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage.

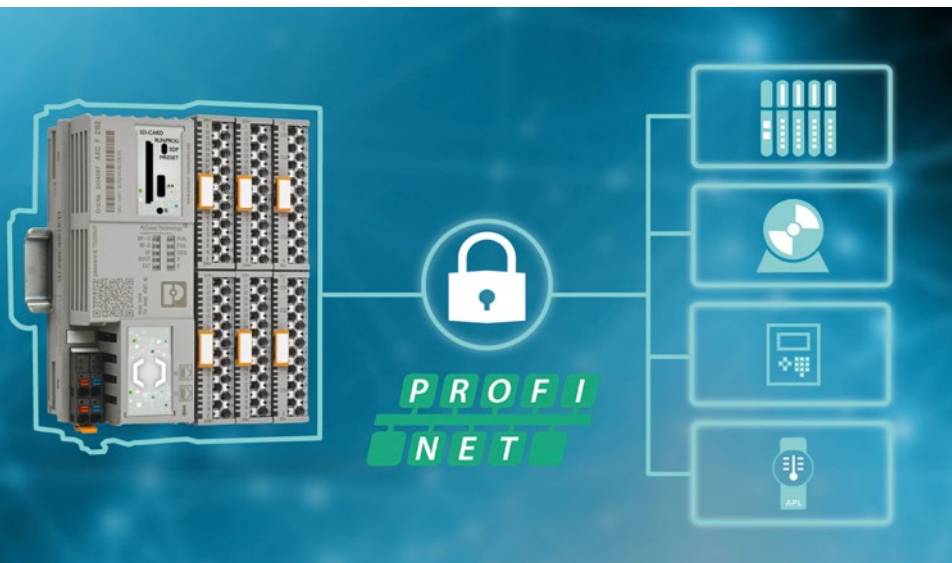
Damit wird Cybersicherheit zum strategischen Enabler der industriellen Digitalisierung. Sie schafft die Voraussetzung für resiliente Produktionssysteme, vertrauenswürdige Daten und den erfolgreichen Einsatz von Industrial AI.

« TB

Falk Plonus ist Head of Professional Services, T.I.S.P., bei Copa-Data Deutschland.

NOCH MEHR SECURITY FÜR PROFINET

Mit Profinet lassen sich die Anforderungen des Cyber Resilience Acts (CRA) schon heute erfüllen. Um für Cyber-Bedrohungen der Zukunft noch besser gerüstet zu sein, wurden im Rahmen der Profinet-Spezifikation 2.5 umfangreiche Mechanismen definiert, ohne dass es zu Inkompatibilitäten kommt. » VON GUNNAR LESSMANN



unterstützen. Da es sich um eine kompatible Erweiterung handelt, können bestehende Geräte integriert werden. Aus Security-Sicht ist es empfehlenswert, wenn alle Geräte in der Zelle 2.5-konform sind. Mit Profinet 2.5 setzt der komplette Datenaustausch zwischen dem Controller und den Devices direkt auf die Ethernet-Kommunikationsschicht auf (L2). Das hat zum einen den Vorteil, dass IP-Adressen nicht mehr zwingend erforderlich sind. Zum anderen lässt sich die Profinet-Kernaufgabe, also die Weiterleitung von Prozess- und Parameterdaten, über eine IP-basierte Kommunikation nicht mehr angreifen. Diese ist aber weiterhin möglich. Zu diesem Zweck lässt sich der externe IP-Zugriff über den Profinet-Dienst „Lockdown“ freischalten. Der Anwender kann somit konfigurieren, ob überhaupt ein externer Zugriff auf die Geräte notwendig ist (weißes Schloss). So lässt sich die Zelle ohne externe Firewall gegen unnötige IP-Zugriffe abschotten. Werden über definierte Profinet-Dienste auch die offenen Ethernet-Ports abgeschlossen, ist eine Secure-Cell im Grunde von außen nicht mehr angreifbar. Damit erweist sie sich als guter Kompromiss zwischen Aufwand und Security. Die sichere Zelle gemäß Profinet-Version 2.5 lässt sich durch neue Software auf vorhandenen Geräten nutzen.

Die Sicherheit gegen Cyber-Angriffe erhält auch in der Operational Technology (OT) zunehmende Bedeutung. Entsprechende Forderungen ergeben sich durch EU-Gesetze, zum Beispiel den Cyber Resilience Act (CRA) für Gerätehersteller und die Richtlinie NIS 2 für Maschinen- und Anlagenbetreiber. Feldkommunikationssysteme wie Profinet müssen sich diesen Herausforderungen stellen. Der Übertragungsstandard wurde in einer Zeit entwickelt, in der Cyber-Bedrohungen eher eine untergeordnete Rolle spielten. Aufgrund der hohen Marktverbreitung von Profinet steht dabei besonders die Kompatibilität im Vordergrund. Allerdings lassen sich nachhaltige State-Of-The-Art-Security-Konzepte nicht ohne Auswirkungen auf die Protokolllandschaft umsetzen. Profinet 2.5 gelingt dies dadurch, dass sich die Anwendersicht nicht ändert. Mit der Einführung dieser Protokollversion ergeben sich neben einer besseren Security zudem weitere Vorteile für den Anwender. Diese resultieren aus einem skalierbaren Konzept, das sich zielgerichtet anwenden lässt.

Abschottung der Geräte in einer Zelle

Beim bewährten Zellschutzkonzept von Profinet 2.4 steuert eine SPS (im Zentrum) als Profinet-Controller die zugeordneten Devices über das Profinet-Protokoll. Das bekannte Zellschutzkonzept sieht vor, dass die Zelle durch organisatorische Maßnahmen des Betreibers, beispielsweise über einen Zugangsschutz, so abgesichert ist, dass keine potenziell schädlichen Eingriffe direkt vor Ort auftreten. Übrig bleiben mögliche Gefahren durch Zugriffe aus der IT-Domain auf die Geräte selbst. Um hier sicher zu sein, sollte man eine Firewall vor die Zelle schalten. Über sie werden lediglich die Zugriffe freigegeben, die zwingend notwendig sind. Dazu werden die IP-Adressen der Geräte verwendet. Mit einem solchen Schutzkonzept kann man Maschinen und Anlagen mit Profinet-Kommunikation bereits jetzt sicher betreiben. Durch zusätzliche Eigenschaften lässt sich die Security von Profinet 2.5 bedarfsgerecht weiter verbessern.

IP-Adressen nicht mehr zwingend erforderlich

Abbildung 1 zeigt eine Zelle, die mit Geräten aufgebaut ist, die die Profinet-Version 2.5

Notwendigkeit einer Zertifikatsverwaltung

Sind darüber hinaus noch ein sicherer Zugriff von außen und abgesicherte Prozessdaten erforderlich, können die nächsten Optionen „Secure-Access“ und „Secure-Realtime“ zum Einsatz kommen. Auf diese Weise erhält der Anwender maximale Cybersecurity (Abbildung 2). Bei Secure Access lässt sich der äußere Zugriff auf eine Zelle durch kryptographische Verfahren gegen Manipulation durch den „Man in the Middle“ schützen oder sogar verschlüsseln. Bei Secure Realtime wird dies zusätzlich auf die zyklischen Pro-

zessdaten ausgeweitet. In beiden Fällen sind Zertifikate auf den Geräten notwendig. Diese können durch definierte Profinet-Dienste vergeben und verwaltet werden. Beides orientiert sich an den höchsten State-of-the-Art-Security-Standards, zum Beispiel AES 256. Abhängig vom Anwendungsfall muss man jedoch entscheiden, ob eine Zertifikatsverwaltung wirklich benötigt wird oder ob nicht die Secure Cell ausreicht.

Firmware-Update auf allen Geräten

Eine weitere Anforderung aller Security-Standards ist die Fähigkeit zur Umsetzung eines Firmware-Updates, falls man eine erkannte Schwachstelle schließen muss. Erstmals wird es mit Profinet-Diensten möglich sein, ein übergreifendes Firmware-Update auf sämtliche Geräte einer Zelle oder Anlage auszurollen. Dabei kann die Firmware selbst zusammen mit der Gerätebeschreibungsddatei (GSDML) in einem sogenannten Container (GSDX) ausgeliefert werden. Das stellt eine signifikante Verbesserung für das Profinet-Ökosystem dar: Das Firmware-Update lässt sich über den beschriebenen Mechanismen des Secure Access abgesichert durchführen.

Ereignismeldungen mit Security-Relevanz

Neben dem Firmware-Update spezifiziert die Version 2.5 ein anderes wichtiges Security Feature. Durch sogenannte Auditable Events können Geräte herstellerübergreifend Ereignisse mit Security-Relevanz melden. Als Beispiele seien Zugriffsversuche ohne gültige Berechtigungen oder die erfolgreiche Vergabe von Zertifikaten genannt. Das Format

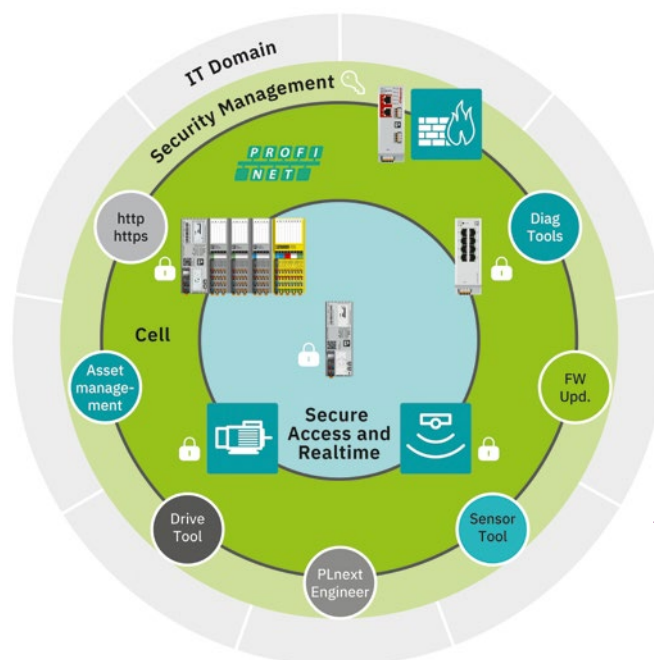


Abbildung 2: Secure-Access und Secure-Realtime mit Profinet 2.5.
Bilder: Phoenix Contact

der Ereignisse orientiert sich am verbreiteten syslog, das im Security-Umfeld Anwendung findet. Damit integriert sich Profinet nahtlos in bestehende Security Information and Event Management-Systeme (SIEM).

Integration ohne Kompatibilitätsbrüche

Ein sanfter Übergang zur Profinet-Version 2.5 könnte wie folgt aussehen: Im ersten Schritt sollten die verwendeten Geräte selbst „CRA Ready“ sein. Das hat nichts mit Profinet zu tun, sondern schützt beispielsweise vor manipulierter Firmware über Secure Boot oder vor externen Zugriffen. Phoenix Contact arbeitet daran, seine Geräte entsprechend auszurüsten. In diesem Zug werden zum Beispiel schon sichere Schlüsselspeicher zur Pflicht.

Abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall muss durch eine Thread & Risk-Analyse bewertet werden, ob und wo Profinet 2.5 Vorteile bringt. Die Analyse kann ergeben, dass Profinet 2.4 ausreicht oder Secure Cell und Secure Access/Secure Realtime gemäß der Version 2.5 erforderlich sind. Ist das der Fall, müssen die verwendeten Controller Profinet 2.4 und Profinet 2.5 unterstützen. Geräte mit der Version 2.5 sollten bevorzugt werden. Für den Einsatz in vorhandenen Installationen sollte zusätzlich die Version 2.4 möglich sein (Dual Stack). Durch dieses Vorgehen lassen sich perspektivisch alle Applikationen ohne Kompatibilitätsbrüche in Systeme mit Profinet 2.5 einbinden.

Geräte mit Profinet 2.5

Profinet 2.5 bietet einen umfangreichen Werkzeugkasten, um auch im Zeitalter der Sicherheitsbedrohungen abgesichert zu sein. Dabei werden weder Anwender noch Gerätehersteller zu einem inkompatiblen Schritt gezwungen. Profinet 2.5 eröffnet bereits ohne weitere Maßnahmen Vorteile, wie optionale IP-Adressen oder implizite Security durch die direkte Ethernet-Kommunikation. Phoenix Contact beschäftigt sich im Rahmen von Aktivitäten der Profibus/Profinet-Nutzerorganisation an der Entwicklung von Controllern und Devices, so dass zu geeigneter Zeit Geräte mit den notwendigen Voraussetzungen am Markt verfügbar sein werden. Einer schrittweisen Einführung steht somit nichts mehr im Wege.

« RT

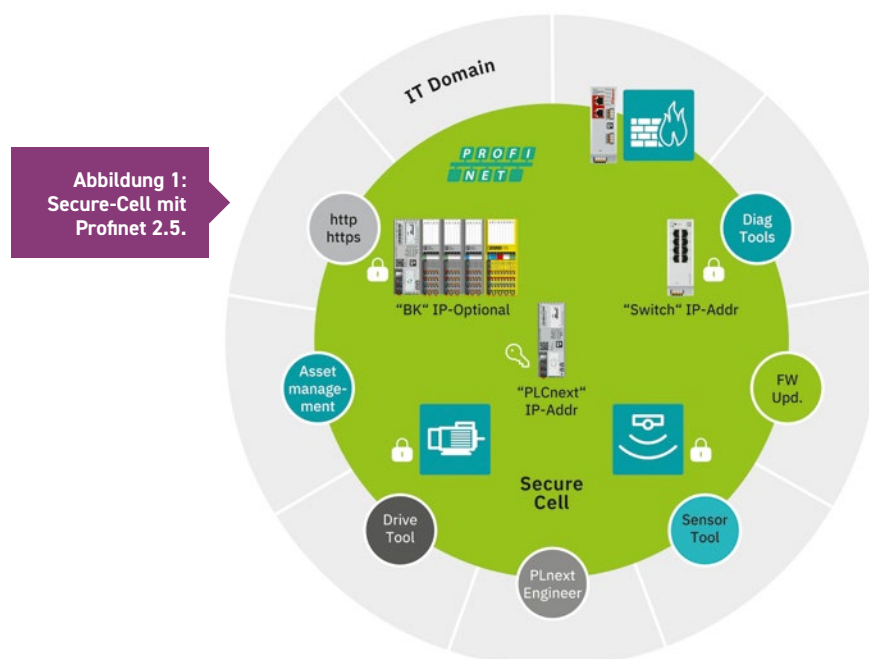
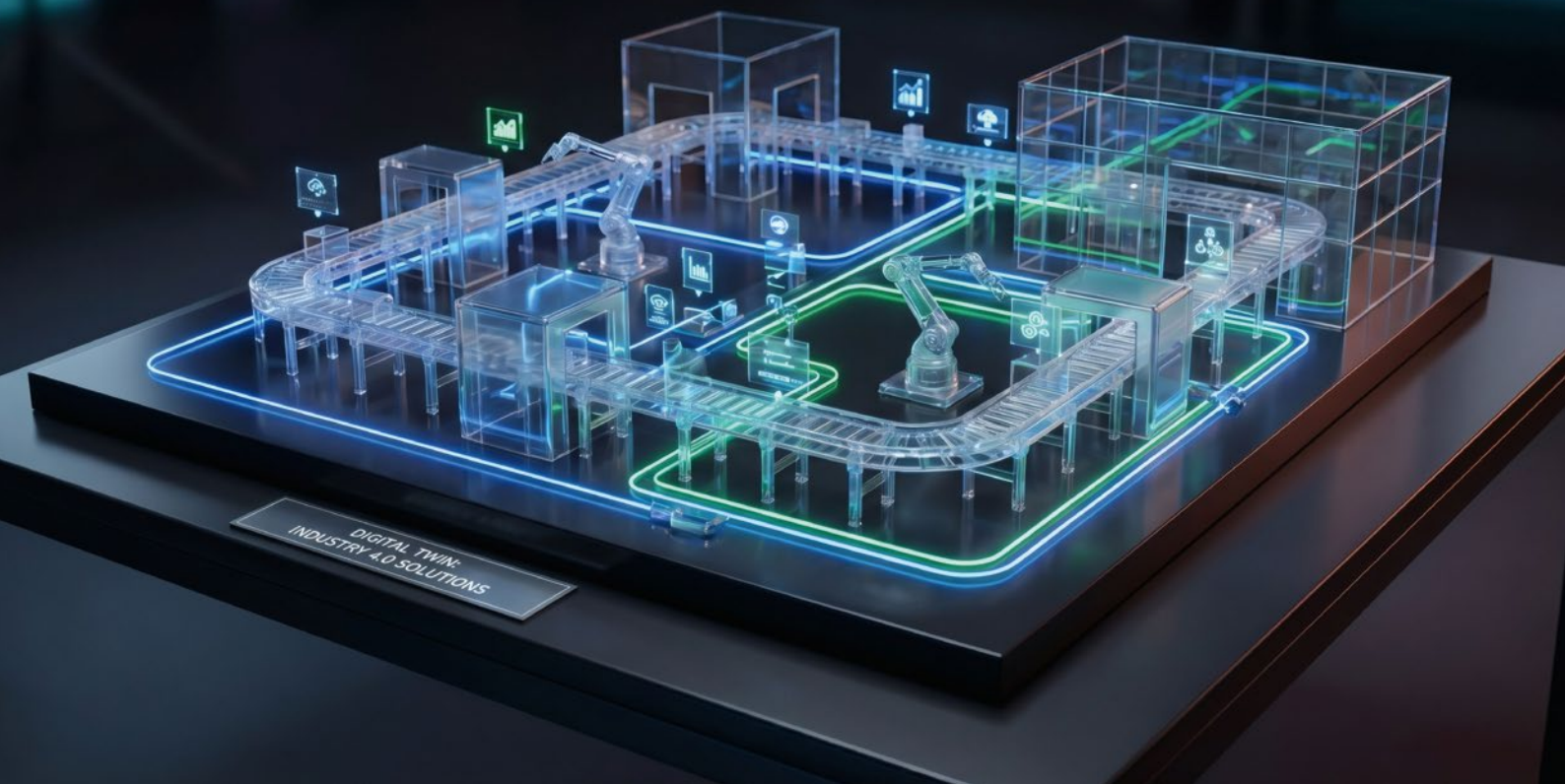


Abbildung 1: Secure-Cell mit Profinet 2.5.

Gunnar Lessmann ist Master Specialist Profinet und TSN bei Phoenix Contact in Bad Pyrmont.



DER DIGITALE ZWILLING ALS GAMECHANGER

Mit Emulate3D lassen sich Maschinen und Produktionsprozesse bereits vor ihrer physischen Umsetzung virtuell abbilden, testen und optimieren. Das verspricht kürzere Entwicklungszeiten, weniger Fehler und eine reibungslosere Inbetriebnahme. Im Gespräch erläutert Michael Maurer, Team Leader Domain Experts & Solution Consultant bei Rockwell Automation, welche Rolle Simulation, durchgängiges Engineering und die Integration von KI künftig spielen, und warum der Weg zur digitalen Fabrik am besten mit konkreten Anwendungsfällen beginnt.

? Digital Engineering Magazin (DEM): Herr Maurer, welche Rolle spielt Emulate 3D, die 3D-Simulationssoftware für digitale Zwillinge, aktuell für Rockwell Automation und die Fabrikplanung?

► MICHAEL MAURER: Der digitale Zwilling ist für uns weit mehr als nur ein Modewort; er ist das zentrale Werkzeug für die moderne Fabrikplanung. Mit Emulate3D schaffen wir eine virtuelle Umgebung, in der wir klassischen Ingenieuren bereits in der Planungsphase zeigen können, wie eine Maschine im späteren Betrieb funktioniert. Durch diese Simulation lassen sich Engpässe und Prozessabläufe frühzeitig erkennen, noch bevor

» WIR SIMULIEREN NICHT NUR BEWEGUNGSABLÄUFE, SONDERN AUCH PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN WIE DIE VISKOSITÄT VON FLÜSSIGKEITEN ODER DAS SPEZIFISCHE VERHALTEN VON BEHÄLTERN. «

die erste physische Komponente in der Produktionshalle steht. Aktuell liegt unser Fokus stark auf der Integration dieser Modelle, um den gesamten Lebenszyklus einer Anlage digital abzubilden. Ein aktuelles Beispiel hierfür ist unsere Zusammenarbeit mit Nvidia.

? DEM: Welche konkreten Vorteile ergeben sich durch den Einsatz virtueller Modelle für die Markteinführungszeit und die Kostenstruktur in der Produktion?

► MAURER: Der größte Vorteil liegt in der massiven Reduzierung der ‚Time-to-Market‘. Da wir den SPS-Programmcode und die mechanische Konstruktion direkt an dem

Im virtuellen Raum lässt sich sofort prüfen, ob der vorgesehene Platz in der Fabrik für die Anlage ausreicht. Dieser hohe Reifegrad bei der Erstinstallation führt zu einer pünktlichen und reibungslosen Inbetriebnahme.

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

virtuellen Modell testen können, entfällt die Notwendigkeit für physische Prototypen fast vollständig. Das spart nicht nur Zeit, sondern auch erhebliche Entwicklungskosten. Unsere Kunden kaufen somit keine ‚Katze im Sack‘, da wir die Funktionsfähigkeit der Maschine bereits vor der Auslieferung digital garantieren können. Zudem lässt sich im virtuellen Raum sofort prüfen, ob der vorgesehene Platz in der Fabrik ausreicht. Dieser hohe Reifegrad bei der Erstinstallation führt zu einer pünktlichen und reibungslosen Inbetriebnahme.

? DEM: Ein zentraler Aspekt Ihrer Arbeit ist die Integration verschiedener Systeme. Wie sieht die Zusammenarbeit mit Partnern wie Eplan aus, um den Engineering-Prozess zu optimieren?

MAURER: Die Partnerschaft mit Eplan ist essenziell für einen durchgängigen Engineering-Prozess. Ein Elektrokonstrukteur plant die Maschine in Eplan, und diese

Daten gelangen über einen Import in unsere SPS-Programmierungsumgebung. Diese nahtlose Integration verhindert Doppelangaben und reduziert Fehlerquellen massiv. Wir zeigen diesen kompletten Durchlauf – von der Elektroplanung über die Simulation in Emulate3D bis hin zur Bedienung über virtuelle Panels – sehr anschaulich an Praxisbeispielen, wie etwa einer kompletten Produktionslinie für die Lebensmittelindustrie.

➤ **WIR EMPFEHLEN, NICHT SOFORT DAS GESAMTE SYSTEM UMZUKREMPELN, SONDERN MIT EINEM ‚PROOF OF CONCEPT‘ FÜR EIN BESTIMMTES MASCHINENTEIL ZU STARTEN.** ◀

? DEM: In welchen Branchen wird diese Simulation denn bereits erfolgreich eingesetzt und wie tiefgehend sind die physikalischen Eigenschaften, die Sie digital abbilden können?

MAURER: Unsere Lösungen kommen in unterschiedlichen Industrien zum Einsatz, darunter der Materialtransport, die Verpackungsindustrie und die Automobilbranche.

Dabei gehen wir technologisch sehr tief: Wir simulieren nicht nur Bewegungsabläufe, sondern auch physikalische Eigenschaften wie die Viskosität von Flüssigkeiten oder das spezifische Verhalten von Behältern. Ein praktisches Beispiel ist die Umstellung einer Anlage auf ein neues Flaschendesign. Diese Änderung kann in Emulate3D virtuell getestet werden, bevor die reale Produktion angepasst wird. Das bietet den Maschinenbauern eine enorme Flexibilität und Sicherheit.

? DEM: Vielen Unternehmen fällt der Einstieg in die Digitalisierung schwer. Wie begleiten Sie Ihre Kunden bei der Implementierung eines digitalen Zwillings?

MAURER: Wir empfehlen, nicht sofort das gesamte System umzukrempeln, sondern mit einem ‚Proof of Concept‘ für ein bestimmtes Maschinenteil zu starten. So kann der Kunde den Nutzen und den Return on Investment (ROI) direkt greifen. Gemeinsam erstellen wir eine Roadmap, die Schritt für Schritt den Weg zur digitalen Fabrik ebnet. Es geht dabei auch um einen Wandel im Mindset des Teams: Man startet künftig nicht mehr nur eine Maschine, sondern einen digital abgesicherten Gesamtprozess.

? DEM: Welchen Fokus setzen Sie auf der diesjährigen SPS und wie lässt sich das umfassende Portfolio von Rockwell Automation zusammenfassen?

MAURER: Auf der kommenden SPS-Messe wird neben neuen Releases von Controllern und IO-Modulen, der Einsatz von KI im Engineering und Software Defined Automation im Fokus stehen. Das Portfolio von Rockwell Automation deckt die gesamte Automatisierungspyramide ab: Wir bieten alles von der Sensorik auf der Feldebene über speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) und Antriebstechnik bis hin zum ‚Data Layer‘. Letzterer umfasst Cloud-Anbindungen und MES-Lösungen. Zusätzlich integrieren wir mobile Roboter (AMR) und Wartungsmanagement-Systeme in unser Angebot. In enger Zusammenarbeit mit unserem Lifecycle-Service-Team bieten wir so ein rundes Gesamtpaket für die intelligente Produktion der Zukunft an.

? DEM: Herr Maurer, vielen Dank für das Gespräch. Wir sehen uns auf der SPS. ◀ KF

MICHAEL MAURER ist Team Leader Domain Experts & Solution Consultant bei Rockwell Automation.

Bild: Rockwell Automation

Die Fragen stellte Karin Faulstich, Redakteurin Digital Engineering Magazin.

AUS PRODUKTIONS-DATEN LERNEN

Trotz qualitativ guter CAD-Modelle treten im 3D-Druck häufig Fertigungsabweichungen auf, die in frühen Entwicklungsphasen oft schwer vorhersehbar sind. Der vorgestellte Ansatz kombiniert CAD-, Fertigungs- und CT-Scan-Daten, um KI-Modelle zur frühen Vorhersage kritischer Geometrien und potenzieller Qualitätsprobleme zu trainieren. » VON SISSY-LINH NGUYEN UND JÖRG BRÜNNHÄUSER

Konstrukteure und Konstrukteurinnen erkennen in frühen Entwicklungsphasen oft nicht zuverlässig, welche Geometrien, Toleranzen oder Design-Entscheidungen später in der Fertigung zu Qualitätsproblemen, Ausschuss oder mehreren Iterationsschleifen führen. Besonders bei der additiven Fertigung ist das reale Fertigungsverhalten durch geometrieabhängige Effekte wie Verzug, Schrumpfung oder prozessbedingte Maßabweichungen schwer vorhersehbar, sodass Bauteile mehrfach angepasst, erneut gedruckt und nachkorrigiert werden müssen. Eine frühzeitige Erkennung kritischer Geometrien und Toleranzabweichungen kann insbesondere in der additiven Fertigung helfen, fertigungskritische Designs früher zu identifizieren und dadurch wiederholte Iterationsschleifen, Prototypanpassungen und Produktionsprobleme zu reduzieren.

Wie digitale Modelle und KI die Produktentwicklung unterstützen sollen

Der klassische Prozess ist sehr reaktiv: Erst nach der Fertigung zeigt sich, ob ein Bauteil wie geplant entstanden ist. Abweichungen werden meist erst im Nachhinein erkannt und korrigiert. Bei komplexen Bauteilen kommt es daher auch schon in der Produktentwicklung zu mehreren Iterationen. Ein neuer Ansatz soll Konstruktionsdaten sowie fertigungsbezogene Entwicklungs- und Scandaten in einem digitalen Zwilling sammeln, um auf dieser Basis ein KI-Modell zu trainieren. Dessen Ziel ist es, Abweichungen nicht nur nachträglich zu erkennen, sondern systematisch zu lernen, um zukünftige Fertigungsabweichungen für ein zu fertigendes Design je Produktionsart vorherzusagen und

Konstrukteuren bereits in der Produktentwicklung eine erste Bewertung potenzieller Design- und Fertigungsprobleme zu ermöglichen. Damit soll der Übergang von einer reaktiven Fehlererkennung zu einer vorausschauenden, datenbasierten Unterstützung in Konstruktion und Entwicklung geschaffen werden.

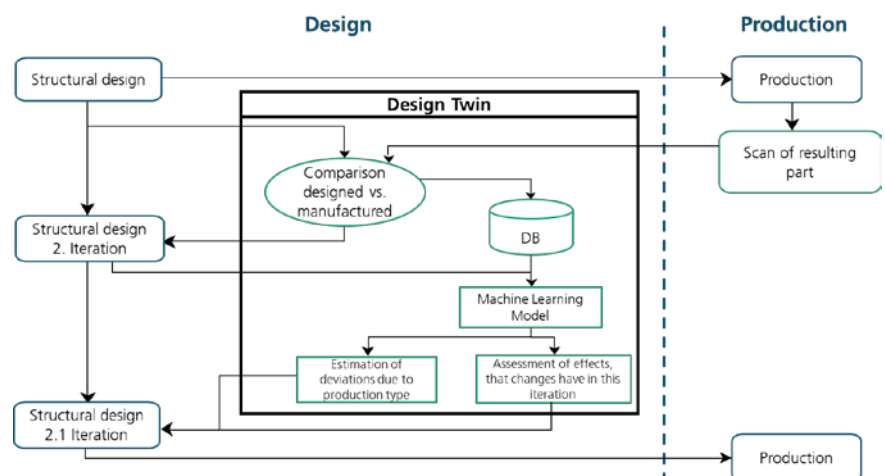


Abbildung 1: Konzept zum Sammeln von Soll- versus Ist-Vergleichen und der Nutzung dieser Daten in ML zur iterativen Verbesserung des Designs.

Wie aus Soll- und Realdaten ein lernfähiges Modell wird

Der wissenschaftliche Ansatz setzt genau hier an: Da in frühen Phasen der Produktentwicklung meist noch keine realen Fertigungsdaten aus dem operativen Betrieb vorliegen, wurden Fertigungsdaten von frühen Iterationen und Prototypen für elektrische Antriebe im Forschungsprojekt „Direkt“ genutzt. Dazu werden CAD-Modelle als Soll-Zustand mit 3D-Scans via Computertomographie aus gefertigten Bauteilen verglichen, die den realen Ist-Zustand digital erfassen. Die zu-

sammengeführten Soll- und Ist-Daten werden im digitalen Zwilling visualisiert, um die tatsächlichen Abweichungen darzustellen und für Personen aus Design und Produktion transparent zu machen. Auf Basis dieser historischen Vergleiche entsteht eine belastbare Datenbasis, mit der sich KI-Modelle trainieren lassen, um mögliche Geometrie- und Fertigungsprobleme frühzeitig zu erkennen (siehe Abbildung 1). In einem ersten Schritt wurden Formabweichungen auf Oberflächen untersucht, um geometrische Unterschiede zwischen geplantem und gefertigtem Bau-

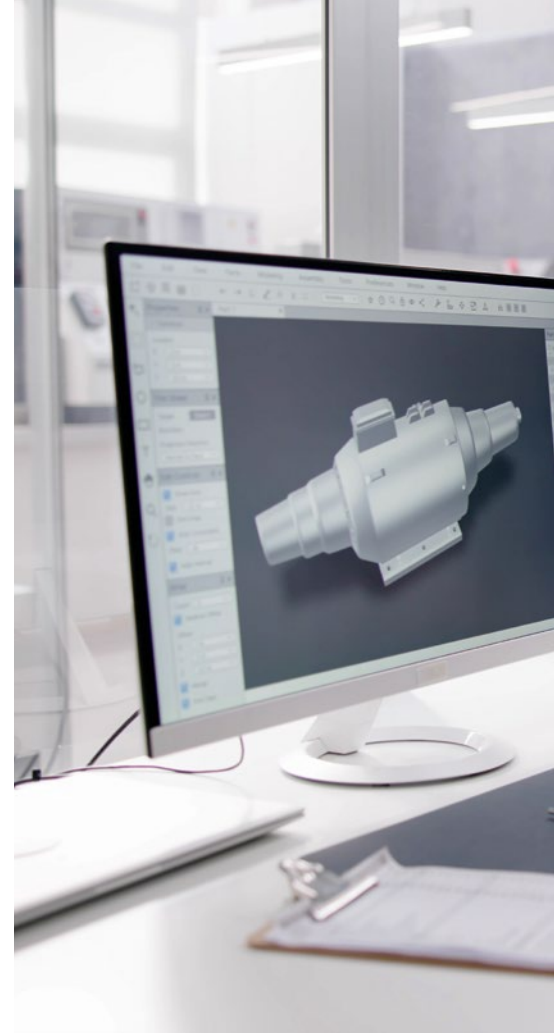




Bild: © Andrey Popov/stockadobe.com

teil räumlich sichtbar zu machen [1]. Erste Ergebnisse mit begrenzten Datensätzen zeigen, dass der Ansatz grundsätzlich geeignet ist, Abweichungen im 3D-Modell für vier verschiedene Fertigungsverfahren zu prognostizieren [2]. Abbildung 2 zeigt links die tatsächlichen Abweichungen eines mit Fused Deposition Modeling (FDM) gefertigten Teils und rechts die Prognose der Abweichungen

des ML-Modells. Richtung und Ort der Abweichungen werden bereits gut vorhergesagt, während die Farbtintensität noch leicht von den realen Scandaten abweicht.

Großes Potenzial durch früheres Feedback

Der konkrete Nutzen des Ansatzes liegt vor allem darin, Entwicklung und Konstruktion

deutlich früher Rückmeldung zu möglichen Fertigungsproblemen zu geben. Kritische Geometrien lassen sich bereits in der Produktentwicklung erkennen, bevor aufwändige Prototypen gefertigt oder mehrere Korrekturschleifen notwendig werden. Dadurch kann man Design-Iterationen verringern und Konstruktionen besser absichern, noch bevor das Bauteil in die operative Fertigung geht.

DER KONKRETE NUTZEN DES ANSATZES LIEGT VOR ALLEM DARIN, ENTWICKLUNG UND KONSTRUKTION DEUTLICH FRÜHER RÜCKMELDUNG ZU MÖGLICHEN FERTIGUNGSPROBLEMEN ZU GEBEN.

Besonders sinnvoll ist der Einsatz dieser Technologie bei stark iterativen Entwicklungsprozessen, additiven Fertigungsverfahren, bei komplexen Bauteilen, sowie bei Komponenten, die eine wichtige Rolle für Funktion oder Montage spielen. Auch bei Produkten mit hohem Prototypenaufwand und teuren Entwicklungsschleifen bietet der Ansatz großes Potenzial. Zwar konnte mit den wenigen Trainingsdaten bereits gezeigt werden, dass der Ansatz möglich ist, allerdings beschränken die verwendeten Trainingsdaten die Einsatzmöglichkeiten. Für ein allgemein einsetzbares KI-Modell müsste man beispielsweise mehr Geometrien berücksichtigen.

Fazit: Der Ansatz zeigt, dass die Kombination aus digitalem Zwilling, Scandaten und KI einen neuen Umgang mit Bauteilabweichungen in der Fertigung ermöglicht. Unternehmen können aus realen Produktionsdaten lernen und dieses Wissen systematisch in die Konstruktion zurückführen, um zukünftige Produkte robuster und fertigungsgerechter zu entwickeln.

« RT

Sissy-Linh Nguyen und Jörg Brünnhäuser sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Fraunhofer IPK.

Literatur

[1] Brünnhäuser, J., Dziubinska, M., Zakheer, U., Bilous, V., Zimmermann, T., Joost, R., & Lindow, K. (2026). Enhancing Product Design in Electric Aviation Through Digital Twins and Production Feedback Integration. *Engineering Proceedings*, 133(1), 21. <https://doi.org/10.3390/engproc2026133021>

[2] Brünnhäuser J., Dziubinska M., Zimmermann T., Lünemann P., & Lindow K (2027). Utilisation of Production Feedback for ML-Based Geometric Deviation Prediction. *NordDesign Conference*; 08-2026.

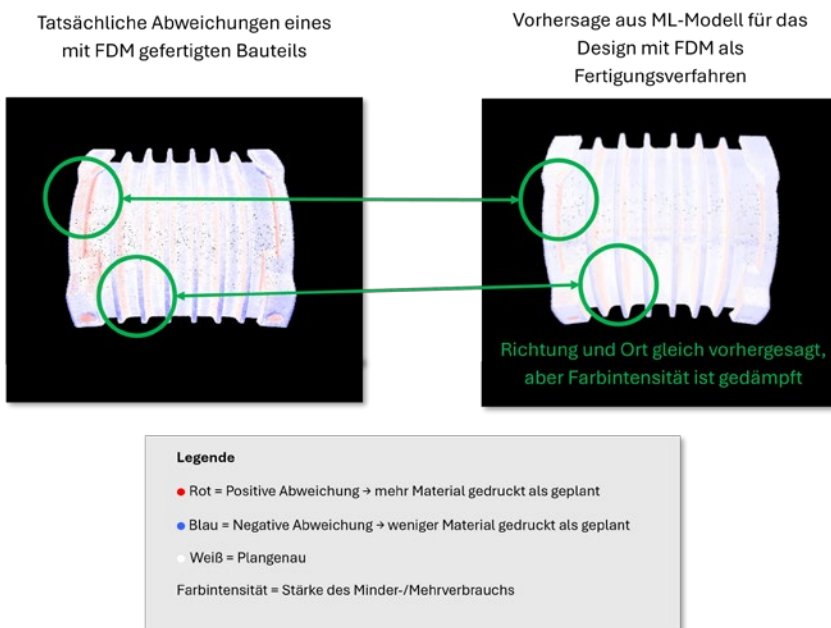


Abbildung 2: Abweichungen des Scans zum Design (links) und die Prognose des ML-Modells (rechts).

Bilder: Fraunhofer IPK

„WIR WOLLEN STRUKTURELLE SCHWÄCHEN BEHEBEN“

Über drei Millionen Anwender vertrauen auf die Cloud-native CAD/PDM-Plattform Onshape von PTC. Doch was unterscheidet ein konsequent Cloud-nativ entwickeltes CAD-System von klassischen – und auch von Cloud-basierten – Ansätzen? Darüber sprachen wir mit Jon Hirschtick, Onshape Co-Founder und Chief Evangelist bei PTC.

? Digital Engineering Magazin (DEM): Herr Hirschtick, es sind schon viele CAD-Systeme auf dem Markt. Warum haben Sie dennoch ein neues entwickelt?

■ JON HIRSCHTICK: Onshape ist aus der Motivation heraus entstanden, grundlegende Probleme zu lösen, mit denen Anwender bei herkömmlichen, Datei-basierten CAD-Systemen seit Langem konfrontiert sind. Dazu gehören etwa Inkompatibilitäten mit neuer Hardware oder Grafikkarten, weil Treiber nicht passen. Auch Software-Updates sind häufig mit erheblichem Aufwand verbunden – von Lizenzschlüsseln über deren Verteilung bis hin zur Sicherstellung, dass alle Beteiligten tatsächlich mit derselben Version arbeiten.

Das zentrale Problem liegt jedoch in der Dateiorientierung dieser Systeme. Bei der Modellierung entstehen schnell Hunderte oder Tausende von Dateien. Sobald Designs mit internen oder externen Partnern geteilt werden sollen, müssen diese kopiert, verschickt und verwaltet werden. Zusätzlich muss ein PDM-System – häufig sogar meh-

rere – diese Dateien konsistent ein- und auschecken können. Das ist komplex, fehleranfällig und bremst die Zusammenarbeit.

Mit einem konsequent Cloud-nativen Ansatz wollten wir genau diese strukturellen Schwächen beheben. Unser Ziel war es, dass sich Anwender nicht mehr mit Hardware, Installationen oder Versionsständen beschäftigen müssen. Onshape läuft auf praktisch jedem Endgerät – vom Chromebook über Tablets bis hin zum Smartphone – und alle Beteiligten arbeiten jederzeit auf demselben, aktuellen Stand.

? DEM: Was verstehen Sie konkret unter „Cloud-native“?

» **DAS ZENTRALE PROBLEM LIEGT IN DER DATEIORIENTIERUNG HERKÖMLICHER CAD-SYSTEME. DAS IST KOMPLEX, FEHLERANFÄLLIG UND BREMST DIE ZUSAMMENARBEIT.** «



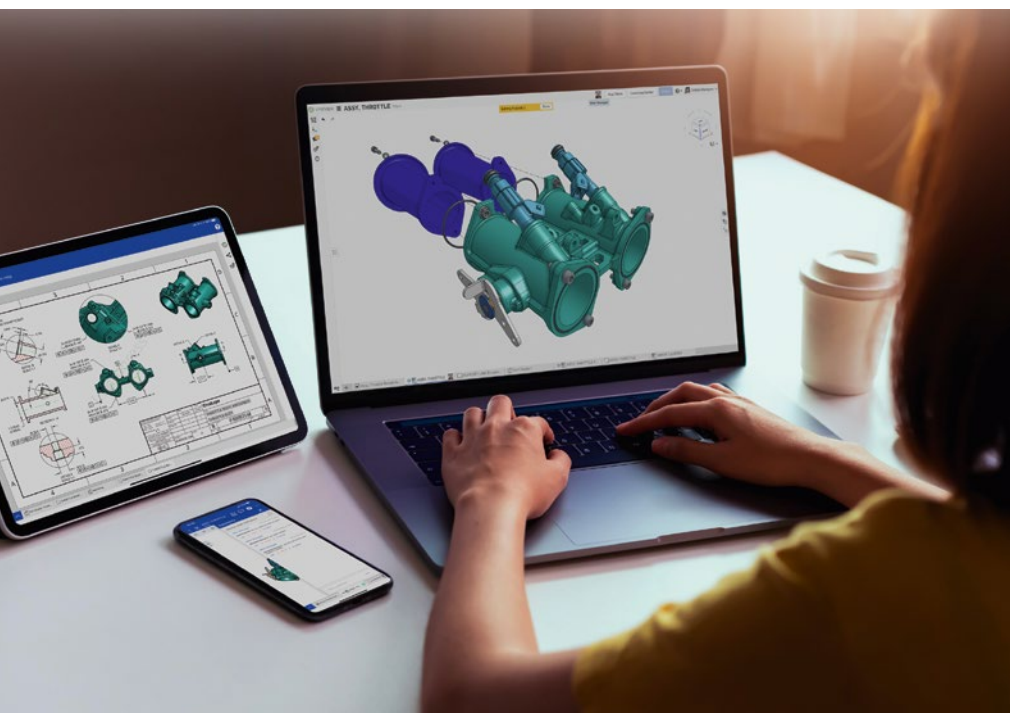
JON HIRSCHTICK ist Onshape Co-Founder und Chief Evangelist bei PTC.

■ HIRSCHTICK: Cloud-native Software wird nicht nur in der Cloud betrieben, sondern von Grund auf explizit für die Cloud entwickelt. Das bedeutet unter anderem eine mandantenfähige Architektur mit einer einzigen, zentral verwalteten Softwareinstanz. Updates werden routinemäßig bereitgestellt, ohne dass Kunden eingreifen, mit Unterbrechungen rechnen oder IT-Ressourcen bereitstellen müssen.

Für Unternehmen hat das mehrere Konsequenzen: Der Einstieg ist einfach und erfordert keine Investitionen in Codierung und IT-Infrastruktur. Skalierung ist jederzeit praktisch unbegrenzt möglich, und neue Nutzer oder Funktionen lassen sich schnell hinzufügen, wenn sich Anforderungen ändern. Sicherheitsmechanismen wie Zugriffskontrollen sind integraler Bestandteil der Plattform.

Ein wesentlicher Aspekt ist die neue Art der Zusammenarbeit: Cloud-native Systeme unterstützen die ortsunabhängige Zusammenarbeit in Echtzeit, wie sie mit klassischen

Onshape läuft auf jedem Endgerät – vom Chromebook über Tablets bis hin zum Smartphone.



Architekturen kaum möglich ist. Informationen lassen sich kontrolliert mit externen Partnern teilen, während das geistige Eigentum geschützt bleibt. Insgesamt verändern solche Plattformen, wie Teams kommunizieren und wie Produktentwicklungsprozesse ablaufen.

DEM: Sie sprechen häufig von „agilem Engineering“. Was bedeutet das in diesem Kontext?

HIRSCHTICK: Wir beobachten bei vielen Kunden einen grundlegenden Wandel ihrer Entwicklungsprozesse. Produkte bestehen heute oft nicht mehr nur aus mechanischen Komponenten, sondern aus mechatronischen Systemen mit Embedded Software. Das erhöht den Abstimmungsbedarf zwischen Disziplinen erheblich. Um dennoch effizient zu bleiben, müssen Iterationen kürzer und Rückkopplungsschleifen reduziert werden. Hinzu kommt ein kultureller Wandel. Jüngere Generationen von Mitarbeitenden erwarten eine andere, agilere Arbeitskultur.

Gleichzeitig verändert sich das Marktumfeld schneller als früher. Folglich müssen Unternehmen häufiger Änderungen umsetzen – und zwar parallel, in kleineren Schritten und über mehrere Disziplinen hinweg.

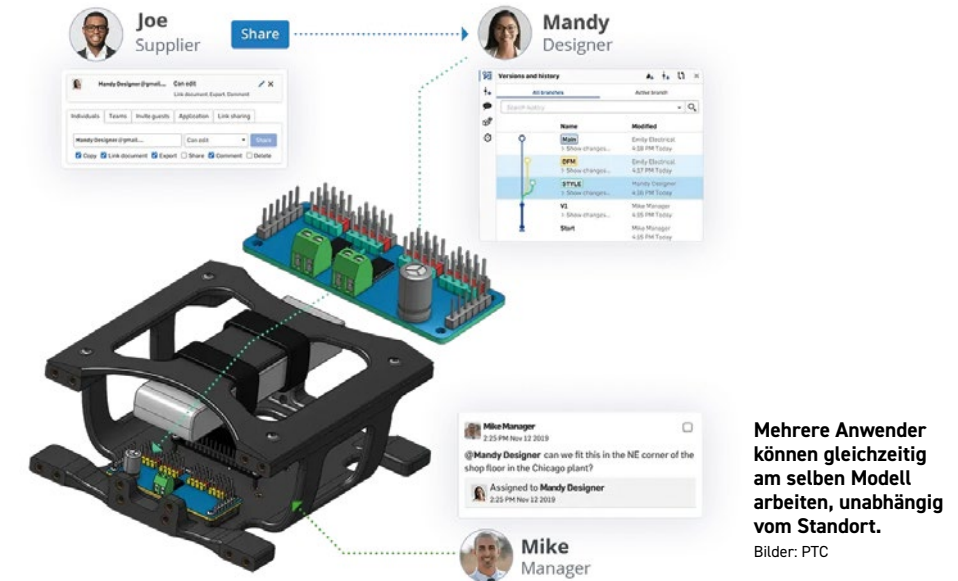
Agiles Engineering bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Entwicklung in kurzen Zyklen stattfindet und jederzeit überprüfbar ist, ob Teillösungen zusammenpassen. Eine Plattform, die paralleles Arbeiten unterstützt und Änderungen transparent macht, ist dafür eine wesentliche Voraussetzung.

DEM: Viele Unternehmen kämpfen seit Jahren mit dem Thema Produktdatenmanagement. Löst ein Cloud-nativer Ansatz dieses Problem?

HIRSCHTICK: Ja – und zwar indem Daten nicht mehr als isolierte Dateien, sondern zentral in einer gemeinsamen Datenbank verwaltet werden. Alle Beteiligten greifen in Echtzeit auf dieselben Informationen zu. Versionsstände, Änderungen und Abhängigkeiten sind jederzeit nachvollziehbar. Die Architektur unterscheidet sich grundlegend von klassischen Ansätzen, bei denen CAD- und PDM-Systeme getrennt sind.

DEM: Würden Sie diesen Ansatz als eine Revolution im CAD-Bereich bezeichnen?

HIRSCHTICK: Ich würde sagen: Für viele Anwender ist es ein sehr konsequenter Schritt in die Zukunft. Die Arbeitsweise verbessert sich spürbar, und mit wachsender Erfahrung steigt auch die Bereitschaft, Entwicklungsprozesse entsprechend anzupassen.



Mehrere Anwender können gleichzeitig am selben Modell arbeiten, unabhängig vom Standort.
Bilder: PTC

DEM: Zeigt sich dieser Unterschied auch im praktischen Umgang mit dem CAD-System?

HIRSCHTICK: Definitiv. Ein zentraler Punkt ist der einfache Zugang. Das klingt nach nichts Besonderem, doch selbst in größeren Unternehmen ist der CAD-Arbeitsplatz nach wie vor an spezielle Workstations gebunden. Ingenieure kommen oft nur deshalb ins Büro, weil sie dort Zugriff auf ihre Modelle haben. Der Zugang zu den Daten ist damit bereits ein organisatorisches Thema – ganz abgesehen von den Kosten für Hardware, IT-Betrieb, Cloudanbindung oder separate PDM-Server. Eine Cloud-native Plattform ermöglicht dagegen den ortsunabhängigen Zugriff ohne spezielle Hardware.

» LANGFRISTIG SEHEN WIR DEN TREND, PARTNER DIREKT ÜBER EINEN LINK EINZULADEN UND GEMEINSAM IN DERSELBEN MODELLIERUNGsumgebung AN DEN CAD-DATEN ZU ARBEITEN. «

Der zweite große Unterschied besteht in der Zusammenarbeit: Mehrere Anwender können gleichzeitig am selben Modell arbeiten, unabhängig vom Standort. Änderungen sind sofort sichtbar, inklusive vollständiger Versionshistorie und Prüfpfad. Das Risiko, versehentlich Arbeit zu überschreiben oder mit veralteten Daten zu arbeiten, entfällt.

Für global verteilte Entwicklungsteams ist das ein entscheidender Vorteil. Feed-

back kann schneller umgesetzt werden, Entscheidungen lassen sich früher absichern und Entwicklungszyklen deutlich verkürzen. Gerade in einem Umfeld mit volatilen Lieferketten oder wechselnden Anforderungen ist diese Agilität ein wichtiger Wettbewerbsfaktor.

DEM: Gibt es auch Neuerungen im eigentlichen Modellierungsprozess?

HIRSCHTICK: Ja. Onshape unterstützt unter anderem die sogenannte Mixed-Mode-Vernetzung und analytische Modellierung im selben Modell. So können Volumen- oder Flächenmodelle aus einem generischen Designalgorithmus importiert werden.

Ein weiterer Punkt ist die verfügbare Rechenleistung. Durch die Cloud stehen Ressourcen für Rendering oder Simulation flexibel zur Verfügung, ohne dass Anwender Performance-Einschränkungen ihrer lokalen Hardware berücksichtigen müssen. Ergänzt wird das durch fortgeschrittene Funktionen in der Baugruppenmodellierung.

DEM: Welche Rolle spielen klassische CAD-Austauschformate noch?

HIRSCHTICK: Onshape unterstützt gängige Austauschformate wie JT oder STEP AP 242. Grundsätzlich stellt sich jedoch die Frage: Warum brauchen wir diese überhaupt noch? Langfristig sehen wir den Trend, Partner direkt über einen Link einzuladen und gemeinsam in derselben Modellierungsumgebung an den CAD-Daten zu arbeiten.

DEM: Herr Hirschtick, vielen Dank für das Gespräch.

« KF



CAD/CAM AUF DEM WEG ZUR SELBSTLERNENDEN FERTIGUNG

Durchgängige Datenketten, automatisierte NC-Programmierung und künstliche Intelligenz sollen die Fertigung produktiver und unabhängiger von knappen Fachkräften machen. Doch dafür müssen Daten, Systeme und Prozesse zusammenspielen. Neun Branchenexperten erläutern, worauf es dabei ankommt und wie sich CAD/CAM-Lösungen weiterentwickeln.

» VON KARIN FAULSTROH

Medienbrüche zwischen Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung kosten Zeit, erhöhen das Fehlriskio und erschweren die Automatisierung. Moderne CAD/CAM-Systeme versprechen Abhilfe – etwa mit Feature-Erkennung, wiederverwendbarem Fertigungswissen, Simulation und digitalen Zwillingen. Künftig könnte KI noch stärker zum Produktivitätstreiber werden, vorausgesetzt, die Datenbasis stimmt und ihre Entscheidungen bleiben nachvollziehbar. Hier kommen unsere...

FRAGEN AN DIE EXPERTEN:

1. Systembrüche und Insellösungen sind ineffizient. Welche Voraussetzungen müssen Unternehmen erfüllen, um eine durchgängige Datenkette vom CAD-Modell bis zur Werkzeugmaschine zu schaffen?
2. Fachkräftemangel und steigender Kostendruck erhöhen den Automatisierungsbedarf. Welche Funktionen moderner CAM-Lösungen bieten heute den größten Mehrwert für Fertigungsunternehmen?
3. Welche Rolle spielt künstliche Intelligenz heute und in Zukunft in modernen CAD-/CAM-Lösungen?



JAN NIESTRATH

Manager Industrial Machinery bei Autodesk
Bild: Autodesk

1 In der Praxis scheitert die durchgängige Datenkette oft schon daran, dass Konstruktion und Fertigung mit unterschiedlichen Datenständen arbeiten. Deshalb müssen CAD-Geometrie, Fertigungsinformationen, Werkzeugwege und Änderungen in einem gemeinsamen Prozess verknüpft bleiben. Dafür braucht es integrierte CAD-/

CAM-Lösungen, gepflegte Werkzeug-, Maschinen- und Postprozessbibliotheken sowie Simulation und Kollisionsprüfung. Ebenso wichtig sind klare Datenverantwortung und standardisierte Abläufe. Mit der abgeschlossenen Übernahme von MaintainX vertieft Autodesk die Erweiterung dieser Perspektive in Betrieb und Instandhaltung: Wartungsdaten können zusätzlichen Kontext für einen durchgängigen Datenfluss liefern.

»Die nächste Stufe ist Neural CAD: KI arbeitet direkt mit 2D- und 3D-Geometrie und berücksichtigt Konstruktionsabsicht, Fertigbarkeit und physikalische Randbedingungen.«

2 Der größte Hebel liegt dort, wo CAM-Software wiederkehrende Aufgaben übernimmt und Fehler erkennt, bevor sie an der Maschine teuer werden. Dazu zählen automatische Bohrungserkennung, elementbasierte Bearbeitungsstrategien, Kollisionsvermeidung, 3- bis 5-Achs-Simulation sowie mess- und tastgestützte Prüfprozesse. So sinken Programmieraufwand, Ausschuss und Stillstandsrisiken. Automatisierung ersetzt das Erfahrungswissen der CAM-Programmierer nicht, sondern macht es über Vorlagen und Regeln skalierbar.

3 Heute hilft KI vor allem dabei, Merkmale zu erkennen, Varianten zu erzeugen, Simulationen zu unterstützen und Änderungen schneller in die Fertigung zu überführen. Die nächste Stufe ist Neural CAD: KI arbeitet direkt mit 2D- und 3D-Geometrie und berücksichtigt Konstruktionsabsicht, Fertigbarkeit und physikalische Randbedingungen. Langfristig ermöglicht das Anwendungen rund um Physical AI, bei der CAD-, Maschinen-, Sensor- und Betriebsdaten in Lernkreisläufen zusammenkommen. Weitere Einblicke und Produktankündigungen gibt es auf der Autodesk University vom 15. bis 17. September in Las Vegas.



JÖRG RUDIG

Head of CAM Manufacturing & Woodworking
Bechtle PLM

Bild: Bechtle PLM

1 Voraussetzung ist eine durchgängige, integrierte Systemlandschaft aus CAD, CAM, PDM/PLM und Maschinenanbindung. Produkt-, Werkzeug- und Maschinendaten müssen zentral, aktuell und versionssicher verfügbar sein. Standardisierte Schnittstellen, Simulationen zur Absicherung, passende IT-Infrastruktur sowie klar definierte Freigabe-, Änderungs- und Fertigungsprozesse sind ebenso nötig wie gut ausgebildete Mitarbeitende.

2 Den größten Mehrwert bieten heute die automatisierte Feature-Erkennung, Wissensdatenbanken mit Templates, kollisionsgeprüfte Simulationen im Rahmen der virtuellen Inbetriebnahme, anwendungsspezifische Bearbeitungsstrategien zur Optimierung von Laufzeiten und Werkzeugen, integrierte CAD-Anbindung sowie Mehrkanal- bzw. Mehrachsenunterstützung. Das Ergebnis sind ein deutlich geringerer Programmieraufwand, niedrigere Fehlerquoten, kürzere Rüst- und Durchlaufzeiten sowie eine höhere Maschinenproduktivität.

3 Künstliche Intelligenz unterstützt moderne CAD/CAM-Lösungen heute bei Automatisierung, Fehlererkennung, Variantenbildung, Simulation und optimierter Fertigungsplanung. In Zukunft wird sie Designs generativ entwickeln, Bearbeitungsstrategien selbstständig verbessern, Qualität vorhersagen und CAD/CAM stärker mit digitalen Zwillingen, Datenanalysen und adaptiver Produktion verknüpfen. Die Entwicklung zielt ab auf eine schnellere Entwicklung, weniger Ausschuss und vor allem eine höhere Effizienz.

»In Zukunft wird KI Designs generativ entwickeln, Bearbeitungsstrategien selbstständig verbessern, Qualität vorhersagen und CAD/CAM stärker mit digitalen Zwillingen, Datenanalysen und adaptiver Produktion verknüpfen.«



ANSGAR CLAES

Sales Leader DACH Manufacturing Intelligence
Division Hexagon

Bild: Hexagon

1 Alle existierenden Schnittstellen zwischen CAD, CAM und Werkzeugmaschine sollten durch eine zentrale Datenbasis und standardisierte Formate abgedeckt werden. Mithilfe von Software für Automatisierung und Simulation sowie dem Einbeziehen des realen Maschinenverhaltens können Prozesse bereits vor der Bearbeitung validiert werden. Ein digitaler Zwilling hilft zusätzlich: Er bildet Maschine, Werkzeuge und Aufspannung realistisch ab und die Fertigungsdaten fließen zurück in die CAD- und CAM-Programme.

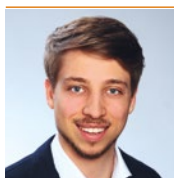
2 Der größte Mehrwert entsteht heute nicht mehr durch einzelne spezifische Fräs- oder Drehstrategien. Die automatisierte Programmierung mittels Feature-Erkennung, datenbankgestützter Programmierung sowie KI, beispielsweise in Proplan AI, reduzieren den Programmieraufwand um 50-75 Prozent. Darüber hinaus ist der integrierte digitale Zwilling und damit die Machine Awareness von

immenser Bedeutung. Außerdem sollten moderne CAM-Systeme offen gegenüber Werkzeugverwaltungssystemen, G-Code Simulationssystemen und ERP-Systemen sein. Die beste CAM-Software ist heute nicht die mit den meisten Funktionen, sondern diejenige, die mit weniger Personal mehr NC-Programme in konstant hoher Qualität erzeugt.

3 Eine zentrale Rolle – die Technologie ist der große Produktivitätssprung. Heute unterstützen wir Programmierer bereits mit dem Hexagon-Copilot, nutzen historische Fertigungsdaten und stellen die Wiederverwendung bewährter Prozesse sicher. Mit Softwares wie Proplan AI lernt KI aus bereits gefertigten Bauteilen. Außerdem kann KI digitale Zwillinge und Maschineninformationen nutzen, um optimale Bearbeitungsentscheidungen zu treffen.

In Zukunft wird selbstlernende Fertigung möglich: Die nächste Software-Generation wird echte Produktionsrückmeldungen einarbeiten. Dafür hat Hexagon beste Voraussetzungen: Im Portfolio haben wir schon heute sämtliche Applikationen, die diese Funktionen erfüllen.

»Die beste CAM-Software ist heute nicht die mit den meisten Funktionen, sondern diejenige, die mit weniger Personal mehr NC-Programme in konstant hoher Qualität erzeugt.«



LUDWIG HAAS

Assistent der Geschäftsleitung und CSO
bei Inneo Solutions

Bild: Inneo Solutions

1 Aktuell sprechen viele Unternehmen über KI. Dabei wird oft übersehen, dass KI nur so gut sein kann wie die Datenbasis, auf die sie zugreift. Wer Potenziale in Konstruktion und Fertigung nutzen möchte, braucht deshalb zunächst eine durchgängige Datenkette. Dazu gehören saubere Produktdaten, leistungsfähige PDM/PLM-Systeme, standardisierte Schnittstellen und möglichst wenige Medienbrüche zwischen CAD, CAM und Maschine. Erst wenn Informationen konsistent und aktuell verfügbar sind, lassen sich Automatisierung, Wissensnutzung und künftig auch KI-Anwendungen wirtschaftlich einsetzen.

2 Die Basis jeder erfolgreichen Automatisierung ist eine durchgängige Prozesskette vom CAD-Modell bis zur Maschine. Die Daten ohne Medienbrüche systemübergreifend zu verknüpfen ist ein unterschätzter Faktor. Besonders relevant sind heute die automatisierte NC-Programmierung auf Basis von Features

»Wenn sich Konstrukteure und Fertigungsplaner dank KI stärker auf Innovation statt Administration konzentrieren können, dann haben wir die Rolle von KI in modernen CAD-/CAM-Lösungen gefunden.«

und bewährtem Fertigungswissen, die Wiederverwendung von Templates sowie die enge CAD-Integration. Damit lassen sich Programmierzeiten teils um 30 bis 50 Prozent reduzieren und gleichzeitig Qualität sowie Prozesssicherheit steigern. Ergänzt um 5-Achs-Simultanbearbeitung, Fräsdrehen und virtuelle Kollisionsprüfungen haben moderne CAM-Systeme immer wieder neue Mehrwerte. Um den personellen Abgängen der nächsten Jahre

begegnen zu können, ist es aus meiner Sicht also enorm wichtig, Wissen zu sichern und den Weg für jüngere Mitarbeiter zu ebnen,

FRAGEN AN DIE EXPERTEN:

1. Systembrüche und Insellösungen sind ineffizient. Welche Voraussetzungen müssen Unternehmen erfüllen, um eine durchgängige Datenkette vom CAD-Modell bis zur Werkzeugmaschine zu schaffen?
2. Fachkräftemangel und steigender Kostendruck erhöhen den Automatisierungsbedarf. Welche Funktionen moderner CAM-Lösungen bieten heute den größten Mehrwert für Fertigungsunternehmen?
3. Welche Rolle spielt künstliche Intelligenz heute und in Zukunft in modernen CAD-/CAM-Lösungen?

damit jahrzehntelanges Wissen per KI zu schnellen Programmierergebnissen führen kann.

3 Der Ingenieursgeist wird durch KI nicht ersetzt werden. Die Stärke von Ingenieuren liegt im Verstehen von Zusammenhängen, im Lösen komplexer Probleme und in der Entwicklung neuer Ideen. KI kann dagegen in Sekunden Entwürfe erzeugen, Varianten bewerten oder repetitive Aufgaben automatisieren. Genau darin sehe ich ihre Rolle in modernen CAD/CAM-Lösungen: Sie nimmt Routinearbeiten ab und schafft Freiräume für die eigentliche Wertschöpfung. Wenn sich Konstrukteure und Fertigungsplaner dank KI stärker auf Innovation statt Administration konzentrieren können, dann haben wir die Rolle von KI in modernen CAD/CAM-Lösungen gefunden.



PATRICK MIEKAUTSCH

Chief Business Officer
bei Janus Engineering
Bild: Janus Engineering

1 Durchgängigkeit ist keine Schnittstellenfrage, sondern eine Architektur- und Führungsentscheidung. Unternehmen brauchen ein konsistentes Datenmodell, in dem Geometrie, PMI, Revisionen, Fertigungsmerkmale, Werkzeuge und Maschinen verknüpft sind. Dazu gehören klare Datenverantwortung, ein verbindlicher Änderungsprozess sowie validierte Postprozessoren und Maschinensimulationen. Erst wenn CAD, PLM, CAM und Shopfloor nicht mehr eigene Wahrheiten verwalten, entsteht eine belastbare Kette vom Modell bis zum freigegebenen NC-Programm.

»Die Grenze ist klar: Eine Blackbox darf im Engineering kein Entscheider sein. KI muss nachvollziehbar bleiben, Standards einhalten und messbar Qualität, Stabilität und Wirtschaftlichkeit verbessern.«

2 Der größte Hebel moderner CAM-Systeme liegt nicht in der schnelleren Berechnung von Werkzeugwegen, sondern darin, Fertigungswissen zu skalieren. Featurebasierte Programmierung, wiederverwendbare Bearbeitungsregeln, automatische Werkzeugwahl, integrierte Simulation und digitale Maschinenmodelle verkürzen Programmier- und Einarbeitungszeiten, reduzieren Fehler und sichern Unternehmensstandards. Für den DACH-Markt ist das zentral: Hohe Qualität und Variantenvielfalt müssen trotz knapper Fachkräfte und Kostendruck beherrschbar bleiben.

3 KI entwickelt CAM von regelbasierter Automatisierung zu lernenden, kontextbezogenen Systemen. Bei Janus sehen wir bereits, wie KI vorhandene NC-Programme analysiert und Zusammenhänge zwischen Geometrie, Strategie, Werkzeug und Parametern in unternehmensspezifisches Wissen überführt. Künftig

wird sie Varianten bewerten, Risiken früh erkennen und robuste Bearbeitungsfolgen vorschlagen. Die Grenze ist klar: Eine Blackbox darf im Engineering kein Entscheider sein. KI muss nachvollziehbar bleiben, Standards einhalten und messbar Qualität, Stabilität und Wirtschaftlichkeit verbessern.



DR. JOSEF KOCH

CTO Open Mind Technologies
Bild: Open Mind Technologies

1 Wenn Werkzeugdaten, NC-Programme oder Fertigungsinformationen in mehreren Systemen separat gepflegt und manuell übertragen werden, entstehen Medienbrüche und Fehlerquellen. Durchgängige Prozessketten brauchen offene Softwarearchitekturen und klar definierte Schnittstellen. Hypermill lässt sich flexibel mit MES, PLM, Werkzeugmanagement oder ERP verbinden. Mit Hummingbird verfügen wir zudem über ein eigenes MES, das Hypermill mit der Fertigungsplanung und -steuerung verbindet. Entscheidend ist, dass spezialisierte Lösungen zuverlässig Daten austauschen und Informationen bis an die Maschine weitergeben.

»Bei hochpräzisen und sicherheitskritischen Aufgaben wie Werkzeugbahnberechnung, Kollisionskontrolle oder reproduzierbaren Bearbeitungsprozessen bleiben regelbasierte Algorithmen unverzichtbar.«

2 Moderne CAM-Lösungen schaffen Mehrwert, indem sie vorhandenes Fertigungswissen wiederverwenden, Routineaufgaben automatisieren und sichere Prozesse ermöglichen. Mit den Hypermill-Automatisierungstechnologien lassen sich zum Beispiel Bearbeitungsschritte standardisieren, Werkzeuge intelligent zuordnen und bewährte Abläufe wiederverwenden. Simulation und maschinenbezogene Optimierung verkürzen zusätzlich Programmierzeiten und reduzieren Fehler. Experten werden entlastet und weniger erfahrene Anwender schneller produktiv.

3 KI kann große Datenmengen analysieren, Muster erkennen, Wissen leichter zugänglich machen und Anwender bei komplexen Aufgaben unterstützen. So lassen sich Prozesse beschleunigen und Know-how besser nutzen. Bei hochpräzisen und sicherheitskritischen Aufgaben wie Werkzeugbahnberechnung, Kollisionskontrolle oder reproduzierbaren Bearbeitungsprozessen bleiben regelbasierte Algorithmen unverzichtbar. Künftig werden spezialisierte KI-Anwendungen bestehende CAM-Technologien gezielt ergänzen und einzelne Aufgaben effizienter machen.



JULIA HEIDE

Portfolio Development Executive
bei Siemens Digital Industries Software
Bild: Siemens

1 Eine durchgängige digitale Prozesskette benötigt eine zentrale Datenbasis, auf die Konstruktion, Fertigungsplanung und Produktion gemeinsam zugreifen. CAD, CAM, Simulation und Datenmanagement müssen nahtlos verbunden sein, sodass An-

derungen automatisch in nachgelagerte Prozesse einfließen. Standardisierte Abläufe, Änderungsmanagement sowie die Integration von Maschinen, MES und ERP schaffen einen durchgängigen Digital Thread. Plattformen wie Siemens Designcenter und Teamcenter verbinden die Prozesse, reduzieren Fehler, beschleunigen Abläufe und erhöhen die Transparenz.

2. Der Fachkräftemangel erschwert die Suche nach qualifizierten NC-Programmierern und Fertigungsspezialisten. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Produktivität, Qualität und Termintreue. Moderne CAM-Lösungen helfen durch Automatisierung, Simulation und Standardisierung. Feature-basierte Bearbeitung erkennt Bohrungen, Taschen oder Gewinde automatisch und nutzt hinterlegtes Expertenwissen. Simulationen und digitale Zwillinge prüfen NC-Programme bereits vor der Fertigung auf Kollisionen, Verfahrrwege und Prozessrisiken. Intelligente Werkzeugwegstrategien reduzieren Bearbeitungszeiten, verlängern Werkzeugstandzeiten und verbessern die Maschinenauslastung. So lassen sich Produktivität und Prozesssicherheit steigern und Fachkräfte gezielt entlasten.

3. Künstliche Intelligenz wird zunehmend zum Innovationstreiber in Entwicklung und Fertigung. Schon heute unterstützt sie bei der Erkennung von Fertigungsmerkmalen, der Auswahl von Bearbeitungsstrategien, der Optimierung von Werkzeugwegen sowie der Analyse von Konstruktions- und Fertigungsdaten. Künftig wird KI stärker als intelligenter Assistent in Konstruktion, Fertigungsplanung und Simulation eingesetzt. Anwender können zunehmend per natürlicher Sprache mit Systemen interagieren, die automatisch Vorschläge für Konstruktionen und Prozesse generieren. In Verbindung mit digitalen Zwillingen lassen sich Prozesse kontinuierlich analysieren und optimieren. KI ersetzt dabei nicht den Menschen, sondern automatisiert Routineaufgaben, skaliert Expertenwissen und entlastet Fachkräfte.



DOMINIK ÖHLER

Principal Solutions Consultant
bei PTC

Bild: PTC

1. Die Basis ist ein durchgängiges 3D-Mastermodell. Produkt- und Fertigungsinformationen (PMI) sollten dafür direkt im CAD-Modell hinterlegt werden. Model-Based Definition (MBD) reduziert Medienbrüche und verhindert so Informationsverluste zwischen Konstruktion und Fertigung. Zudem müssen CAD, CAM und PLM auf derselben Produktstruktur arbeiten, damit Geometrie, Stücklisten, Materialien und Änderungsstände konsistent bleiben. Assoziative Prozesse sorgen dafür, dass Konstruktionsänderungen automatisch in die Fertigung übernommen werden. Ziel ist ein Intelligent Product Lifecycle, bei dem Daten nicht exportiert werden, sondern im gesamten Produktentstehungsprozesses verfügbar sind.

2. Den größten Mehrwert bietet die Kombination aus Automatisierung, Standardisierung und Wiederverwendbarkeit: Eine

»Anwender können zunehmend per natürlicher Sprache mit Systemen interagieren, die automatisch Vorschläge für Konstruktionen und Prozesse generieren.«

automatische Feature-Erkennung reduziert den Programmieraufwand und beschleunigt die NC-Erstellung, wissensbasierte Bearbeitungsstrategien machen Fertigungs-Know-how wiederverwendbar und Prozesse reproduzierbar. Assoziative NC-Programme bleiben bei Modelländerungen aktuell und reduzieren die Nacharbeit. Zudem machen standardisierte Templates und UDFs Expertenwissen für unerfahrenere Anwender zugänglich.

3. KI automatisiert bereits repetitive Tätigkeiten, unterstützt Arbeitsabläufe, hilft bei der Modellanalyse und dem Auffinden von Informationen. Künftig wird KI in der Konstruktion auch Designvorschläge generieren, Prozesse optimieren und Unternehmenswissen nutzbar machen. In der Fertigung wird sie Bearbeitungsstrategien, Werkzeugauswahl und NC-Prozesse automatisiert vorbereiten und optimieren. Dabei bleibt die Expertise des Anwenders entscheidend. Voraussetzung ist jedoch eine konsistente Datenbasis über CAD, CAM und PLM hinweg.

»Künftig wird KI in der Konstruktion auch Designvorschläge generieren, Prozesse optimieren und Unternehmenswissen nutzbar machen.«



GUNTHER WAMSER

Geschäftsführer
von Schott Systeme

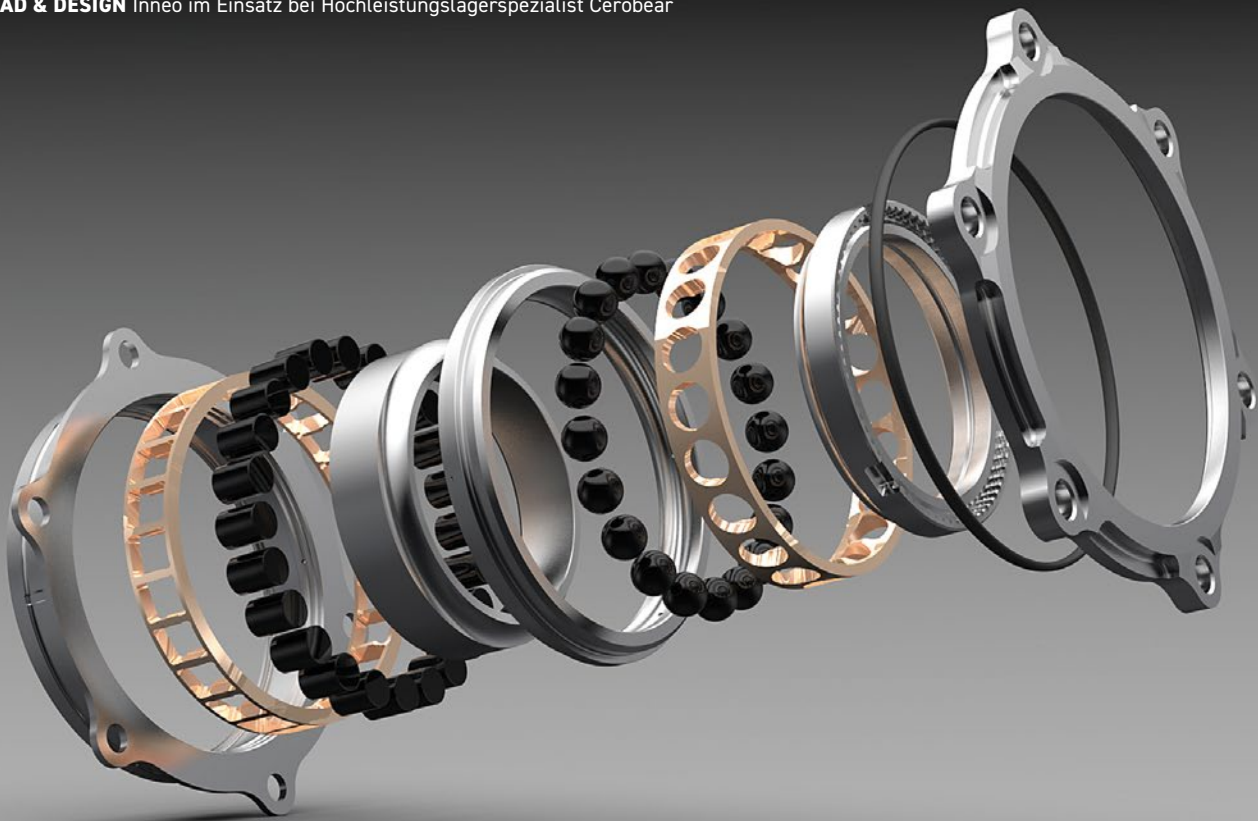
Bild: Schott Systeme

1. Idealerweise kommt ein durchgängiges CAD/CAM-System aus einer Hand zum Einsatz, um Brüche an der kritischsten Schnittstelle komplett zu vermeiden – dem Übergang vom CAD zum CAM. Schott Systeme entwickelt seit über 40 Jahren mit Pictures by PC eine solche durchgängige CAD/CAM-Lösung. In der Realität sieht es in den meisten Betrieben jedoch anders aus: Hier sind oft mehrere unterschiedliche CAD- und CAM-Systeme parallel im Einsatz. Erschwert wird dies zudem durch die notwendige Anbindung weiterer Systeme wie PLM oder PDM. Deshalb müssen bestehende Softwarelandschaften vor allem im Hinblick auf ihre Konnektivität kritisch hinterfragt werden. Zukunftsorientierte Software soll nicht nur über Schnittstellen verfügen, sondern andere Programme steuern können und selbst steuerbar sein.

2. Moderne CAM-Lösungen nehmen dem Anwender vor allem die Routineaufgaben ab: Standardgeometrien werden automatisch erkannt und den passenden Bearbeitungsstrategien sowie Werkzeugen zugeordnet. Um die Prozesse jedoch optimal abzubilden, benötigt der Anwender maximale Flexibilität bei der Hinterlegung seiner individuellen CAM-Strategien.

3. Softwarehersteller setzen KI bereits ein, um neue CAD/CAM-Funktionen effizienter zu entwickeln. Wesentlich relevanter ist diese Technologie für den Softwarenutzer selbst: Mit Hilfe von KI können Anwender selbst mit rudimentären Programmierkenntnissen ihre Prozesse automatisieren und eigene Features generieren. Deshalb sind CAD/CAM-Anbieter gefordert, ihren Kunden den Zugang zur Systemprogrammierung so einfach wie möglich zu machen. Wünschenswert sind gängige CAD/CAM-Plattformen, die der Anwender seinen Bedürfnissen anpasst.

»Mit Hilfe von KI können Anwender selbst mit rudimentären Programmierkenntnissen ihre Prozesse automatisieren und eigene Features generieren.«



HÖCHSTE LEISTUNG – AUF DER RENNSTRECKE UND AUF DEM MARS

„Race to Road“ nennt man es in der Automotive-Branche, wenn Technologien aus dem Rennsport in Serienfahrzeugen verwendet werden. Tatsächlich aus der Formel 1 kommt Cerobear, die ihre Hybrid- und Keramikwälzlager in den unterschiedlichsten Bereichen vertreibt. Für seine meist kundenspezifischen Lösungen nutzt das Unternehmen PTC Creo in einer von Inneo unterstützten Installation. » VON RALF STECK

Formel 1 und das Space Shuttle, Flugzeuge und Helikopter, aber auch Oil & Gas und die Lebensmittelindustrie – wenn Geschäftsführer Fabian Bachmann seine Kunden aufzählt, fallen bekannte Namen aus Hightech-Branchen. Sein Schwiegervater Jens Wemhöner gründete 1989 das Unternehmen, als er am Fraunhofer IPT über die Zerspanung hochfester Materialien promoviert hatte. Das Unternehmen ist bis heute eng mit den Hochschulen und Forschungseinrichtungen verbunden – der Firmenstandort in Herzogenrath nahe Aachen ist kein Zufall.

Praktisch alle Formel-1-Boliden ebenso wie nahezu alle Le-Mans-Sieger seit 1999 setzen auf Cerobear-Lager, die meist aus einer Kombination von Keramikwerkstoffen und Hochleistungsstählen bestehen. Wemhöner begann früh, Speziallager für Rennwagen zu bauen, bei denen es auf höchste Perfor-

mance bei geringer Größe und möglichst geringem Gewicht geht.

In den Anfangsjahren machte der Rennsport einen großen Teil des Umsatzes aus; dass es in Herzogenrath clevere Lösungen für Lagerprobleme gibt, sprach sich bald aber auch in anderen Bereichen herum. So wurden im Hauptantrieb des Space Shuttle die Cerobear-Lösungen eingesetzt – wäh-

DIE BEFESTIGUNGSPUNKTE DER DOPPELLAGER SIND DIREKT INS GEHÄUSE INTEGRIERT.

rend die Düsenaggregate vorher nach jedem Flug demontiert und neu gelagert werden mussten, konnten die Ingenieure zeigen, dass ihre Lager 18 Ausflüge ins All überstehen.

Aber auch in der Lebensmittelindustrie werden Keramiklager eingesetzt, weil sie

selbstschmierende Eigenschaften und keinen Abrieb aufweisen. So können zum einen Lebensmittel und Getränke direkt im Kontakt mit dem Lager sein, ohne verschmutzt zu werden – Dichtungen sind überflüssig. Zum anderen sind die Lager gegen die hochaggressiven Reinigungsmittel resistent, die aus Hygienegründen in solchen Anlagen eingesetzt werden.

Im Marsrover „Perseverance“ sind eine Vielzahl an Lagertypen verbaut, ebenso an Bord der Artemis-Rakete, die demnächst zum Mond fliegt. Das Unternehmen mit seinen fast 200 Mitarbeitern hat sich als Lösungsanbieter für die ganz kniffligen Fälle etabliert und wächst ständig weiter. Doch der Einstieg in Bereiche wie Aerospace bringt auch neue Herausforderungen: Um dort als Zulieferer ernstgenommen zu werden, braucht es mehr Hintergrund, als es ein Mittelständler aus Herzogenrath bieten kann. So wollen die Luftfahrtunternehmen jahrzehntelange Lie-

AutoForm

Softwarelösungen für
Blechumformung
und Rohbau



Hybrid-Flanschlager
für den Rennsport.

ferfähigkeit nachgewiesen haben, die Flugzeuge sind ja auch entsprechend lang im Einsatz. Als Konsequenz schlüpfte das Unternehmen 2013 unter das Dach des MinebeaMitsumi-Konzerns, der die entsprechende Sicherheit liefern konnte. 2020 übergab der Firmengründer das Unternehmen an die nächste Generation.

„Wir konstruieren selbstverständlich alles in 3D“, sagt Konstruktionsleiter Gero Burghardt. „Man sieht es den Lagern oft nicht an, aber es steckt extrem viel Know-how in der Formgebung der Laufbahnen, Innenbereiche und Käfige.“ Nahezu alle Lager, die der Hersteller liefert, wurden speziell an den Kundenanforderungen entlang entwickelt; so findet man hier Doppellager, die Rollen- und Kugellager in einem Gehäuse verbinden und deren Befestigungspunkte direkt ins Gehäuse integriert sind.

DAS 3D-MODELL ENTSTEHT INNERHALB VON WENIGEN MINUTEN STATT MEHREREN STUNDEN.

Eine weitere Spezialität sind Fanglager, die als Sicherheitselement in schnelldrehenden Anwendungen eingesetzt werden. Wenn die aktive Magnetlagerung einer Welle in einem Gebläse zur Wasseraufbereitung, einem Gas-expander oder einer Werkzeugmaschinen-spindel versagt, fängt das Lager die Welle auf. Dabei beschleunigt das Lager vom Stillstand nahezu sofort auf über 200 Stundenkilometer. Dementsprechend komplex ist die Konstruktionsarbeit und dementsprechend viel Know-how steckt in den 3D-Modellen. Sehr wichtig ist andererseits, dieses Know-how zu schützen, weshalb die Konstrukteure die Funktionen in Creo zum Entfernen von Innenbereichen und Vereinfachen von Mo-



Vollkeramik-Rillenkugellager
aus Zirkonoxid.

dellen nutzen, bevor sie die 3D-Modelle im STEP-Format an den Kunden geben.

Direkte Kopplung zwischen Creo und CAM-Software

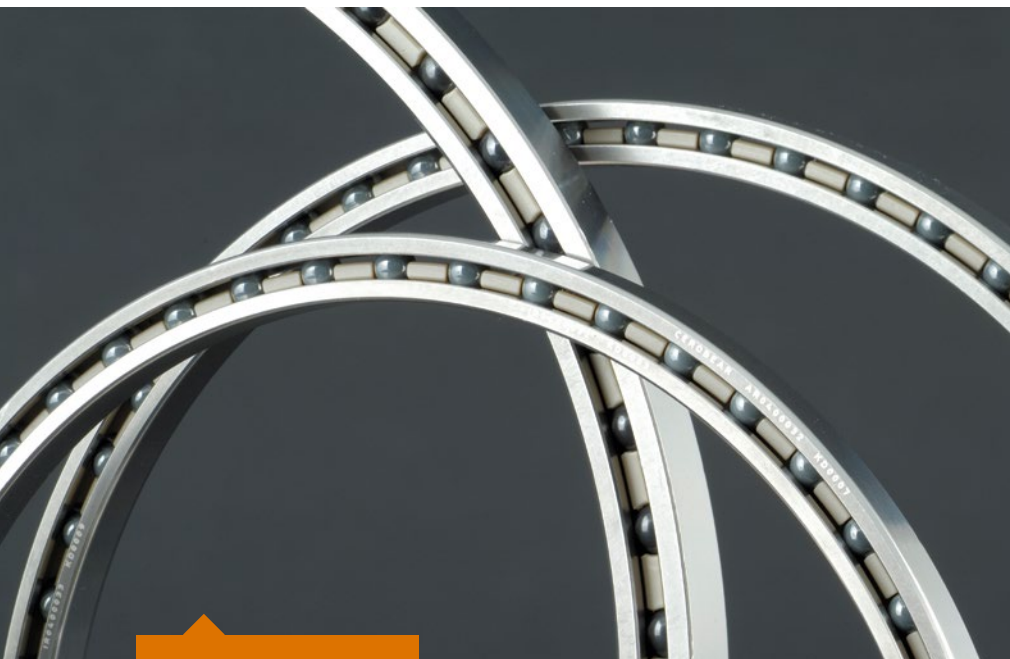
Das 3D-Modell ist die Grundlage für die folgenden Prozesse von der NC-Programmierung über die Fertigung bis zur Montage. Wie gut Creo die Prozesse unterstützt, verdeutlicht Burghardt: „Wir haben den Prozess der NC-Programmerstellung von Stunden auf Minuten verkürzen können.“ Das ist nicht zuletzt auf die direkte Kopplung zwischen Creo und CAM-Software zurückzuführen, die es ermöglicht, direkt auf dem CAD-Modell die Fräs- und Drehbearbeitungen zu definieren. „Auch die Kunden nutzen die 3D-Daten“, fügt Burghardt an, „so unterstützen unsere Daten auch deren Prozesse. Viele unserer Kunden nutzen ebenfalls Creo oder ein System, das unsere Daten direkt lesen kann.“ Der Prozess beginnt üblicherweise mit einem Lastenheft des Kunden, auf dessen Basis in 3D erste Skizzen und dann immer detailliertere Entwürfe entstehen. Eine grob ausgearbeitete Baugruppe geht dann als STEP-Datei an den Kunden, der damit die Außenform in sein Modell einsetzen und die Geometrie verifizieren kann.

Nach der Bestätigung und Bestellung durch den Kunden beginnt dann die Ausgestaltung des eigentlichen Lagers im Innern. Burghardt wirft ein: „Hier kommt unsere Expertise in der Lagertechnik und unsere



AUTOFORM
Forming Reality

www.autoform.com



Hybrid-Dünnringlager.

Werkstoffkenntnis in Bezug auf Keramik und Sonderkunststoffe ins Spiel. Creo gibt uns volle Freiheit, die Volumenmodelle so zu gestalten, dass die Lager optimale Performance liefern.“ Wichtig ist auch die Kopplung des 3D-Modells mit den 2D-Zeichnungen, so dass sich Änderungen im Modell sofort und automatisch in den Fertigungszeichnungen widerspiegeln.

Konstrukteure legen verschiedene Zwischenstände der Bearbeitung an

Nach der Freigabe des Modells werden die Volumendaten ins CAM-System übergeben und dort die Fertigung vorbereitet. Im Modell legen die Konstrukteure verschiedene Zwischenstände der Bearbeitung an, beispielsweise die Geometrie vor dem Härten, die als Rohteil für die Endbearbeitung dient. Diese Instanzen sind jedoch im System stets miteinander gekoppelt, sodass sich auch hier Änderungen auf alle Instanzen übertragen. „Wir erstellen auch 3D-Hilfsansichten für die Montage, die dort dann dreidimensional angezeigt werden können“, verdeutlicht Burghardt. „Dazu legen wir Schnitte und färben Flächen ein, um Sachverhalte verständlicher darzustellen.“

Sobald die Konstruktionsdaten fertig sind, werden sie an das ERP-System übergeben. „Aktuell übergeben wir dabei nur die Zeichnungen und die Modelldateien“, erläutert IT-Manager Kurt Peters, „aber wir möchten in der Zukunft eine Direktschnittstelle zwischen Creo und unserem ERP-System etablieren, um beispielsweise Toleranzen übertragen zu können. Ebenso möchten wir möglichst automatisch ‚Bubble Drawings‘ erzeugen kön-

nen, bei denen die zu prüfenden Maße für die Qualitätssicherung mit Kreisen markiert sind.“

Außendienstmitarbeiter nutzen ein vordefiniertes Excel-Tabellenblatt

CAD-Automation ist ein wichtiges Stichwort: „Unsere Außendienstmitarbeiter nutzen ein vordefiniertes Excel-Tabellenblatt, um beim Kunden die Maße eines neuen Lagers zu notieren“, führt Peters weiter aus. „Mit Hilfe der Startup-Tools von Inneo importieren wir diese Tabelle im CSV-Format in automatisierte Modelle, wo die Werte dann genau definierte Maßzahlen füllen. So entsteht innerhalb von Minuten das 3D-Modell des individuellen Lagers. In den Modellen sind auch die Zeichnungen schon vordefiniert, die sich dann an das neue 3D-Modell anpassen und direkt fertig sind.“

Was früher bis zu fünf Stunden gedauert hat, ist so in wenigen Minuten erledigt. „Ebenso wichtig wie diese Automatisierung ist mir die damit einhergehende Standardisierung“, wirft Burghardt ein. „Da alles vordefiniert ist, werden die Modelle und Zeich-



Diverse Hochleistungslager für unterschiedliche Anwendungen.

Bilder: Cerobear

nungen immer gleich aufgebaut, was dann wiederum in der Fertigung Zeit spart, weil die Zeichnungen einfacher zu verstehen sind, wenn sie immer gleich aufgebaut sind.“

Auch die Toleranzketten sind standardisiert, hierbei wurde für jeden Produkttyp eine optimale Toleranzkette aufgebaut, „sozusagen unser Goldstandard“, wie Peters sagt. „Diese Tolerierungen sind genau auf unsere Fertigungsmöglichkeiten angepasst und sorgen so dafür, dass die konstruierten Lager auch so gefertigt werden können.“

FÜR JEDEN PRODUKTYP WURDE EINE OPTIMALE TOLERANZKETTE AUFGEBAUT.

Die Zusammenarbeit mit Inneo begann im Jahr 2005 mit dem Umstieg auf das heutige CAD-System. Kurt Peters sagt: „Wir sind immer bei Inneo geblieben, weil wir rundum zufrieden sind. Wir werden sehr gut unterstützt, gerade auch bei Updates der CAD-Software. Vor einem Jahr hatten wir eine komplexe Fragestellung, da wurde unsere Anfrage schnell an den richtigen Fachmann weitergegeben. Auch bei der Umstellung und Anpassung von Lizenzen sind die Inneo-Spezialisten sehr hilfreich.“

Vor einiger Zeit nutzte das Unternehmen das Paket „CAD-Checkup“, bei dem Inneo-Spezialisten die Modelle und andere Daten untersuchen und Problemfelder identifizieren, beispielsweise wenn die typischerweise beim untersuchten Unternehmen erstellten Modelle die Hardware der CAD-Arbeitsplätze überfordern oder mit einer anderen Methodik im Aufbau die Modelle performanter werden. „Die Inneo-Leute haben verschiedene Maßnahmen entwickelt, um unsere Entwicklungsumgebung zu optimieren“, erinnert sich Peters. „Wir setzen diese Maßnahmen nun schrittweise um und haben schon erste Erfolge erzielt.“

Fabian Bachmann fasst zusammen: „Unser Ziel ist es, zu wachsen und in der Region zu bleiben, in der wir sind. Gemeinsam mit Inneo haben wir auf Basis von Creo eine Entwicklungsumgebung entwickelt, die es uns seit vielen Jahren ermöglicht, unsere Ideen effizient in die Realität umzusetzen und die 3D-Daten zur Grundlage der Geschäftsprozesse zu machen. Das wollen wir auch so weiterführen.“

« KIS

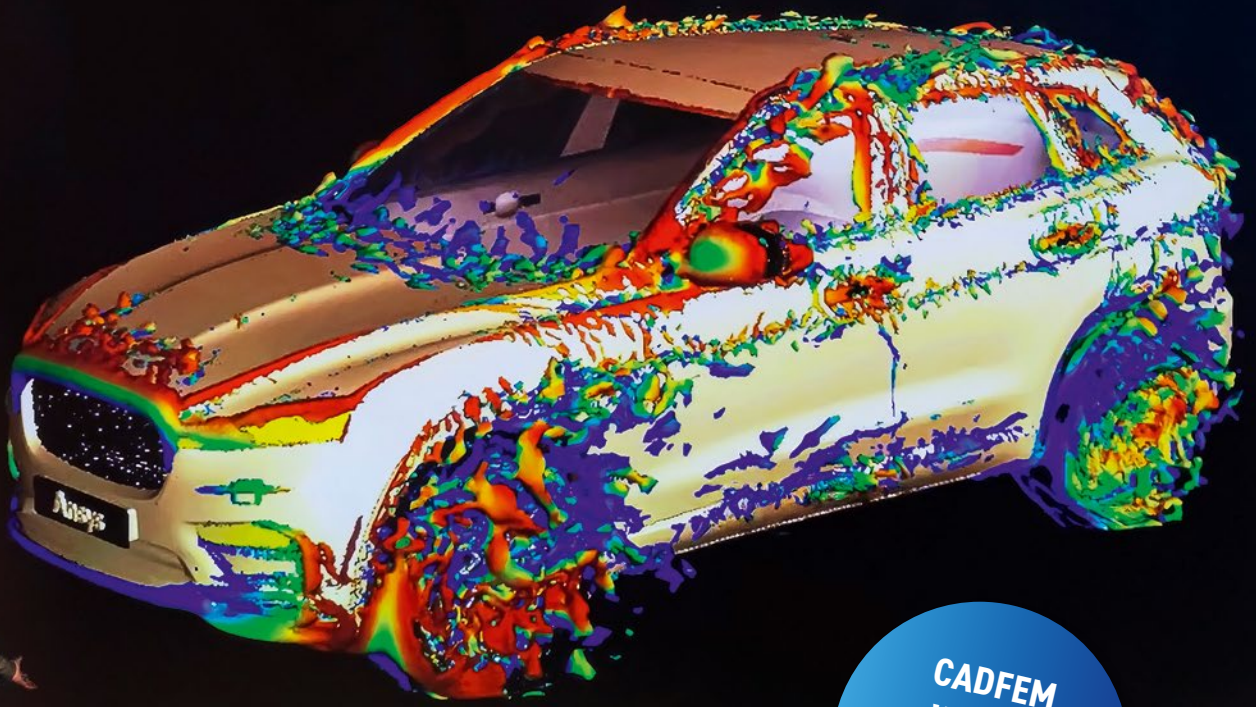
Dipl.-Ing. Ralf Steck ist freier Fachjournalist in Friedrichshafen.

DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN

**SPECIAL
SIMULATION**

CADFEM

Titelbildsponsor: CADFEM / Bild: © CADFEM / Kevin Münkel Fotografie



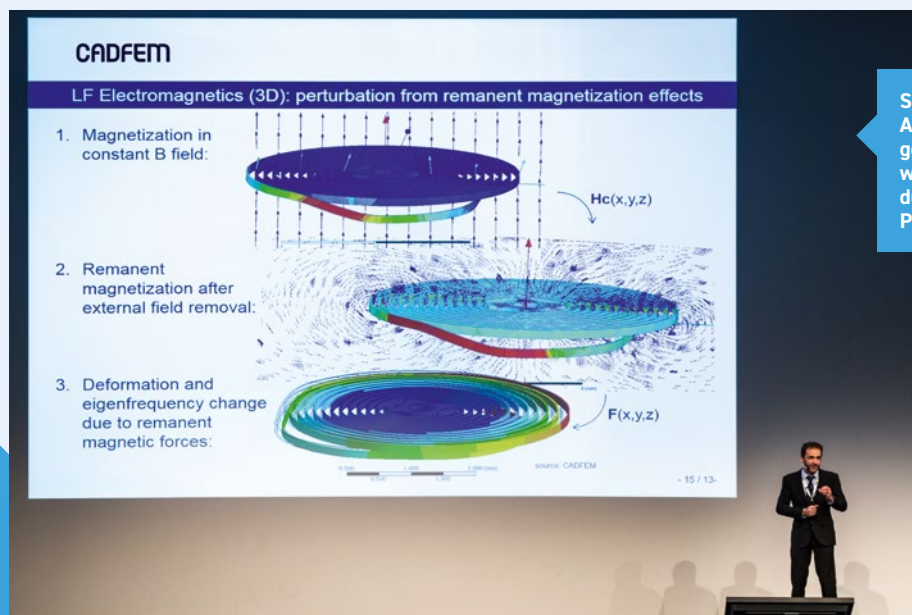
**CADFEM
WORLD
CONFERENCE
2026**

CADFEM WORLD CONFERENCE VOM 20. - 22. OKTOBER 2026 IN DARMSTADT

**Von Praktikern, für Praktiker: Die Megatrends
der digitalen Transformation im Engineering**

SIMULATION, SILICON, SYSTEMS – POWERED BY AI

Die digitale Transformation im Engineering nimmt weiter an Fahrt auf: Künstliche Intelligenz hält Einzug in Entwicklungsprozesse, digitale Zwillinge werden vom Zukunftskonzept zum praktischen Werkzeug, und Simulation, Datenmanagement und Systeme wachsen zusammen. Was die Industrie daraus macht, zeigen Praktiker auf der CADFEM World Conference in Darmstadt. » VON KLAUS KUBOTH



Simulate. Optimize. Innovate:
Auf der CADFEM World Conference geben Experten technische Einblicke, was physikbasierte Simulationen und durchdachte Digital-Engineering-Prozesse möglich machen.

Simulation als Decision Engine. Dies gilt für etablierte Bereiche wie Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Elektromagnetik und Multiphysik, vor allem aber auch für neue Technologien, etwa Quantum Engineering, Photonik oder Hochfrequenztechnik.

Genau diese Entwicklung zieht sich wie ein roter Faden durch die Beiträge, wobei der Wert der Veranstaltung über das Anhören einzelner Projekte hinausgeht: Diskussionen und Rückfragen sind erwünscht, denn genau dieser Erfahrungsaustausch unter Fachleuten aus demselben Anwendungsgebiet inspiriert und transportiert Wissen.

Blick über den Tellerrand: Simulation, Silicon, Systems

Technologische Entwicklungen entstehen heute selten aus einer einzelnen Disziplin heraus. Denn die zunehmende Software- und Elektroniklastigkeit moderner Produkte verschiebt den Fokus vom Einzelbauteil hin zum Gesamtsystem, an dessen Schnittstellen spürbar große Innovationen entstehen. Im Fokus steht die Frage, wie sich komplexe Systeme ganzheitlich verstehen, entwickeln und absichern lassen. Deswegen ist der Blick über den Tellerrand, das Verständnis darüber, was im Nachbarbüro passiert, welche Technologien kommen und wohin sich die Industrie bewegt, so wichtig. Nicht, um innerhalb weniger Tage zum Experten für neue Disziplinen zu werden, sondern um die Zusammenhänge zu verstehen, die moderne Produktentwicklung heute prägen und die

Die Simulation physikalischer Phänomene ist in der Produktentwicklung der meisten Branchen fest verankert – ihr Anwendungsspektrum, die Modellgrößen und Detailtiefe wachsen kontinuierlich. Zudem beschäftigt Ingenieurinnen und Ingenieure eine weitere Herausforderung: Wie lassen sich Daten, Modelle, Prozesse und Fachdisziplinen so miteinander verbinden, dass daraus skalierbare Entwicklungsentscheidungen entstehen?

Genau das ist die digitale Transformation im Engineering, der sich die CADFEM World Conference 2026 widmet. Vom 20. bis 22. Oktober 2026 zeigen im Wissenschafts- und Kongresszentrum „darmstadtium“ sieben Keynote-Speaker und mehr als 120 Expertinnen und Experten in bis zu acht parallelen Technologietracks, wie Unternehmen heute die Bausteine aus dem Digital Engineering zu einer durchgängigen Entscheidungsgrundlage zusammenführen. Mit dem Programm richten sich die Veranstalter von CADFEM

sowohl an Entwicklungsverantwortliche als auch an Anwendende aus verschiedenen Fachgebieten. Per Konferenz-App lässt sich eine individuelle, auf das eigene Handlungsfeld zugeschnittene Agenda konfigurieren.

Was die Konferenz über das umfassende Fachprogramm hinaus so wertvoll macht: Sie gibt viel Raum für den persönlichen Dialog und fachlichen Austausch mit Menschen, die sich mit ähnlichen Herausforderungen beschäftigen.

Physikbasierte Simulation als Decision Engine

Seit der ersten Konferenz von CADFEM im Jahr 1985 ist das Herzstück der Veranstaltung die physikbasierte Simulation. Ihre Rolle hat sich seither grundlegend gewandelt. Über die möglichst präzise Abbildung physikalischer Effekte hinaus geht es heute darum, aus Simulationen handlungsrelevantes Wissen abzuleiten. Risiken früh erkennen, Varianten schnell bewerten und Entscheidungen auf einer belastbaren Datengrundlage treffen:

die Qualität technischer Entscheidungen maßgeblich beeinflussen.

Vom Modell zur durchgängigen Wertschöpfung

Bei der digitalen Transformation im Engineering rückt ein durchgängiges Daten- und Prozess-Management in den Mittelpunkt. Denn je komplexer Produkte sind, desto wichtiger wird die gesamte Qualität der Entwicklungsumgebung. Daten müssen verfügbar sein, Modelle konsistent aufgebaut werden und Prozesse miteinander kommunizieren können. Der eigentliche Wert der digitalen Transformation entsteht durch das Zusammenspiel der Informationen. Die in Darmstadt vorgestellten Praxisbeispiele zeigen, wie Unternehmen genau solche Herausforderungen meistern.

DIE CADFEM WORLD CONFERENCE GIBT VIEL RAUM FÜR DEN PERSÖNLICHEN DIALOG UND FACHLICHEN AUSTAUSCH MIT MENSCHEN, DIE SICH MIT ÄHNLICHEN HERAUSFORDERUNGEN BESCHÄFTIGEN.

Das Konferenz-Programm spiegelt dies wider durch dedizierte Sessions zu KI- und ML-Anwendungen, digitalen Zwillingen, Materials Engineering, Automatisierung und python-basierter Workflow-Entwicklung. Bei den praxiserprobten Beispielen, die in Darmstadt von den Verantwortlichen vorgestellt werden, geht es unter anderem um

- eine globale Standardisierung von Ansys-basierten CAE-Workflows für die Entwicklung von Fahrgestellsystemen (SAF-Holland),
- die mit Python automatisierte Zuverlässigkeitsbewertung von Leiterplatten (Webasto) und
- virtuelle Sensoren für elektrische Steckverbinder auf Basis thermografischer Messdaten (Wago).

Blick hinter die Kulissen: Meet the Developers

Auch das ist die CADFEM World Conference: Alle, die sich tiefer mit den Simulationswerkzeugen, ihren Features und Architekturen beschäftigen, können in Darmstadt unmittelbar mit den Entwicklern der Ansys-Simulationstools von Synopsys ins Gespräch kommen. Im Rahmen der „Meet the Developers“-Sessions geben diese exklusive Einblicke in die geplante technologische



Weiterentwicklung ihrer Lösungen. Und natürlich stellen sie sich auch den Fragen der Anwender und nehmen Anregungen und Wünsche entgegen.

Keynotes zu Megatrends der digitalen Transformation im Engineering

Während die Fachvorträge konkrete Anwendungen und Methoden adressieren, richten die Keynote-Speaker den Blick auf übergeordnete Entwicklungen im Engineering. Einer davon ist Sassine Gazi, CEO und President von Synopsys, dem Unternehmen aus dem Silicon Valley, zu dem Ansys seit Juli 2025 gehört. Er teilt sich die Bühne mit

- Dr. Thomas Albrecht (Head of Simulations and Analysis bei Krones),
- Amado Bautista-Salvador (CEO von Qudora Technologies),
- Satya Chakravarthy (CEO und Gründer vom ePlane-Entwickler Ubify Technologies),
- Steve Pytel (Senior Vice President S&A Product Management bei Synopsys),
- Simon Wolfangel (Section Manager Digitalization bei Bosch) und
- Christoph Müller (CEO von CADFEM International).

Wer neue Simulationsmethoden kennenlernen, aktuelle Technologietrends verstehen, von den Erfahrungen führender Industrieunternehmen profitieren und dabei sein berufliches und fachliches Netzwerk erweitern möchte, findet dafür in Darmstadt die ideale Plattform.

« RT

Klaus Kuboth ist Content Lead bei der CADFEM Germany GmbH.

Ein Top-Thema auf der CADFEM World Conference 2026: Die Implementierung und der praktische Nutzen von künstlicher Intelligenz in Simulation und Digital Engineering.

Bilder: CADFEM



Auf einen Blick

CADFEM WORLD CONFERENCE 2026

Wann: 20. – 22. Oktober 2026
Wo: Wissenschafts- und Kongresszentrum darmstadtium, Darmstadt
Gebühr: 1.200 Euro zzgl. MwSt.
E-Mail: conference@cadfem.de
Telefon: +49 (0) 80 92 / 70 05-0
www.cadfem.net/conference



SO BESCHLEUNIGT KI DAS ENGINEERING VON MORGEN

Die europäische Industrie steht unter Druck. Angespannte Lieferketten, steigende Materialpreise und der anhaltende Fachkräftemangel zwingen Unternehmen dazu, ihre Entwicklungs- und Fertigungsprozesse neu zu denken. Wer weiterhin in Datensilos arbeitet, Konstruktionsinformationen überwiegend über 2D-Zeichnungen austauscht und Fehler erst spät im Entwicklungsprozess erkennt, wird im Wettbewerb den Anschluss verlieren. » VON JEROEN BURING



Mensch und Maschine im Einklang: Ingenieurinnen und Ingenieure nutzen interaktive virtuelle Zwillinge und KI-gestützte Companions, um komplexe Produkte gemeinsam zu entwickeln und abzusichern. Bild: © iStock/gorodenkoff

Digitalisierung bedeutet jedoch weit mehr, als Papier durch PDFs zu ersetzen. Essenziell ist, Informationen, Prozesse und Entscheidungen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg durchgängig miteinander zu verbinden. Routineaufgaben lassen sich automatisieren, Wissen kann gezielter genutzt und Fehler können bereits frühzeitig erkannt werden – bevor sie in der Fertigung hohe Kosten verursachen.

Genau hier setzt das Zusammenspiel aus physikbasierter Simulation, künstlicher Intelligenz und den Virtual Companions von Dassault Systèmes an. Die Verbindung von menschlicher Engineering-Expertise, virtuellen Zwillingen und intelligenten Assistenten ermöglicht es Unternehmen, bessere Entscheidungen zu treffen und Produkte schneller, effizienter und zielgerichteter von der ersten Idee bis in die Fertigung zu bringen. KI ersetzt dabei nicht die Erfahrung und Kreativität von Ingenieurinnen und Ingenieuren, sondern erweitert ihre Fähigkeiten.

Die Grenzen generativer KI in der Konstruktion

Wenn über KI gesprochen wird, denken die meisten an die heute weit verbreiteten generativen KI-Sprachmodelle, die sich rasend schnell im Alltag etabliert haben. Für viele Aufgaben wie das Schreiben von E-Mails oder Zusammenfassungen von Texten liefern sie gute, oft erstaunlich überzeugende Ergebnisse. Wird ein solches KI-Modell jedoch nach der korrekten Auslegung eines Hochleistungsgetriebes gefragt, klingt die Antwort zwar plausibel – beim ersten Lastlauf würde es allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit scheitern.

Der Grund ist einfach: Generative KI-Sprachmodelle erzeugen Inhalte auf Basis statistischer Wahrscheinlichkeiten. Sie verfügen weder über ein physikalisches Verständnis noch kennen sie Werkstoffmechanik, Fertigungsverfahren oder technische Normen, die in industriellen Entwicklungsprozessen

DIGITALISIERUNG BEDEUTET WEIT MEHR, ALS PAPIER DURCH PDFs ZU ERSETZEN. ESSENZIELL IST, INFORMATIONEN, PROZESSE UND ENTSCHEIDUNGEN ÜBER DEN GESAMTEN PRODUKTLEBENSZYKLUS HINWEG DURCHGÄNGIG MITEINANDER ZU VERBINDEN.

etabliert sind. Unternehmen können es sich jedoch nicht leisten, sich auf Schätzungen allgemeiner, offener generativer KI-Sprachmodelle zu verlassen. Fehler verursachen hohe Kosten und gefährden im schlimmsten Fall sogar Menschenleben.

Industrielle KI verfolgt einen grundlegend anderen Ansatz. Sie ist speziell für Entwicklungs- und Fertigungsprozesse konzipiert und verbindet domänenspezifisches Fachwissen mit Unternehmensdaten, physikalischen und virtuellen Modellen sowie darauf basierenden Simulationen. Statt lediglich wahrscheinliche Antworten zu erzeugen, unterstützt sie Ingenieurinnen und Ingenieure mit belastbaren, wissenschaftlich fundierten Entscheidungsgrundlagen.



Die Virtual Companions von Dassault Systèmes sind KI-gestützte, spezialisierte virtuelle Experten, die auf industriellen Weltmodellen basieren. Sie verbinden jahrzehntelanges Engineering-Know-how mit physikalischen und chemischen Modellen sowie den Simulations- und Prozessdaten auf der 3DEXperience-Plattform. Die Vorschläge der KI entstehen dabei nicht allein aus statistischen Wahrscheinlichkeiten, sondern auf Basis physikalisch fundierter Simulationen und von mehr als 40 Jahren Engineering-Know-how.

Drei KI-Experten für die Industrie von morgen

Anstatt auf einen einzigen KI-Agenten zu setzen, der alle Aufgaben gleichermaßen lösen soll, verfolgt Dassault Systèmes einen spezialisierten Ansatz. Wie in einem interdisziplinären Entwicklungsteam übernehmen auch die Virtual Companions Aura, Leo und Marie unterschiedliche Rollen und ergänzen sich gegenseitig.

→ **Aura** unterstützt die bereichsübergreifende Zusammenarbeit und das Projektmanagement. Sie analysiert den aktuellen Projektstatus, erkennt Abhängigkeiten und identifiziert Engpässe oder offene Freigaben. Fragen wie „Welche Faktoren verzögern aktuell die Freigabe?“ beantwortet sie auf Basis der verfügbaren Projektdaten – ohne dass Anwenderinnen und Anwender Informationen aus verschiedenen Systemen zusammensuchen müssen.

→ **Leo** unterstützt Ingenieurinnen und Ingenieure direkt im Konstruktions- und Entwicklungsprozess. Er erstellt aus Skizzen erste 3D-Modelle, unterstützt beim Aufbau von Baugruppen und schlägt bewährte Fertigungsstrategien vor. Dadurch reduziert er den Aufwand für wiederkehrende

Für Autor Jeroen Buring kann eine KI im Engineering nur dann verlässliche Ergebnisse liefern, wenn ihre Empfehlungen auf realitätsnahen Modellen und belastbaren Daten basieren.

Bild: Dassault Systèmes

Konstruktionsaufgaben und beschleunigt den Entwicklungsprozess.

→ **Marie** richtet sich an Forschung und Entwicklung. Sie verbindet Sprachverständnis mit wissenschaftlichen Modellen aus den Bereichen Materialwissenschaften und Life Sciences und unterstützt unter anderem bei der Werkstoffentwicklung, der Optimierung von Rezepturen sowie der Analyse komplexer Simulationsdaten. Mitarbeitende können mit den Virtual Companions wie mit einem menschlichen Kollegen sprechen und erhalten Unterstützung auf Basis strukturierten Branchenwissens. Die KI interpretiert Nutzerabsichten, erkennt Zusammenhänge im industriellen Kontext und liefert Empfehlungen auf Grundlage wissenschaftlicher Modelle und Simulationsdaten. Dabei bleibt nachvollziehbar, aus welcher Fachdomäne eine Empfehlung stammt.

Simulation als Brücke zwischen KI und Realität

Eine KI kann im Engineering nur dann verlässliche Ergebnisse liefern, wenn ihre Empfehlungen auf realitätsnahen Modellen und belastbaren Daten basieren. Genau hier kommen Simulation und virtuelle Zwillinge ins Spiel. Sie ermöglichen es, Produkte, Prozesse und Fertigungsabläufe bereits in der virtuellen Umgebung zu testen, zu bewerten und weiterzuentwickeln.

Auf dieser Grundlage entstehen sogenannte Virtual Twin Factories: virtuelle Entwicklungs- und Produktionsumgebungen, in

DIE ROLLE DER KI LIEGT DARIN, FACHKRÄFTE ZU UNTERSTÜTZEN, NICHT IHRE VERANTWORTUNG ZU ERSETZEN. DIE VIRTUAL COMPANIONS LIEFERN ANALYSEN, MACHEN VORSCHLÄGE UND ZEIGEN MÖGLICHE LÖSUNGSWEGE AUF.

denen Menschen und Virtual Companions eng zusammenarbeiten. Die KI unterstützt dabei, Zusammenhänge zu erkennen, Varianten zu bewerten und Entwicklungsschritte zu beschleunigen, während die Verantwortung für Entscheidungen beim Menschen bleibt.

Der Mensch bleibt am Steuer

Nimmt KI Ingenieurinnen und Ingenieuren die Arbeit weg? Die Antwort lautet: Nein. Die Rolle der KI liegt darin, Fachkräfte zu unterstützen, nicht ihre Verantwortung zu ersetzen. Die Virtual Companions liefern Analysen, machen Vorschläge und zeigen mögliche Lösungswege auf. Die Bewertung der Ergebnisse, die finale Freigabe und die technische Verantwortung bleiben jedoch beim Menschen.

Gerade darin liegt der Mehrwert: Ingenieurinnen und Ingenieure verbringen weniger Zeit mit der Suche nach Informationen, Dokumentation und wiederkehrenden Arbeitsschritten. Stattdessen können sie sich stärker auf anspruchsvolle Entwicklungsaufgaben konzentrieren und Entscheidungen auf Basis umfassenderer Daten und Simulationsergebnisse treffen. Genau so wird KI im Engineering vom Experiment zum echten Wettbewerbsvorteil. **« TB**

Jeroen Buring ist Senior Director Eurocentral bei Dassault Systèmes.

Wer heute Konstruktionsinformationen über 2D-Zeichnungen austauscht, erkennt Fehler zu spät und verliert im Wettbewerb den Anschluss.

Bild: © iStock/ipopba

NUMERISCHE HOMOGENISIERUNG VON VERBUNDWERKSTOFFEN

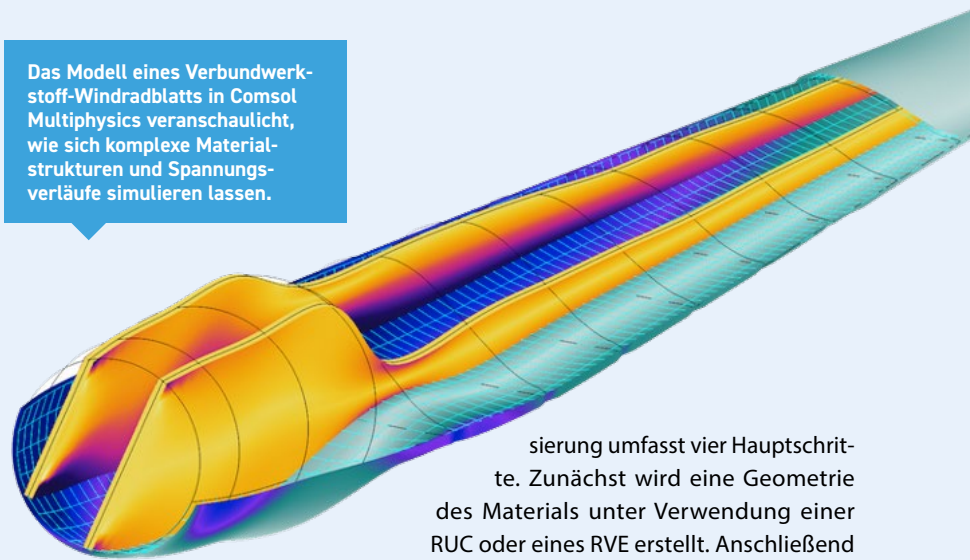
Verbundwerkstoffe bieten Leichtbaupotenzial für Luftfahrt bis Bauwesen, sind aber schwer zu berechnen. Die komplexe Mikrostruktur lässt sich selten direkt abbilden. Hier helfen Homogenisierungsverfahren: Sie ermitteln aus einer Elementarzelle effektive Materialeigenschaften für makromechanische Analysen. So lassen sich Verbundwerkstoffe effizient auf Steifigkeit oder thermisches Verhalten auslegen. » VON AMIT SURESH PATIL

Die Homogenisierung behandelt heterogene Verbundwerkstoffe auf der Mikroebene als homogen oder pseudohomogen auf der Makroebene. Sie dient dazu, die Eigenschaften eines bekannten Verbundwerkstoffs zu berechnen oder einen Werkstoff gezielt zu optimieren. Neben analytischen Verfahren wie der Mischungsregel kommen numerische Verfahren auf Basis sich wiederholender Elementarzellen (RUCs) oder repräsentativer Volumenelemente (RVEs) zum Einsatz. Im Folgenden steht die Finite-Elemente-Homogenisierung im Mittelpunkt.

Numerische Modellierung der Homogenisierung

Die numerische Modellierung bietet eine genaue und kostengünstige Möglichkeit, die Materialeigenschaften von Verbundwerkstoffen zu untersuchen. Die Homogeni-

Das Modell eines Verbundwerkstoff-Windradblatts in Comsol Multiphysics veranschaulicht, wie sich komplexe Materialstrukturen und Spannungsverläufe simulieren lassen.



— DIE NUMERISCHE MODELLIERUNG BIETET EINE GENAUE UND KOSTENGÜNSTIGE MÖGLICHKEIT, DIE MATERIALEIGENSCHAFTEN VON VERBUNDWERKSTOFFEN ZU UNTERSUCHEN. —

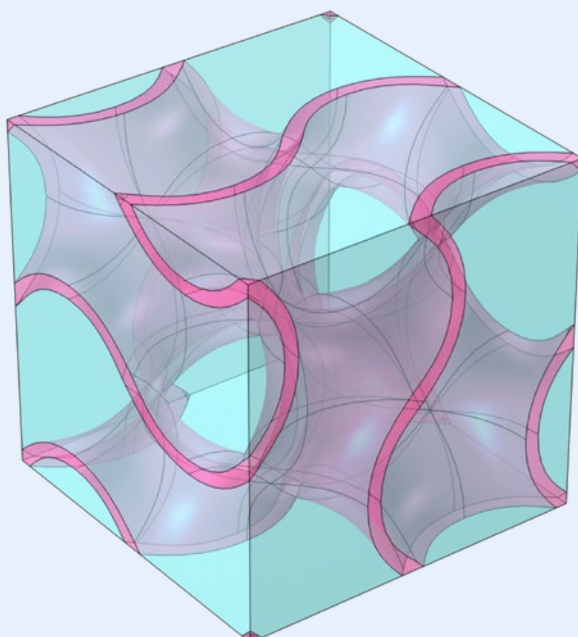
sierung umfasst vier Hauptschritte. Zunächst wird eine Geometrie des Materials unter Verwendung einer RUC oder eines RVE erstellt. Anschließend werden den einzelnen Bestandteilen die entsprechenden Materialeigenschaften zugewiesen. Periodische Randbedingungen auf der RUC-Geometrie beziehungsweise homogene Randbedingungen auf der RVE-Geometrie ermöglichen es, die gesamte Struktur durch eine einzige Zelle zu repräsentieren. Danach lassen sich die homogenisierten Materialeigenschaften berechnen und visualisieren.

Vom analytischen Ansatz zur numerischen Validierung

Unidirektionale Faserverbundwerkstoffe finden aufgrund ihrer einfachen Struktur in vielen Anwendungsbereichen breite Verwendung. Analytische Homogenisierungsmodelle wie Voigt-Reuss, Chamis und Halpin-Tsai können ihre effektiven elastischen und thermischen Eigenschaften abschätzen. Obwohl diese Modelle einfach anzuwenden sind, sollten ihre Ergebnisse anhand numerischer Methoden validiert werden.

Bei der numerischen Homogenisierung werden die effektiven Eigenschaften über

Die Einheitszelle einer Gyroid-Struktur aus Verbundwerkstoff dient als Grundlage, um die homogenisierten Materialeigenschaften für makroskopische Simulationen zu ermitteln.



periodische Randbedingungen auf einer sich wiederholenden Elementarzelle ermittelt. Der Vergleich mit analytischen Ansätzen zeigt, dass Elastizitätsmodul und Wärmeausdehnungskoeffizient in Längsrichtung häufig gut übereinstimmen, in Querrichtung jedoch erheblich voneinander abweichen können. Der Grad der Übereinstimmung in Längsrichtung hängt zudem vom Poisson-Koeffizienten ab. Das verdeutlicht die Grenzen analytischer Modelle und ihrer inhärenten Näherungen.

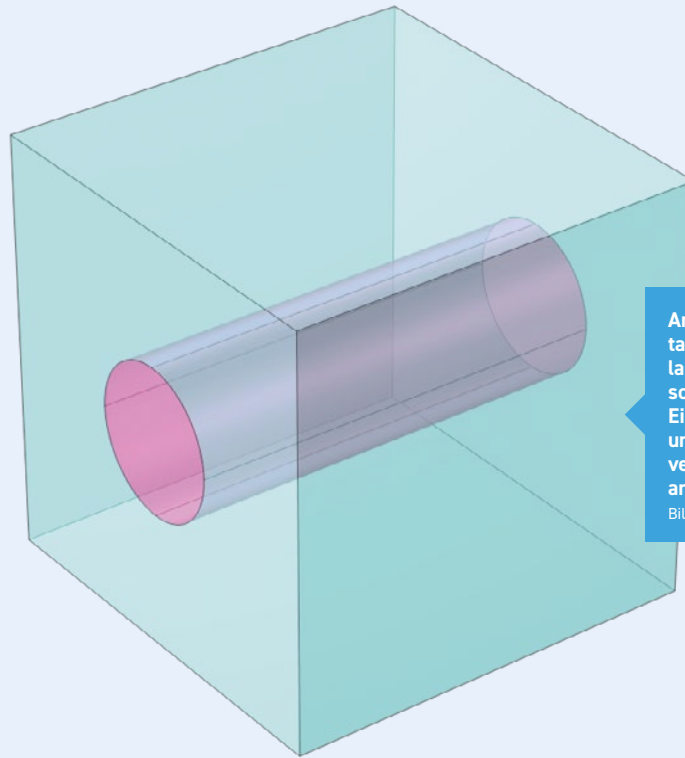
Die Methode lässt sich auch auf Materialien ausweiten, deren Eigenschaften von der Betriebstemperatur abhängen. Ein Beispiel sind Keramikverbundwerkstoffe in Verbrennungsauskleidungen oder Abgasdüsen von Flugzeugen. Diese Bauteile sind erheblichen Temperaturschwankungen ausgesetzt, die zu Schäden oder Ausfällen führen können. Die numerische Modellierung ermöglicht es, effektive Materialeigenschaften als Funktion der Temperatur zu berechnen und damit zuverlässigere Konstruktions- und Leistungsvorhersagen zu erhalten.

Partikelverbundwerkstoffe eignen sich für Anwendungen, die hohe Steifigkeit und thermische Stabilität sowie eine geringe Anfälligkeit für Delaminierung und Rissausbreitung erfordern. Ein Beispiel ist ein Aluminium-Siliziumkarbid-Verbundwerkstoff für Flugzeugstrukturen. Ist eine elastische Partikelphase in eine viskoelastische Matrix eingebettet, lassen sich die effektiven viskoelastischen Eigenschaften durch periodische Randbedingungen in Verbindung mit Optimierungsverfahren bestimmen.

SOBALD DIE EFFEKTIVEN MATERIALEIGENSCHAFTEN VORLIEGEN, KÖNNEN SIE IN MAKROMECHANISCHEN ANALYSEN GENUTZT WERDEN, UM DAS VERHALTEN DER STRUKTUR AUF GLOBALER EBENE ZU UNTERSUCHEN.

Intelligente Verbundwerkstoffe mit piezoelektrischen Eigenschaften

Technologische Fortschritte haben die Nachfrage nach intelligenten Verbundwerkstoffen erhöht. Sie enthalten piezoelektrische Bestandteile und eignen sich etwa für Sensoren, Aktuatoren, Energy Harvesting und die Zustandsüberwachung von Bauwerken. Ihre numerische Analyse erfordert



Anhand dieser repräsentativen Elementarzelle lassen sich die elastischen und thermischen Eigenschaften von unidirektionalen Faser-verbunden numerisch analysieren.

Bilder: Comsol

homogenisierte piezoelektrische Konstitutivgesetze. Diese lassen sich aus einer entsprechend definierten Elementarzelle und den bekannten Eigenschaften der einzelnen Bestandteile ermitteln, sodass gekoppelte elektromechanische Reaktionen korrekt erfasst werden.

Besonders wichtig ist die Homogenisierung bei komplexen Architekturen auf Basis dreifach periodischer Minimalflächen (TPMS). Eine explizite Modellierung solcher Strukturen auf der Makroebene ist kaum praktikabel. Für eine Gyroid-Struktur kann eine periodische Einheitszelle genutzt werden, um die homogenisierten Materialeigenschaften zu berechnen. Die gesamte Struktur lässt sich anschließend auf der Makroebene als effektiv homogen behandeln.

Auch für Sandwichschalen und andere dünne Strukturen können homogenisierte Eigenschaften bestimmt werden. Well- oder Lochbleche, wie sie im Bauwesen oder in der Verpackungsindustrie eingesetzt werden, lassen sich als äquivalente orthotrope Platten aus monolithischem Material beschreiben. Ihre Ersatzkennwerte werden aus der Geometrie der wiederkehrenden Struktur und den Eigenschaften des Ausgangsmaterials abgeleitet.

Vom Mikro- zum Makromodell

Sobald die effektiven Materialeigenschaften vorliegen, können sie in makromechanischen Analysen genutzt werden, um das

VERBUNDWERKSTOFFE WERDEN IN LUFT- UND RAUMFAHRT, SCHIFFFAHRT, VERTEIDIGUNG, AUTOMOBILBAU UND BAUWESEN EINGESETZT. SIE ERMÖGLICHEN LEICHTE UND ZUGLEICH LEISTUNGSFÄHIGE BAUTEILE.

Verhalten der Struktur auf globaler Ebene zu untersuchen. Physikalisch fundierte Ansätze wie die Schichttheorie und die Theorie der äquivalenten Einzelschicht (ESL) erfassen das wesentliche mechanische Verhalten von Verbundlaminaten, ohne jedes Detail der Mikrostruktur explizit abzubilden. Dadurch sinkt der Rechenaufwand erheblich, während die für globale Struktursimulationen erforderliche Genauigkeit erhalten bleibt.

Numerische Homogenisierung verbindet die detaillierte Beschreibung der Mikrostruktur mit einer effizienten Strukturanalyse. Sie unterstützt die Bewertung von Verbundkörpern und -schalen, ermöglicht den Vergleich unterschiedlicher Materialkonzepte und liefert belastbare Ersatzkennwerte für nachgelagerte Berechnungen. So lassen sich Verbundwerkstoffe für unterschiedliche Anwendungen gezielt entwerfen, analysieren und optimieren.

« TB

Amit Suresh Patil ist Technical Product Manager Composite Materials Module bei Comsol.

WARUM KI EIN FUNDAMENT AUS PHYSIK BRAUCHT

Lange folgte die Entwicklung von KI einem vergleichsweise klaren Muster: Mehr Daten, mehr Rechenleistung, mehr Bandbreite. Doch mit dem rasanten Fortschritt bei Robotern, Drohnen und autonomen Fahrzeugen verändert sich diese Logik grundlegend. KI verlässt zunehmend die kontrollierte Umgebung von Rechenzentren und agiert direkt in der physischen Welt. Aus Software wird Physical AI. » VON THOMAS ANDERSEN

Damit steigen auch die Anforderungen an Entwicklung und Validierung. Denn physische KI-Systeme müssen nicht mehr nur Daten verarbeiten, sondern auch ihre Umgebung wahrnehmen, Situationen einordnen und unter realen Bedingungen angemessen reagieren. Wetterwechsel, Störungen in Sensordaten, wechselnde Lichtverhältnisse oder unvorhersehbares menschliches Verhalten gehören dabei zum Alltag.

Die Entwicklung solcher Systeme verlangt deshalb deutlich mehr als leistungsfähige Algorithmen. Erst das Zusammenspiel von Elektronik, Sensorik, Software und physikalischen Modellen schafft die Grundlage dafür, dass intelligente Systeme ihre Umgebung zuverlässig erfassen und verstehen können. Genau an diesem Punkt gewinnt physikbasierte Simulation an Bedeutung.

Wenn Algorithmen auf die physische Realität treffen

Wir haben KI beigebracht, unsere Sprache zu verstehen, und sie mit dem kollektiven Wissen aus Büchern, Datenbanken und dem Internet trainiert. Heute beantwortet sie komplexe Fragen, erstellt Analysen und unterstützt bei Entscheidungen. Doch die physische Welt stellt ganz andere Anforderungen.

Ein Beispiel: Fragt man eine KI nach Schlaglöchern, kann sie erklären, wie sie entstehen und wie sich Straßenschäden reparieren lassen. Doch wie verhält sich ein auto-

mes Fahrzeug, wenn es bei Nebel, schlechten Lichtverhältnissen und dichtem Verkehr plötzlich auf ein Schlagloch trifft?

Solche Situationen folgen keinem festen Schema und lassen sich nicht allein durch Daten beschreiben. Vielmehr werden sie von physikalischen Zusammenhängen bestimmt – aus dem Zusammenspiel von Wetter, Umgebung, Sensorik und menschlichem Verhalten. Die reale Welt ist dynamisch und oft schwer vorhersehbar. Die einzige Konstante dabei bleibt die Physik. Genau deshalb bildet physikbasierte Simulation eine zentrale Grundlage für die Entwicklung von Physical AI.

Sensorik als Grundlage für verlässliche Umgebungsdaten

Doch damit intelligente Systeme zuverlässig arbeiten, benötigen sie präzise Sensoren. Kameras, Radar- und LiDAR-Systeme liefern die Informationen, aus denen ein Fahrzeug, ein Roboter oder eine Drohne ein Bild seiner Umgebung erzeugt. Wie sicher und zuverlässig ein System ist, wird maßgeblich durch die Qualität dieser Daten bestimmt.

Physikbasierte Simulation unterstützt Entwicklungsteams dabei, diese Sensoren und die dahinterliegenden Systeme bereits in frühen Entwicklungsphasen virtuell auszuliegen, zu testen und zu optimieren. Statt auf aufwendige Prototypen angewiesen zu sein, lassen sich unterschiedliche Szenarien digital untersuchen.

ENTWICKLUNG WIRD HEUTE ZU EINER MULTIDISZIPLINÄREN AUFGABE. INTELLIGENTE, SOFTWAREGESTEUERTE PRODUKTE MÜSSEN ALS KOMPLEXE SYSTEME BETRACHTET UND ENTWICKELT WERDEN.

So können Entwickler etwa analysieren, wie sich Wetterbedingungen, Materialeigenschaften oder unterschiedliche Umgebungen auf das Verhalten eines Systems auswirken. Auf diese Weise entsteht ein deutlich umfassenderes Verständnis des Systemverhaltens, als es allein durch physische Tests möglich wäre.

Ansys Perceive EM in Nvidia Omniverse modelliert 5G- und 6G-Antennensignale von fahrenden Fahrzeugen in Denver, Colorado.





Die elektromagnetische Simulation mit Ansys-Software in Nvidia Omniverse bildet die Innenstadt von San Jose mit einer Auflösung von fünf Zentimetern ab.

Bilder: Synopsys

CHECKLISTE: WARUM SIMULATION FÜR PHYSICAL AI UNVERZICHTBAR WIRD

- Sensoren und ihre Wechselwirkungen lassen sich bereits vor verfügbaren Prototypen analysieren.
- Wetter-, Material- und Umgebungseinflüsse können systematisch analysiert werden.
- Seltene Grenz- und Fehlerszenarien werden reproduzierbar.
- Synthetische Daten ergänzen fehlende Trainingsdaten.
- Risiken werden deutlich früher sichtbar.

Synthetische Daten schließen kritische Lücken

Die Herausforderung endet jedoch nicht bei der Wahrnehmung der Umwelt. Physical-AI-Systeme müssen auch lernen, aus den verfügbaren Informationen die richtigen Entscheidungen abzuleiten und sinnvoll zu reagieren. Genau hier stößt die Entwicklung neuer Anwendungen häufig an Grenzen, denn dafür werden große Mengen hochwertiger Trainingsdaten benötigt. Doch gerade für neue Anwendungen fehlen diese Datensätze häufig in ausreichender Qualität oder decken kritische Situationen nicht ausreichend ab.

Hier gewinnen synthetische Daten zunehmend an Bedeutung. Virtuelle Entwicklungsumgebungen bilden komplexe Szenarien digital nach und liefern Daten für Situationen, die in der Realität nur selten auftreten oder schwer erfassbar sind.

Lange Zeit galt die Frage nach der Realitätsnähe solcher Daten als zentrale Herausforderung. Inzwischen haben sich die

Möglichkeiten deutlich weiterentwickelt. Moderne virtuelle Entwicklungsplattformen können komplexe digitale Umgebungen aufbauen und diese mit hochauflösenden physikalischen Modellen kombinieren. Dadurch entstehen synthetische Datensätze, die reale Bedingungen deutlich präziser widerspiegeln und eine belastbare Grundlage für Training und Validierung schaffen. Entwickler können damit unterschiedlichste Szenarien erzeugen und Systeme gezielt auf Situationen vorbereiten, die in der Praxis nur schwer reproduzierbar wären.

Entwicklung muss neu gedacht werden

Traditionell entstanden Hardware und Software häufig getrennt voneinander. Einzelne Komponenten wurden entwickelt, beschafft und anschließend zusammengeführt, erst danach folgten Integration, Test und Serienreife. Bei Physical AI stößt dieses Vorgehen jedoch zunehmend an seine Grenzen.

DIE ENTWICKLUNG INTELLIGENTER SYSTEME VERÄNDERT SICH GRUNDLEGENDE. JE STÄRKER KI MIT DER PHYSISCHEN WELT INTERAGIERT, DESTO WICHTIGER WIRD DIE FÄHIGKEIT, KOMPLEXE ZUSAMMENHÄNGE BEREITS IM VIRTUELLEN RAUM ZU VERSTEHEN.

Verdeutlicht wird dies am Beispiel eines autonomen Flugroboter. Damit er selbstständig navigieren, Hindernissen ausweichen und auf Nutzereingaben reagieren kann, müssen zahlreiche Komponenten reibungslos zusammenspielen: Er vereint Sensorik, Rechenplattformen, Software, Elektronik und mechanische Komponenten. Damit das Gesamtsystem konsistent reagiert, müssen

alle Bereiche eng zusammenarbeiten. Bereits kleine Änderungen in einem Teilbereich können Auswirkungen auf das gesamte Systemverhalten haben. Die notwendige Präzision lässt sich unter diesen Bedingungen kaum noch mit traditionellen, sequenziellen Entwicklungsansätzen erreichen, gleichzeitig verkürzen sich die Entwicklungszyklen kontinuierlich.

Entwicklung wird dadurch heute zu einer multidisziplinären Aufgabe – Intelligente, softwaregesteuerte Produkte müssen als komplexe Systeme betrachtet und entwickelt werden. Elektroingenieure, Softwareentwickler, Systemarchitekten und Mechaniker arbeiten enger von Beginn an auf einer gemeinsamen Grundlage.

Simulation schafft hier einen gemeinsamen Rahmen. Sie verbindet verschiedene Fachdisziplinen über virtuelle Modelle und erlaubt es Teams, Systemverhalten frühzeitig zu analysieren und abzusichern.

Fazit: Physical AI braucht mehr als Algorithmen

Die Entwicklung intelligenter Systeme verändert sich grundlegend. Je stärker KI mit der physischen Welt interagiert, desto wichtiger wird die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge bereits im virtuellen Raum zu verstehen. Physikbasierte Simulation entwickelt sich dadurch vom Analysewerkzeug zur zentralen Entwicklungsdisziplin.

Denn mit der Komplexität der Systeme steigen auch die Anforderungen an ihre Entwicklung. Wer Physical AI erfolgreich in die Praxis bringen will, muss Hardware, Software und Physik gemeinsam denken. Darin liegt der Schlüssel für den nächsten Innovationsprung intelligenter Technologien. **« TB**

Thomas Andersen ist Vice President AI and Machine Learning bei Synopsys.

WIE MODEL-BASED DESIGN DEN KI-ENGPASS LÖST

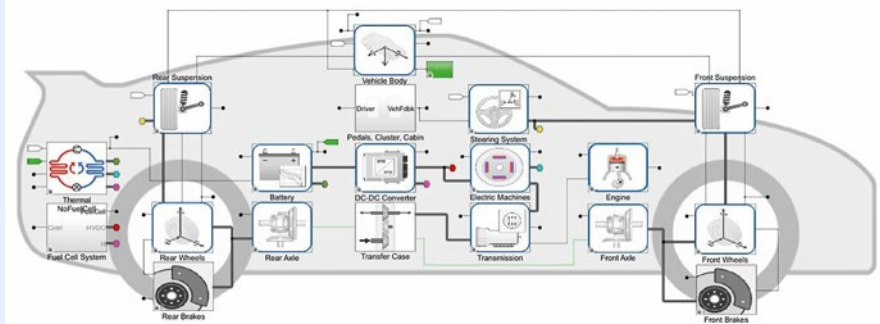
Agentische KI generiert mehr Modelle, Code, Anforderungsspezifikationen und Testartefakte als je zuvor. Doch der höhere Output bedeutet nicht, dass Ingenieure auf Systemebene automatisch schnellere Fortschritt machen. Ursache dafür ist ein Bruch in der Systemkontinuität: Bei jeder Weiterreichung von Artefakten zwischen Tools geht ihr ausführbarer Systemzustand verloren. Ingenieurinnen und Ingenieure müssen ihn daher im Nachgang aus statischen Artefakten rekonstruieren, bevor die Arbeit fortgesetzt werden kann. » VON CHRISTOPH STOCKHAMMER

Durch den Einsatz von KI-Agenten nehmen diese Wechsel zwischen Tools weiter zu, wodurch dieser Rekonstruktionsprozess zum zentralen Engpass und Kostenfaktor wird. Mit wachsendem Output durch KI steigt auch der Aufwand, eine konsistente Systemdarstellung aufrechtzuerhalten. Model-Based Design kann hier Abhilfe schaffen: Damit wird es möglich, ein ausführbares Systemmodell zu erstellen, den Systemzustand kontinuierlich beizubehalten und den Rekonstruktionsaufwand deutlich zu reduzieren.

Mit Model-Based Design die Kontinuität sichern

Wird Model-Based Design verwendet, werden Änderungen direkt im ausführbaren Systemmodell vorgenommen und können deshalb sofort bewertet werden. Die Änderung und ihre Auswirkungen auf das Gesamtsystem bleiben in einem konsistenten Kontext und müssen nicht über separate Artefakte hinweg übertragen werden. Beim Einsatz von KI-Agenten können Ingenieurinnen und Ingenieure so das Systemverhalten unmittelbar im Gesamtkontext beobachten, statt isolierte Teilaspekte zu analysieren. Die Validierung erfolgt vor der Integration, also zu einem Zeitpunkt, an dem Probleme leichter nachvollzogen und behoben werden können. Das schafft Vertrauen, weil direkt ersichtlich wird, wie das System auf Veränderungen reagiert.

Wenn agentische KI direkt auf dem Modell arbeitet, wird ihre Arbeit kumulativ, was wiederum den Entwurfszyklus beschleunigt. Jede Anpassung baut auf dem aktuellen Systemzustand auf und trägt zu dessen Weiterentwicklung bei. Eine nachträgliche



Ein ausführbares Systemmodell repräsentiert das Gesamtsystem, sodass Ingenieure bewerten können, wie sich Änderungen auf das gesamte Fahrzeugverhalten auswirken.

Abstimmung einzelner Ergebnisse entfällt. Es entsteht ein geschlossener Regelkreis, der in fragmentierten Toolketten nicht existiert. Fortschritt entsteht innerhalb des Systems selbst – nicht durch die nachträgliche Zusammenführung von Artefakten. Entsprechend sinkt der Bedarf an wiederholter Rekonstruktion.

OHNE KONTINUITÄT FÜHRT STEIGENDER OUTPUT LEDIGLICH ZU HÖHEREM INTEGRATIONS-AUFWAND, ZUSÄTZLICHER KOMPLEXITÄT UND STEIGENDEN KOSTEN, NICHT ZU ECHTEM FORTSCHRITT.

Die Rolle der Ingenieurteams im agentischen Workflow

Agentische KI verändert die Arbeitsweise im Engineering grundlegend. Sie verschiebt den Fokus der Ingenieurinnen und Ingenieure und definiert ihren Beitrag zum Entwicklungsprozess neu. Während KI-Agenten direkt am Systemmodell arbeiten, Änderungen

umsetzen, Simulationen durchführen und Ergebnisse bewerten, konzentriert sich das Ingenieursteam zunehmend darauf, festzulegen, was das System leisten soll, formuliert die Anforderungen auf Systemebene und steuert, wie der Agent diese umsetzt.

Es liegt weiterhin in der Verantwortung des Menschen, die Entwurfsstrategie zu gestalten und die Reaktionen des Systems im Hinblick auf die gesetzten Ziele zu beurteilen. Der Agent wiederum iteriert über Änderungen und validiert Ergebnisse in einem kontinuierlichen Prozess. Der Wert der ingenieurwissenschaftlichen Arbeit liegt darin, sicherzustellen, dass diese Entscheidungen das System in die gewünschte Richtung führen. Dadurch entfällt ein Großteil der Zeit, die bislang für das Rekonstruieren von Systemzuständen oder die Abstimmung einzelner Zwischenschritte benötigt wurde. Stattdessen gewinnen Entscheidungen auf Systemebene an Bedeutung.

Kontinuität über Domänen hinweg: Das Beispiel Elektromobilität

Gerade in Mehrdomänensystemen ist eine solche Kontinuität entscheidend, da einzelne Änderungen weitreichende Auswirkungen haben können. Das zeigt ein Beispiel aus der Automobilindustrie: Bei der Entwicklung von Elektrofahrzeugen müssen Anpassungen an Regelstrategien – sei es auf System- oder Komponentenebene – die Wechselwirkungen zwischen Batterie, Elektromotor und

ES LIEGT WEITERHIN IN DER VERANTWORTUNG DES MENSCHEN, DIE ENTWURFSSTRATEGIE ZU GESTALTEN UND DIE REAKTIONEN DES SYSTEMS IM HINBLICK AUF DIE GESETZTEN ZIELE ZU BEURTEILEN.

unterstützenden Systemen berücksichtigen. Werden diese Komponenten isoliert entwickelt, bleiben solche Zusammenhänge oft bis zur Integration verborgen und werden dann zu spät erkannt. Ein ausführbares Systemmodell macht diese Effekte deutlich früher sichtbar. Mit dieser Transparenz können Ingenieurinnen und Ingenieure bereits während sie Änderungen vornehmen, beurteilen, wie sich Anpassungen der Regelstrategien auf das Gesamtsystem auswirken.

Beispielsweise lassen sich mit Agenten unterschiedliche Strategien für Rekuperations- und Reibbremsen simulieren und deren Effekt auf das Fahrzeugverhalten unter verschiedenen Bedingungen analysieren. So wird erkennbar, wie sich punktuelle Veränderungen auf Energieeffizienz, Batterienutzung und die Gesamtleistung des Fahrzeugs auswirken. Da diese Einschätzungen auf dem ausführbaren Modell basieren, agieren die Agenten innerhalb der physikalischen und strukturellen Grenzen des Systems. Das führt

zu deterministischen, physikalisch fundierten Ergebnissen anstelle von bloßen Annahmen.

Auf dieser Basis können KI-Agenten Ergebnisse über eine Vielzahl von Szenarien hinweg vergleichen. Sie analysieren unterschiedliche Bedingungen und identifizieren Zielkonflikte zwischen Reichweite, Reaktionsverhalten und thermischer Belastung innerhalb desselben Workflows. Ingenieurinnen und Ingenieure erkennen in Echtzeit, wie sich Änderungen über den gesamten Antriebsstrang hinweg auswirken und wie sich systemische Effekte bereits während der Entwicklung manifestieren.

Solche Workflows werden schon in der virtuellen Fahrzeugentwicklung eingesetzt. So nutzt beispielsweise ein Hersteller von Elektrofahrzeugen Agenten in Kombination mit Matlab und Simulink, um direkt innerhalb von Modellarchitekturen zu arbeiten. Der Agent erstellt und verfeinert Komponentenmodelle, bevor er in die Test- und Simulationsphase übergeht - alles ohne dass ein Wechsel zwischen Tools erforderlich ist. Die Arbeit erfolgt in einem durchgängigen Regelkreis, in dem der Agent Probleme identifiziert, Lösungsvorschläge entwickelt und Ergebnisse validiert. Ingenieurinnen und Ingenieure bleiben eng eingebunden, überprüfen das Systemverhalten und steuern zentrale Entscheidungen, während der Agent repetitive Implementierungsaufgaben im Modell übernimmt. Das Ergebnis sind kürzere Entwicklungszeiten und ein deutlich geringerer Aufwand für Koordination und Kontextwechsel, selbst bei wachsender Systemkomplexität.

Vom Task-Abarbeiten zum Systemfortschritt

Der Wert agentischer KI im Engineering lässt sich nicht an der Menge der erzeugten Artefakte messen. Ein höherer Output allein bringt keinen Fortschritt, wenn jeder Schritt mit einer erneuten Rekonstruktion des Ge-



Für Autor Christoph Stockhammer verändert agentische KI die Arbeitsweise im Engineering grundlegend.
Bilder: MathWorks

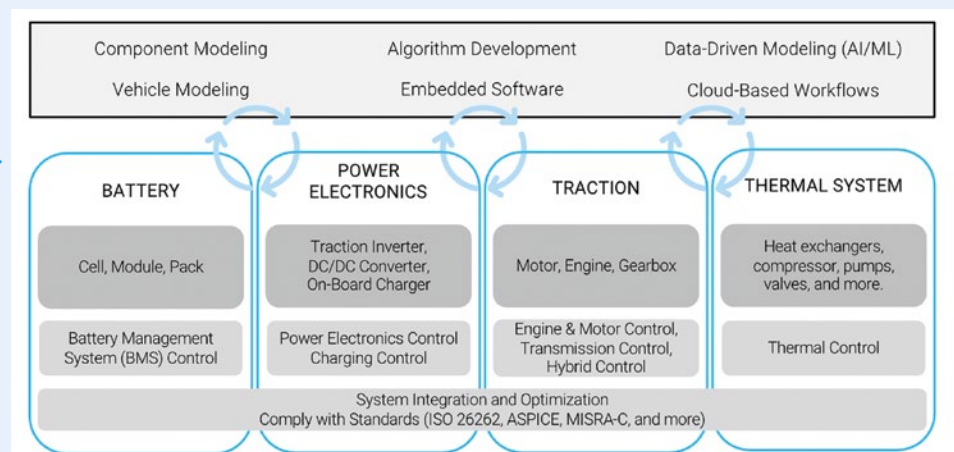
DER WERT AGENTISCHER KI IM ENGINEERING LÄSST SICH NICHT AN DER MENGE DER ERZEUGTEN ARTEFAKTE MESSEN. EIN HÖHERER OUTPUT ALLEIN BRINGT KEINEN FORTSCHRITT, WENN JEDER SCHRITT MIT EINER ERNEUTEN REKONSTRUKTION DES GESAMTZUSTANDS VERBUNDEN IST.

samtzustands verbunden ist. In einem ausführbaren Modell werden Änderungen sofort bewertet und direkt weiterverarbeitet. Das System entwickelt sich kontinuierlich und ohne Unterbrechungen weiter. Model-Based Design schafft die Grundlage für diesen Fortschritt, indem es einen konsistenten Systemzustand über den gesamten Workflow hinweg erhält. Es ermöglicht Agenten, direkt am System zu arbeiten, und stellt sicher, dass Ingenieurinnen und Ingenieure jederzeit beurteilen können, ob es den definierten Zielen entspricht.

« TB

Christoph Stockhammer ist Principal Application Engineer bei MathWorks.

Ein integriertes Systemmodell auf Systemebene ermöglicht es Agenten, über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg zu agieren, einschließlich physikalischer Modellierung, Regelungsentwicklung, Verifikation und Validierung sowie Embedded-Implementierung.



VOM SCHICHTPLAN ZUM OPERATIVEN DIGITALEN ZWILLING

Hohe Variantenvielfalt, kürzere Lieferfenster und knappe Personalressourcen machen die Produktionsplanung in der Automobilindustrie zunehmend zu einer Echtzeitaufgabe. Besonders anspruchsvoll wird sie, wenn nahezu jede Einheit kundenspezifisch konfiguriert ist. Dann unterscheiden sich Arbeitsinhalte und Bearbeitungszeiten von Fahrzeug zu Fahrzeug – und ein morgens erstellter Schichtplan kann wenige Stunden später überholt sein. » VON MARCELLO ROSADINI

Ein operativer digitaler Zwilling setzt hier an. Anders als ein rein geometrisches Fabrikmodell bildet er Abläufe, Ressourcen und Restriktionen dynamisch ab. Er wird mit aktuellen Betriebsdaten versorgt und liefert Entscheidungsgrundlagen für die reale Fertigung. Damit verbindet er Planung und Ausführung: Das Modell untersucht nicht nur, wie ein System grundsätzlich funktionieren könnte, sondern wie es unter den aktuellen Bedingungen betrieben werden sollte.

Variantenvielfalt verändert den Takt

In einem Projekt für einen Automobilhersteller galt es, täglich rund 200 kundenspezifisch konfigurierte Einheiten zu montieren. Jede Konfiguration erforderte eine eigene Kombination von Arbeitsschritten; entsprechend stark schwankte der Arbeitsinhalt an den Stationen. Zwei Fragen waren miteinander zu lösen: In welcher Reihenfolge sollten die Einheiten gefertigt werden, um Gesamtproduktionszeit und Ressourcenbedarf zu mini-

mieren? Und wie mussten die verfügbaren Mitarbeitenden verteilt werden, damit die Taktzeit eingehalten wurde?

Neben fest zugeordneten Beschäftigten verfügte das Werk über einen Pool von Support-Mitarbeitenden. Diese Springer konnten Stationen verstärken, deren Arbeitsinhalt den regulären Takt überschritt. Benötigt eine Station allein beispielsweise 55 Sekunden, kann zusätzliche Unterstützung die Bearbeitungszeit auf 45 Sekunden senken. Entscheidend ist, frühzeitig zu erkennen, wann und wo diese Unterstützung gebraucht wird – unter Berücksichtigung von Laufwegen, Überschneidungen und konkurrierenden Anforderungen.

Prozesslogik vor visueller Detailtiefe

Das Produktionssystem wurde mit FlexSim von Autodesk als diskretes Ereignismodell aufgebaut. Im Mittelpunkt stand nicht eine fotorealistische Halle, sondern die Prozesslogik. Ein Process-Flow-Modell beschrieb Operationen, Entscheidungspunkte, Res-

SIMULATION WIRD VON EINER PUNKTUELLEN PLANUNGSÜBUNG ZU EINER OPERATIVEN ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM. GERADE IN DER AUTOMOBILFERTIGUNG LÄSST SICH DAMIT MEHR FLEXIBILITÄT MIT HÖHERER EFFIZIENZ VERBINDEN.

sourcen- und Materialbedarfe. Hinzu kamen räumliche Restriktionen, Verkehrswege und Regeln für den Wechsel von Mitarbeitenden zwischen Bereichen.

Fachleute aus Fertigung, Logistik und Linienebetrieb sowie die Werkerinnen und Werker wirkten an Modellierung und Validierung mit. Das Team ging die Abläufe schrittweise durch, verglich das Modellverhalten mit dem realen Betrieb und korrigierte Annahmen. Nur wenn die Prozessverantwortlichen die Logik nachvollziehen und das Verhalten wiedererkennen, wird aus einem digitalen Modell ein belastbares Entscheidungsinstrument.

Optimierung in einem beherrschbaren Lösungsraum

Im Betrieb übernahm das Modell das Tagesproduktionsprogramm, das sogenannte Manifest, und kombinierte Simulation mit einem Optimierungsalgorithmus. Alle denkbaren Reihenfolgen für 200 Einheiten vollständig zu prüfen, wäre in operativ nutzbarer Zeit unmöglich. Deshalb wurde der Lösungsraum durch praxisgerechte Regeln eingeschränkt, etwa durch Gruppierungen nach Produktfamilien und Fertigungsabschnitten. So konnten genügend realistische Varianten untersucht werden, ohne dass die Rechenzeit den Nutzen zunichtemachte.

Zu den Kennzahlen gehörten Gesamtproduktionszeit, Durchsatz, Stabilität des

20:44:17 06/06/2025

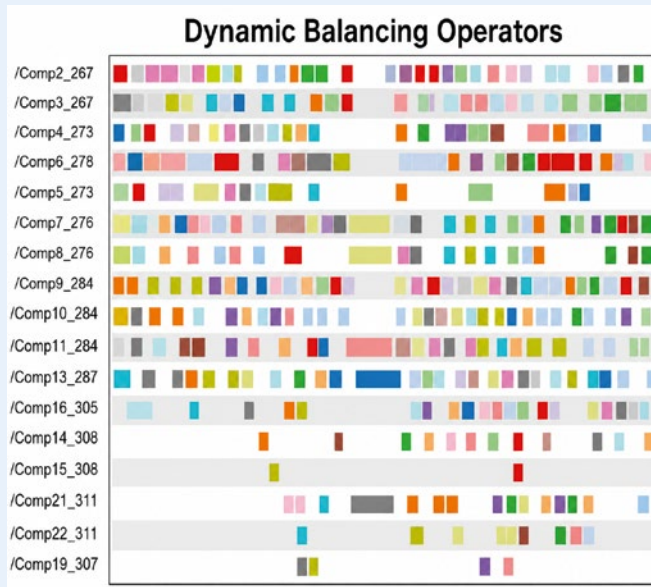


Das diskrete Simulationsmodell berücksichtigt Stationen, Materialfluss, Personalressourcen, Laufwege und betriebliche Restriktionen.

Bild: Mítico Simulation & Automotive-Kunde

Die dynamische Personaleinsatzplanung zeigt beispielhaft einen tagesbezogenen Einsatzplan für Support-Mitarbeitende, gegliedert nach Linienabschnitt und Zeitfenster.

Bild: Mitico Simulation – auf Basis anonymisierter Projektdaten



TYPISCHE EINSATZFELDER

- Produktionsreihenfolge und Variantenmix optimieren
- Personal dynamisch nach Station und Zeitfenster verteilen
- Materialfluss, Puffer und Work-in-Progress dimensionieren
- AGV-, Routenzug- und Logistikkonzepte prüfen
- Kapazitäts- und Was-wäre-wenn-Analysen durchführen
- Bei Abweichungen im Tagesverlauf neu planen

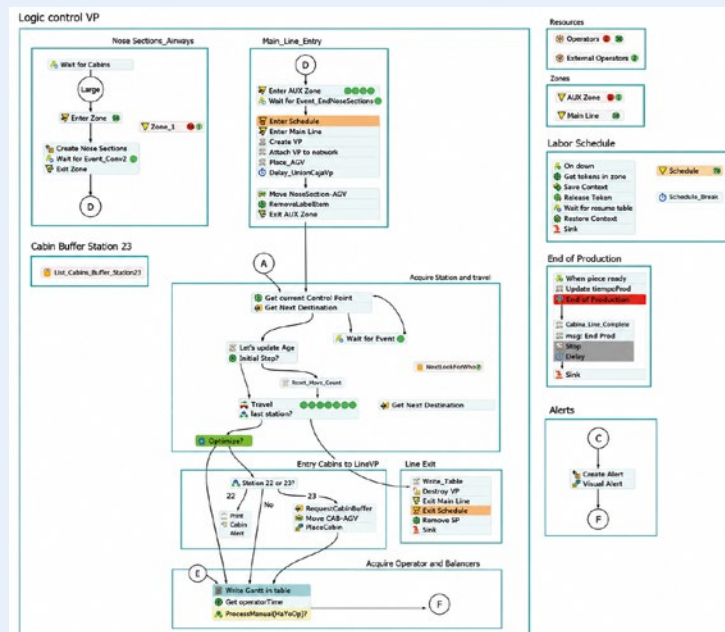
Linienflusses, Wartezeiten, Ressourcenauslastung und Effizienz der Personalzuordnung. Das Ergebnis war nicht nur eine optimierte Sequenz. Besonders wertvoll erwies sich ein Einsatzplan für die Support-Mitarbeitenden: Zu Schichtbeginn erhielten sie eine belastbare Orientierung, in welchem Zeitfenster sie in welchem Linienabschnitt benötigt wurden. Eine minutengenaue Prognose ist im realen Betrieb selten robust; ein Plan für Zeitblöcke und Bereiche verbessert die Koordination dagegen deutlich.

HOHE VARIANTENVIELFALT, KÜRZERE LIEFERFENSTER UND KNAPPE PERSONALRESSOURCEN MACHEN DIE PRODUKTIONSPLANUNG IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE ZUNEHMEND ZU EINER ECHTZEITAUFGABE.

Neu planen, wenn die Realität abweicht

Der wesentliche Nutzen entstand durch wiederholte Simulationsläufe im Tagesverlauf. In einer variantenreichen Produktion ändern sich die Randbedingungen laufend: Ein im System geführtes Bauteil ist physisch nicht verfügbar, Material trifft verspätet ein, eine Ressource fällt aus oder die tatsächliche Bearbeitungszeit weicht ab. Statt an einer statischen Morgenplanung festzuhalten, konnte das Werk Sequenz und Personaleinsatz mit aktualisierten Bedingungen neu berechnen.

Damit verlagerte sich die Steuerung von erfahrungsbasierten Einzelentscheidungen zu einer KPI-gestützten, vorausschauenden Betriebsführung. Die Erfahrung der Planer blieb wichtig, wurde jedoch durch nachvoll-



Produktions- und Shopfloor-Daten speisen Simulation und Optimierung. Ausgegeben werden eine angepasste Fertigungssequenz und ein Einsatzplan für die verfügbaren Ressourcen.

Bild: Mitico Simulation – eigene Darstellung

ziehbare Szenarien ergänzt. Die Visualisierung deckte zudem ineffiziente Laufwege, sich kreuzende Verkehrsströme und ungünstige räumliche Zuordnungen auf.

Vier Voraussetzungen für den praktischen Nutzen

Erstens bestimmt die Datenqualität die Aussagekraft. Stücklisten, Prozesszeiten, Ressourcen, Distanzen und Verfügbarkeiten müssen ausreichend verlässlich sein. Zweitens braucht das Modell den richtigen Detaillierungsgrad. Jede Schraube dreidimensional abzubilden erhöht weder automatisch die Prognosegüte noch den wirtschaftlichen Nutzen; zu viel Detail verlängert Modellierungs- und Rechenzeiten.

Drittens müssen Produktion, Logistik, IT und operative Anwender früh beteiligt werden. Es braucht Menschen, die den Prozess

erklären, Entscheidungen finanzieren und die Ergebnisse später nutzen. Viertens sollte sich der digitale Zwilling reibungsarm in bestehende Informationswege einfügen. Akzeptanz steigt, wenn Mitarbeitende Daten weiter in vertrauten Systemen erfassen und die Simulation diese übernimmt, statt parallele Dokumentationspflichten zu schaffen.

Simulation wird so von einer punktuellen Planungsübung zu einer operativen Entscheidungsplattform. Gerade in der Automobilfertigung lässt sich damit mehr Flexibilität mit höherer Effizienz verbinden. Der operative digitale Zwilling ersetzt nicht das Wissen der Menschen in der Fabrik. Er macht es modellierbar, überprüfbar und unter veränderten Bedingungen schneller nutzbar.

« TB

Marcello Rosadini ist Operations Manager bei Mitico Simulation.

DAS KNOW-HOW BLEIBT IM HAUS

Schafft ein Maschinenhersteller selbst eine Maschine an, müssen sich die Lieferanten mehr noch als sonst auf klar formulierte Anforderungen gefasst machen. So war es bei Dorst, die auf Pressen spezialisiert sind und ihren Standort im oberbayerischen Kochel am See haben. Dort ist im Sommer 2025 eine neue Sinumerik-One-gesteuerte Portalfräsmaschine in Betrieb gegangen. » **VON JOBST LICHT**

Seit 165 Jahren produziert Dorst Technologies Pressen. In dieser Zeit hat sich das Unternehmen im Bereich der Pulverformgebung von metallischen und keramischen Werkstoffen weltweit einen Namen gemacht. Dies gilt sowohl für die Qualität und Langlebigkeit der Anlagen als auch für die Unterstützung der Kunden. Sie werden intensiv begleitet, bis ihr gepresstes Produkt, Grünling genannt, allen Anforderungen entspricht. Moderne Pressen des Unternehmens sind nicht nur hydraulisch, sondern inzwischen auch vollelektrisch erhältlich. Darin kommen bis zu fünf Roboter zum Einsatz, die den vollautomatischen Pro-

duktionsprozess samt Zuführung von Pulver und Abführung der Grünlinge unterstützen.

Königsdisziplin ist die Produktion von Teilen mit komplexen Geometrien, etwa schräg verzahnte Zahnräder, bei denen es alles andere als trivial ist, sie als Grünling aus der Presse zu entformen. Motorentechnik, PLC, Antriebstechnik, vor allem aber die Steuerungstechnik, die in den Pressen zum Einsatz kommt, stammen aus dem Hause Siemens. Kein Wunder also, dass bei Dorst schon vor geraumer Zeit die Entscheidung fiel, in der eigenen Fertigung ausschließlich Maschinen

— DIE STUFENLOSE FRÄSKOPFTECHNOLOGIE ERMÖGLICHT DIE BEARBEITUNG VON FÜNF SEITEN. —

mit Steuerungstechnik von Siemens einzusetzen. Denn damit verfügen sie über ein einheitliches Bedienkonzept – egal, um welche Fertigungstechnologie es geht – und es kann dieselbe Programmiersoftware genutzt werden, um die Bearbeitungsprogramme zu erstellen. Die neu aufgestellte Maschine des Typs Zayer Arion wurde also mit Sinumerik One ausgeliefert.

Sorgfältige Maschinenauswahl

Die Anschaffung der Portalfräsmaschine war strategisch bedeutsam und wurde sorgfältig vorbereitet. Dabei spielte das Selbstverständnis von Dorst eine hervorgehobene Rolle: Hier will man den Kunden mit seinen Produkten bis ins Detail verstehen und auf Basis der herausragenden Erfahrung beim Thema Pressen die für die jeweilige Anwendung beste Anlage liefern. Diese Selbstverpflichtung spiegelt sich direkt in den Ansprüchen an die eigenen Lieferanten wider. „Für uns

Das 1,5 Meter lange Referenzbauteil erfüllte alle Anforderungen, etwa eine Genauigkeit im Kreuzwinkel und in der Ebenheit von 2/100.

Bild: Siemens

ist es wichtig zu sehen, wie die Zulieferer im Markt aufgestellt sind. Wir haben uns sehr detailliert informiert, welche Maschinen es gibt, und auch die Referenzen waren für uns entscheidend“, so Siegfried Kremhelmer, Leiter Strategischer Einkauf bei Dorst. Die Zufriedenheit und guten Erfahrungen mit der Vorgängermaschine von Zayer, die es auf 35 Jahre Produktionszeit gebracht hatte, seien laut Kremhelmer ebenfalls ein wesentliches Argument gewesen. Die Betreuung durch Iberimex Werkzeugmaschinen, den Generalimporteur von Zayer in Deutschland, und die Firma Kess&Köhn, die Iberimex in Bayern vertritt, habe sich über all die Jahre durch gute Erreichbarkeit und kurze Wege ausgezeichnet.

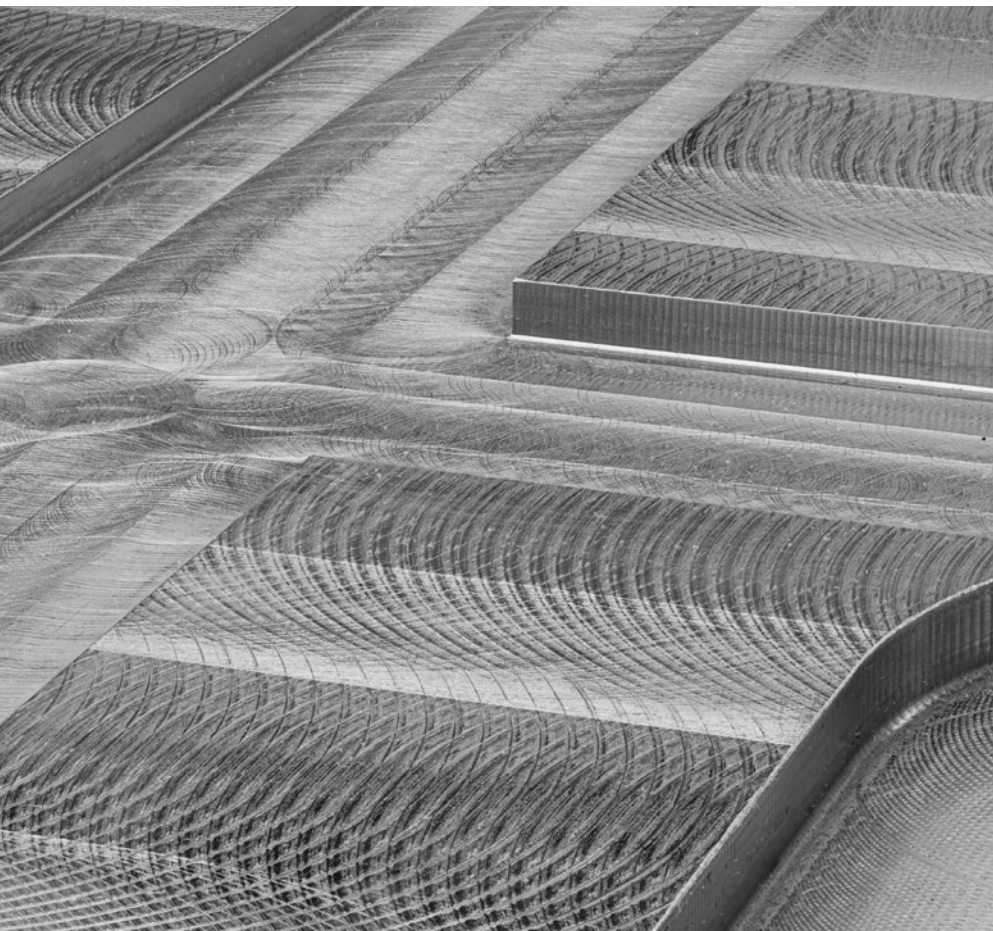
Neue Maschine, mehr Möglichkeiten

Zayer Arion, eine Portalfräsmaschine mit festem Querträger, verfahrbarem Tisch und 3 + 2 Achsen, hat Verfahrswege von X = 4.000 Millimeter, Y = 2.600 Millimeter, Z = 1.200 Millimeter und ist damit deutlich größer als ihre Vorgängerin. Die Zayer-eigene, stufenlose Fräskopftechnologie ermöglicht die Bearbeitung von fünf Seiten. Diese Maschine ist optimal auf das aktuelle und künftige Teilespektrum bei Dorst abgestimmt. Denn für die Rahmen und Säulenführungen der Pressen sind sehr hohe Anforderungen an die Oberflächentoleranzen, Rechtwinkligkeiten und Parallelitäten zu erfüllen. Und genau



Die Zayer Arion ist eine Portalfräsmaschine mit festem Querträger und verfahrbarem Tisch. Sie hat Verfahrswege von X = 4.000 Millimeter, Y = 2.600 Millimeter und Z = 1.200 Millimeter.

Bild: Siemens



Eigene Kapazitäten im Haus sichern

Mit der neuen Maschine ist der Anspruch verbunden, die Fertigungskompetenzen für komplexe Bauteile im eigenen Haus zu sichern. Vom Teilespektrum her lässt sich damit sehr viel mehr in Eigenfertigung abbilden als zuvor. Es geht also darum, die Erfahrung und das Know-how darüber an Bord zu haben, was technologisch möglich ist und wo die Grenzen liegen. Gleichzeitig wird die Maschine als Second Source fungieren, also die Möglichkeit schaffen, bei Bedarf Teile selbst zu fertigen, die sonst zu geliefert werden. Sie bringt zudem die nötige Kapazität mit, um Stückzahlen kurzfristig zu erhöhen. „Entscheidend ist für uns, flexibel

DIE DURCHSCHNITTliche BEARBEITUNGSZEIT VON TEILEN LIEGT BEI CIRCA ZWEI STUNDEN.

zu sein – schnell reagieren zu können, wenn Ersatzteile gefragt sind, und Stückzahlspitzen abzufangen. Auch unseren Kunden gegenüber zählt das sehr“, so Kremhelmer – und betont damit einmal mehr die Messlatte, die man hier an sich selbst im Umgang mit Kunden anlegt.

Übersichtliche Bedienung

Die durchschnittliche Bearbeitungszeit von Teilen liegt bei circa zwei Stunden. Die Maschinenbediener sind also viel mit dem Einrichten, aber auch mit dem Programmieren von einfacheren Werkstücken beschäftigt. Die Sinumerik One kommt dafür mit der Maschinensteuertafel MCP2200 mit zwei Powerrides für Spindel und Vorschub sowie mit einem 22-Zoll-Monitor daher. „Das ist alles sehr

diese Aspekte wurden am Abnahmeteil, das mithilfe einer 3D-Koordinatenmessmaschine qualifiziert wurde, demonstriert: Zuerst wurde es geschruppt, dafür bringt die Spindel 30 Kilowatt Dauerleistung und bis zu 1.050 Newtonmeter Drehmoment. Mit einer Drehzahl von bis zu 6000 Umdrehungen pro Minute erfolgte das Finishen der Oberflächen. Dabei lag die Anforderung an die Genauigkeit im Kreuzwinkel und in der Ebenheit bei 2/100 – letzteres wohlgermerkt bei einem 1,5 Meter langen Referenzbauteil. Wer sich auskennt, weiß: Dieses Ergebnis gelingt nur, wenn zwischen Schruppen und Finishen eine ausreichende Zeitspanne eingeplant wird, damit sich die im Bauteil entstandenen Spannungen abbauen können.

Hohe Teilevarianz

Der Individualisierungsgrad der Pressen ist sehr hoch. Insbesondere die großen Anlagen werden fast ausschließlich kundenspezifisch gebaut. „Wenn wir einmal fünf gleiche Teile fertigen, sprechen wir schon von einer Serie“,

so Alexander Buchwieser, der die neue Portalmaschine gemeinsam mit einem Kollegen bedient. Zum Zeitpunkt des Besuchs war die Zayer gerade erst in Betrieb gegangen und abgenommen. Trotz des frühen Zeitpunkts ist klar, dass die Maschine hält, was sie verspricht. „Wir sind sehr zufrieden mit den Ergebnissen, die wir bisher gesehen haben. Sowohl die Bediener als auch der Fertigungsleiter können es kaum erwarten, voll in die Produktion zu gehen und die Maschine auch mal auszureizen“, so Kremhelmer. Im Laufe der Zeit sollen dann die Fertigungsprozesse an den Möglichkeiten der Maschine ausgerichtet werden.

Der Anspruch an die Maschine bei Dorst: Know-how und Fertigungskompetenzen an Bord haben, mehr in Eigenfertigung abbilden als zuvor, als Second Source fungieren und bei Bedarf Stückzahlspitzen abfangen.

Bild: Siemens





Anwendungstechniker Manfred Buchner von Siemens (links) und Maschinenbediener Alexander Buchwieser von Dorst (rechts) vor der Maschinensteuertafel der Sinumerik One.

Bild: Siemens

übersichtlich, und der Bildschirm lässt sich anpassen, wie wir es brauchen“, so Maschinenbediener Buchwieser, der mit der Nachfolgemaschine den Umstieg auf Sinumerik gemacht hat. „Schwenkzyklus, Planfräsen, Bohren, Taschen fräsen – das sind die Dinge, die wir täglich programmieren. Mit den Zyklen von ShopMill geht das fix.“ Umfangreichere Programme werden im CAM-System erstellt und als G-Code ausgegeben. Da die Steuerung sowohl G-Code als auch ShopMill-Code beherrscht, stehen beide Formate ganz nach

DIE SIMULATIONEN LASSEN SICH INKLUSIVE KOLLISIONS-CHECK DURCHFÜHREN.

Bedarf zur Verfügung. „Die Sinumerik beinhaltet wirklich tolle Applikationen und lässt dem Hersteller auch Spielraum für Eigenes“, so Andreas Stratmann, Gesellschafter von Iberimex. „Auf den Zayer-Buttons haben wir die Themen Wartung und Diagnose, auch Ferndiagnose, abgebildet.“

Der digitale Maschinenzwilling

Beim Engineering der Maschine nutzte der Hersteller Zayer aus Spanien Create MyVirtual Machine, den digitalen Zwilling der Sinumerik. Damit lassen sich die Konstruktion und Verhaltensmodellierung, aber auch die Inbetriebnahme von Maschinenprojekten mit Sinumerik One testen – und zwar inklusive der Automatisierung. „Aus meiner Sicht ist die Sinumerik One in dieser Hinsicht ein

Beim Engineering der Maschine nutzte der Hersteller Zayer Create MyVirtual Machine, den digitalen Zwilling der Sinumerik One.

Bild: Siemens



Moderne Pressen von Dorst sind inzwischen auch vollelektrisch erhältlich. Darin kommen bis zu fünf Roboter zum Einsatz, die den vollautomatischen Produktionsprozess samt Zuführung von Pulver und Abführung der gepressten Produkte unterstützen.

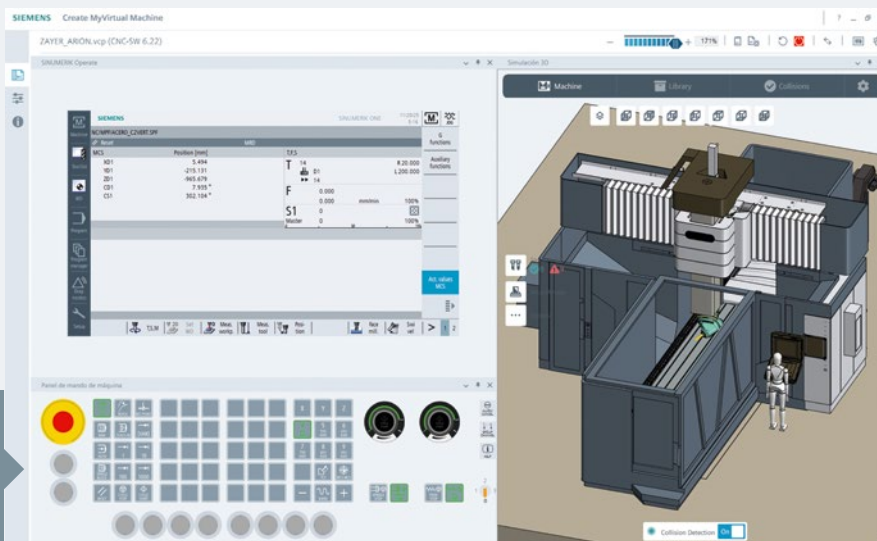
Bild: Dorst Technologies

absoluter Gamechanger. Da buggt nichts, da funktioniert alles, das ist aufeinander abgestimmt. Siemens ist da einfach einen Schritt weiter“, so Peter Köhn, Mitinhaber der Firma Kess&Köhn. Zudem gibt es Run MyVirtual Machine, den digitalen Zwilling für die Anwender, der mithilfe der Step-Files des Maschinenherstellers erzeugt wird. Damit lässt sich vieles bewerkstelligen, wofür sonst die reale Maschine in Beschlag genommen werden muss, wie beispielsweise Schulungen oder Arbeitsvorbereitung. Gemeinsam mit dem Step-Modell des Bauteils sind diese Simulationen äußerst realitätsgetreu und lassen sich inklusive Kollisions-Check durchführen. Die simulierten Bearbeitungszeiten entsprechen nahezu der Realität, weil sie auf den tatsächlichen Maschinendaten basieren: Bearbeitungsraum, Beschleunigung, Ruck, Werkzeugwechsel, Softwarestand – alles stimmt mit Maschine und Ausrüstung überein.

Kremhelmer kommentiert: „Digitalisierung und neue Technologien beobachten wir sehr genau, schließlich sind wir selbst Maschinenhersteller. Und Anforderungen, die an uns gestellt werden, stellen wir natürlich automatisch auch an unsere Zulieferer. Wir achten sehr genau darauf, ob das Unternehmen sind, die bei diesen großen Entwicklungen vorne dran sind.“ Womit wir wieder beim Thema wären: Wenn ein Maschinenhersteller selbst eine Maschine anschafft, weiß er eben sehr genau, auf was er bei seinen Zulieferern zu achten hat.

« KIS

Jobst Lichte ist Regional Manager bei Siemens.



MARKET-PLACE

Anbieter & Dienstleister



CAD/CAM-SYSTEM PEPs

- Drahterodieren
- Fräsen
- Drehen
- Laser-und Wasserstrahlschneiden

CAD/CAM-SYSTEM OPTICAM

- Drahterodieren in SOLIDWORKS
- Drahterodieren in hyperMILL CAD
- Drahterodieren in Siemens NX
- Drahterodieren in SolidCut CAD
- Drahterodieren in GibbsCAM

Camtek GmbH

CAD/CAM-Systeme
Werkstraße 24
71384 Weinstadt
Tel.: 071 51 / 97 92-02
E-Mail: info@Camtek.de
Internet: www.Camtek.de



COMSOL ist ein weltweiter Anbieter von Simulationssoftware für Produktdesign, Engineering und Forschung in technischen Unternehmen, Labors und Universitäten.

COMSOL Multiphysics® ist eine integrierte Umgebung für die Erstellung physikbasierter Modelle und Simulations-Apps.

Simulationsexperten nutzen COMSOL Server™ und COMSOL Compiler™, um Simulations-Apps für Designteams und Kunden weltweit bereitzustellen.

Comsol Multiphysics GmbH

Robert-Gernhardt-Platz 1
37073 Göttingen
Tel: +49 551 99721-0
Fax: +49 551 99721-29
info@comsol.de
www.comsol.de



ANTRIEBSTECHNIK MADE IN KELHEIM

Die Heidrive GmbH ist ein innovativer Antriebsspezialist mit über 300 Mitarbeiter/innen und hat ihren Sitz in Kelheim. Unsere kundenspezifischen Antriebslösungen werden in den Branchen Industrie, Robotik, Intralogistik sowie Medizin-, Labor-, Lebensmittel-, Luftfahrttechnik und vielen weiteren Bereichen angewendet.

Heidrive GmbH

Starenstraße 23
93309 Kelheim
Tel.: 0 94 41 / 707-0
Fax: 0 94 41 / 707-257
E-Mail: info@heidrive.de
Internet: www.heidrive.com



Schneider Digital ist Full-Service Lösungsanbieter für professionelle 3D-Stereo-, 4K/8K- und VR/AR-Hardware mit Schwerpunkt auf Performance in Datenverarbeitung und -Visualisierung. Unser Produktportfolio: High Resolution 4K/8K-Monitore (UHD), 3D-Stereo- und Touch-Monitore von 22" bis 100", VR/AR-Lösungen, vom Desktop-System bis hin zu Multi-Display-Walls. Schneider Digital ist Hersteller der eigenen Powerwall-Lösung Laser smartVR-Wall sowie des passiven 3D-Stereomonitors und Desktop VR-Systems 3D PluraView. Eigenentwickelte Performance-Workstations mit Profi-Grafikkarten von AMD und NVIDIA sowie innovative Hardware-Peripherie (Tracking, Eingabegeräte u.v.a.) komplettieren das Angebot zu ganzheitlichen Arbeitsplatz-Lösungen für alle anspruchsvollen Einsatzbereiche in Konstruktion/Design/CAX und Simulation.

Schneider Digital

Josef J. Schneider e.K.
Maxtrainer Straße 10, D-83714 Miesbach
Tel.: +49 (8025) 9930-0
Mail: info@schneider-digital.com
Web: www.schneider-digital.com



Wenn Sie sich in diesem Bereich mit einem Eintrag platzieren möchten, wenden Sie sich bitte an

Herr Michael Nerke,
Tel. 0 89/3 86 66 17 20,
michael.nerke@win-verlag.de

FÜR EINEN SAUBEREN SCHNITT

Maschinenbauer Bystronic war auf der Suche nach einer wirtschaftlichen Antriebslösung für seine Laserschneidmaschine ByCut Eco. Fündig wurden die Schweizer bei AMKmotion. Der Spezialist für elektrische Antriebs-, Steuerungs- und industrielle Automatisierungstechnik lieferte ein Set an hybrider Antriebstechnik. » VON ANJA SCHABER

Das Set an hybrider Antriebstechnik, das AMKmotion an Bystronic lieferte, bestand aus dem iDT5-Synchron-Servomotor mit integriertem Wechselrichter iX5, dem DT5-Synchron-Servomotor, dem Servowechselrichter iX5, dem ihXT4-Synchron-Servomotor mit integriertem Wechselrichter, dem Einspeisemodul KEN und dem Hybridverteiler KHY. Dieses System arbeitet nicht nur dynamisch und genau, es vereinfacht auch die Verkabelung und schafft Platz im Schaltschrank.

„Die Vernetzung unserer Laserschneidsysteme und Abkantpressen mit innovativen Automations-, Software- und Servicelösungen ist der Schlüssel zur umfassenden Digitalisierung der Blechindustrie“, sagt Stefan Züger, Global Media Relations & Product Communication Manager bei Bystronic. „Unsere Kunden erwarten von uns clevere Lösungen und leistungsstarke Produkte.“

Eine solche ist die Laserschneidmaschine ByCut Eco. Für die Einsteiger-Anlage war das Unternehmen auf der Suche nach einem neuen Antriebssystem, das den Schneidkopf in X-, Y- und Z-Richtung verfährt. „Dieses sollte eine hohe Dynamik bieten, die geforderte Bahn- und Teilegenauigkeit beim Laser-



Die hybride Antriebstechnik erfüllt nicht nur alle gestellten Anforderungen an Dynamik, Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit, sondern vereinfacht auch die Verkabelung und schafft Platz im Schaltschrank.

Bild: Bystronic Laser

schneiden ermöglichen und wirtschaftlicher sein als das bisher eingesetzte“, zählt Adrian Krebs auf, der zusammen mit Stefan Jacobi, Leiter Systems Engineering, bei Bystronic für das Projekt zuständig war. „Als Lösung hatte ich mir ein dezentrales System in den Kopf gesetzt“, sagt Jacobi. Und weil er mit AMKmotion und ihrer Technologie bereits bei einem früheren Projekt gute Erfahrungen gesammelt hatte, wandte sich das Team mit seiner Anfrage und einem groben Plan wieder an die Antriebsspezialisten aus Kirchheim unter Teck.

Gemeinsam die Lösung entwickelt

Andreas Ochs, Teamleiter Antriebsauslegung und Inbetriebnahme bei AMKmotion, und sein Team nahmen die Herausforderung an. „Wir starteten mit einer Grundauslegung und tasteten uns sozusagen Stück für Stück ran“, sagt Ochs. In enger Zusammenarbeit des Kunden mit dem Getriebehersteller entstand in einem rund zwei Monate dauernden Prozess mit regelmäßigen Besuchen in Niederösterreich die passende Lösung.

DAS ANTRIEBSSYSTEM SOLLTE DEN SCHNEIDKOPF IN X-, Y- UND Z-RICHTUNG VERFAHREN KÖNNEN.

Für die Bewegung auf der **Y-Achse** ist ein iDT5-Synchron-Servomotor mit integriertem Wechselrichter zuständig. Dieser vereint den Wechselrichter iX mit dem Servomotor DT. Beide sind direkt miteinander verdrahtet. „Wie auch die Einzelkomponenten sitzt die mechatronische Funktionseinheit in einem Metallgehäuse, das den schock- und vibrationsfesten Wechselrichter und Servomotor nach Schutzart IP65 vor Staub und Feuchtigkeit schützt“, erklärt Ochs.

Auf der **X-Achse** befindet sich der Schneidkopf auf einem Gantry-System. „Um dieses

DAS UNTERNEHMEN BYSTRONIC

Bystronic aus Niederösterreich/Schweiz entwickelt und baut Anlagen zur Blechbearbeitung. Im Fokus steht die Automation des gesamten Material- und Datenflusses der Prozesskette Schneiden und Biegen. Das Unternehmen beschäftigt weltweit über 3600 Mitarbeiter an mehr als 40 Standorten und setzte 2022 rund eine Milliarde Euro um.



Bystronic suchte eine wirtschaftliche Antriebslösung für die Laserschneidmaschine ByCut Eco, die alle Anforderungen an Dynamik und Genauigkeit erfüllt.

Bild: Bystronic Laser

synchron und mit der notwendigen Dynamik zu bewegen, setzen wir stärkere Motoren ein“, sagt der Teamleiter. „Verbaut haben wir zwei DT5-Synchron-Servomotoren mit je einem dezentralen Servowechselrichter iX5.“ Die hochpoligen Servomotoren sind für hohe Drehmomente ausgelegt und haben erhöhte Eigenträgheitsmomente. Das bedeutet: Sie können auch größere Lasten ohne Getriebe als Direktantrieb äußerst dynamisch beschleunigen und die Produktivität der Maschine steigern. Die Magnete im Rotor sind eingeschoben und durch eine Kunststoffumspritzung fixiert. Dies schützt sie zusätzlich vor Staub, Gasen und Feuchtigkeit – und garantiert dauerhaft stabile Magnetwerte.

Die **Z-Achse** positioniert einen ihXT4-Synchron-Servomotor mit integriertem Wechselrichter. Die schock- und vibrationsfeste Antriebseinheit mit einem Drehmoment von 2,6

Newtonmetern sitzt in einem IP65-geschützten Gehäuse und ist damit für den direkten Einbau in der Maschine geeignet. Funktionale Sicherheit in Form von Safe Torque Off (STO) ist standardmäßig mit an Bord.

ECHTZEIT-KOMMUNIKATION ERFOLGT ÜBER EINEN SEPARATEN FELDBUSSTRANG.

Im Schaltschrank findet sich lediglich das platzsparende Einspeisemodul KEN, das die Zwischenkreisspannung erzeugt und die angeschlossenen dezentralen kompakten Wechselrichter mittels des Hybridverteilers KHY mit Leistung versorgt. Dieser vereinfacht die Zusammenführung verschiedener Signale und Versorgungsspannungen aus der zentralen Antriebsebene. Er dient als intelligente Schnittstelle von der zentralen zur dezentralen Antriebswelt. Dabei werden



Der Servowechselrichter iX lässt sich nach dem Daisy-Chain-Konzept verkabeln.

Bild: AMKmotion

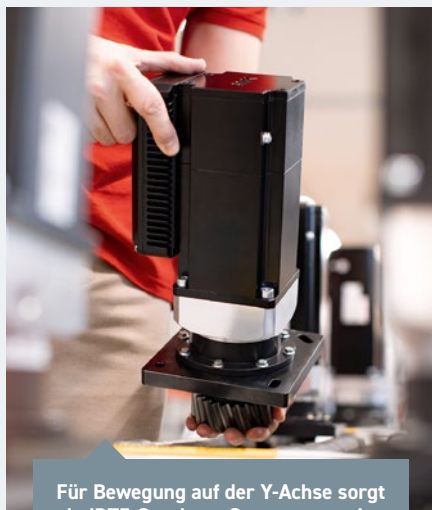
über den iX der DC-Bus, die antriebsintegrierte Sicherheitsfunktion STO und 24 Volt zu anderen dezentralen Reglern weitergeschleift. Die Echtzeit-Kommunikation erfolgt über einen separaten Feldbusstrang. Das standardisierte Interface ist als Anreihemodul aufgebaut und ermöglicht so, zentrale Schaltschrankgeräte einfach zu erweitern. Für den Kurzschluss- und Überlastschutz sind Schmelzsicherungen integriert. Zusätzlich überwacht der KHY den Zwischenkreisstrom und den dezentralen Antriebsstrang über einen I²t-Zähler. Sein Abschaltverhalten lässt sich individuell konfigurieren. Der KHY ist nach dem Daisy-Chain-Konzept mit den dezentralen Servowechselrichtern der Synchron-Servomotoren verkabelt.

Zuverlässige Zusammenarbeit auf Augenhöhe

„Mit dem dezentralen Aufbau sparen wir Platz im Schaltschrank, haben elf Kabel weniger in der Energiekette und damit insgesamt einen geringeren Verkabelungsaufwand, können das ganze Drumherum schlanker gestalten – und erreichen trotzdem unsere Anforderungen an Dynamik und Präzision“, fasst Jacobi zusammen. „Dank des direkten Drahts zur Entwicklungsabteilung lief die Zusammenarbeit sehr gut, unkompliziert und immer auf Augenhöhe“, ergänzt Krebs. „Da muss ich auch mal ein Kränzchen für Herrn Ochs binden. Er hat uns immer geholfen, eine Lösung zu finden.“ Ein weiterer Pluspunkt sei die Liefertermintreue. „Das ist ein ganz wichtiger Aspekt, denn Verzögerungen beim Bau einer Maschine wegen fehlender Komponenten schlagen gleich auch auf die nachfolgenden Aufträge durch. Mit AMKmotion an unserer Seite können wir unsere Liefertermine zuverlässig halten“, freut sich Markus Beier, Einkäufer Elektroteile bei Bystronic.

« KIS

Anja Schaber ist Marketingmanagerin bei AMKmotion.



Für Bewegung auf der Y-Achse sorgt ein iDT5-Synchron-Servomotor mit integriertem Wechselrichter.

Bild: Bystronic Laser



Zwei DT5-Synchron-Servomotoren bewegen die X-Achse.

Bild: Bystronic Laser

LINEARTECHNIK: GEWINDETRIEBE NACH MASS

Die Ausführungen von Kugel- und Planetengewindetrieben sind so vielfältig wie ihre Einsatzbereiche. Im folgenden Beitrag wird erläutert, wie Maschinen- und Anlagenbauer die fünf wichtigsten Anforderungen effizient umsetzen.



Ob Außenverzahnung mit Innengewinde, Innenverzahnung mit Außengewinde, korrosionsbeständige Ausführungen oder andere Sonderbearbeitungen: Das Angebot an Gewindetrieben von Bosch Rexroth ist sehr vielseitig.

Bilder: Bosch Rexroth

Jede Konstruktionsabteilung weiß, wie zeit- und kostenintensiv es sein kann, Komponenten mit spezifischen Anforderungen zu bestimmen, einen passenden Lieferanten zu finden, Varianten und Spezifikationen zu klären und die technische Dokumentation inklusive CAD-Daten sicherzustellen. Das gilt auch für Gewindetriebe, die als zentrale Lineartechnik-Baugruppe besonders häufig kundenspezifische Eigenschaften benötigen.

Wer neben den Teilekosten auch den Aufwand für Abstimmungen und Freigaben sowie potenzielle Montagefehler reduzieren möchte, profitiert von Herstellern, die Gewindetriebe in verschiedensten Varianten und mit unterschiedlichsten Eigenschaften anbieten. „Neben Baugröße, Durchmesser, Steigung und Länge gibt es zahlreiche Sonderwünsche, wie zum Beispiel Beschichtungen oder die besondere Beschaffenheit von Spindel und Mutter“, weiß Rainer Sauer, Produktmanager Gewindetriebe bei Bosch

OBERFLÄCHEN VON SPINDELN UND MUTTERN LASSEN SICH MIT DÜNNSCSCHICHT-HARTCHROM BESCHICHTEN.

Rexroth. „Um die ganze Bandbreite an kundenspezifischen Gewindetrieben möglichst umfassend abzubilden, haben wir bei Bosch Rexroth das Applikationswissen über Jahr-

zehnte gesammelt und in unser Portfolio integriert. Wir wollen im Kundendialog die optimale Lösung finden und diese in gewohnter Rexroth Qualität realisieren.“

Die Top Fünf Anforderungen an Gewindetriebe

Um möglichst viele kundenspezifische Gewindetriebe aus einer Hand liefern zu können, hat Bosch Rexroth seinen Standardkatalog um viele Varianten und Eigenschaften erweitert. Wer hier nicht fündig wird, kann sich auch direkt an das Konstruktionsteam wenden. Was am häufigsten nachgefragt wird? Sauer nennt fünf typische Anforderungen:

1. Beschichtungen für besondere Umgebungsbedingungen

Zum Schutz vor Korrosion, etwa bei Kontakt mit aggressiven Stoffen in rauen Umgebungen oder bei Feuchtigkeit, können die Oberflächen von Spindeln und Muttern mit Dünnschicht-Hartchrom beschichtet werden. Schwarzverchromte Gewindetriebe zur Vermeidung unerwünschter Lichtreflexe oder Gewindetriebe in Edelstahlausführung für die Lebensmittelindustrie sind weitere Möglichkeiten.

2. Kundenspezifische Spindeln

Hochpräzise Werkzeugmaschinen nutzen mitunter Gewindetriebe, die über Tieflochbohrungen und Schlauchleitungen tem-



Typische Spindelmodifikationen (von links): Sonderlängen, Verlängerung, Sonderbearbeitungen und Nuten.



Korrosionsbeständige Ausführungen: Dünnschicht-hartverchromt in schwarz und mattsilber sowie als Niro-Variante.

periert werden können. Die Einbringung des Mediums erfolgt über eine stationäre Drehdurchführung am Ende der Spindel. Im Rahmen der patentierten Spindel-Temperierung des Herstellers kann so auch eine an das Kühlmanagement der Maschine angeschlossene Rohrleitung das Spindelinnere durchlaufen. In Kombination mit konstanter Vorspannung und Steifigkeit können Werkzeugmaschinen so ohne Einlaufzeit ab dem ersten Teil mit einer bis zu 75 Prozent höheren Teilegenauigkeit produzieren. Ohne zusätzlichen Bedarf an Bauraum kann die Lösung zudem auch nachgerüstet werden.

DIE SPIDELMUTTERN DER GEWINDETRIEBE KÖNNEN IM WERK NACHGEARBEITET WERDEN.

Eine weitere kundenspezifische Bearbeitung ist eine besondere Geometrie der Spindelenden, um den Motor formschlüssig anzuschließen – beispielsweise mittels Innenverzahnung, Außenverzahnung, Antriebszapfen oder Zapfwelle. Ebenfalls beliebt sind Endenbearbeitungen für gehärtete Lagersitze, Schrumpfringe sowie Sonderlängen. Extralange Gewindetriebe lassen sich – je nach Durchmesser – durch zwei bis acht Meter lange Spindelstücke zusammensetzen und sicher miteinander verschrauben. Gegenläufige Bewegungen mit nur einem Antrieb, etwa für Öffnungs-, Schließ- und Klemm-Mechanismen, lassen sich mit kombinierten Spindeln umsetzen. Diese besitzen zwei Gewindeabschnitte mit je einem Rechts- und Linksgewinde, gegebenenfalls auch mit unterschiedlichen Steigungen.

3. Kundenspezifische Muttern

Auch die Spindelmuttern der Gewindetriebe können im Werk nachgearbeitet werden, etwa um Störkonturen, Nuten,

Gewinde oder zusätzliche Schmierbohrungen zu realisieren oder benötigte Sonderflächen anzubringen. Für besondere Anforderungen, wie zum Beispiel Roboter-Schweißzangen, realisiert das Unternehmen auch Sondermuttern mit Außenverzahnung für den Ritzelantrieb. Sicherheitsrelevante Anwendungen mit nicht horizontal betriebenen Kugelgewindetrieben erfordern in der Regel eine Fangmutter als Absturzsicherung. In der Halbleiterbranche oder Glasfertigung finden integrierte Umlenkssysteme aus speziellen Materialien Verwendung, die die Wälzkörper innerhalb der Mutter kontinuierlich und ruhig zurückführen, was auch einen gleichmäßigeren Drehmomentverlauf ermöglicht.

4. Komplettlösungen mit montiertem Endlager

Große Bauteile sind nicht nur schwer, sondern auch unhandlich und aufwendig zu montieren. Ein typisches Flanschlager für einen Planetengewindetrieb in Baugröße 75x20 bringt laut Sauer 53 Kilogramm auf die Waage und muss vor dem Aufziehen erwärmt werden. Außerdem muss die Nutmutter mit dem richtigen Drehmoment angezogen werden, was spezielle Werkzeuge und Vorrichtungen erfordert. „Wenn wir diese Arbeiten bereits im Werk durchführen, sparen unsere Kunden Zeit und zusätzliche Investitionskosten“, so der Produktmanager. Diese Option bewährt sich insbesondere bei Gewindetrieben für Pressapplikationen, wie zum Beispiel Servopressen zur Blechumformung.

5. Schnelle Lösungsfindung

Jeder kundenspezifische Gewindetrieb soll möglichst schnell projektiert, produziert und geliefert werden. Um diese übergeordnete Marktanforderung zu erfüllen, hat der Hersteller einen hochintegrierten und intuitiv bedienbaren Linear-technik-Selector entwickelt: Er führt die User intuitiv durch Auswahl, Auslegung

und Konfiguration bis hin zur Bestellung. Nach nur wenigen Eingaben und Minuten werden bereits plausible Lösungsempfehlungen und sinnvolle Alternativen präsentiert – einschließlich technischer Hinweise und Hilfestellungen. Der visuelle Auswahlprozess startet mit der Abfrage von Einbaulage und Antrieb, gefolgt von den Bereichen Zyklus und Belastung. Anschließend kann entweder individuell parametrisiert oder eine Branchenanwendung ausgewählt werden, um passende Produktvorschläge mit Hinweisen zu Grenzwerten, Maßbildern und Schmierempfehlungen zu erhalten. „Das ist ein großer Fortschritt im Engineering, da unsere Kunden auch ohne spezifisches Produktwissen eine plausible Lösung finden“, so Sauer. In künftigen Versionen sollen die Lösungsvorschläge auch direkt mit einem Preis versehen sein. Abschließend kann die ausgewählte Lösung in den Warenkorb gelegt und die umfangreiche Projektdokumentation inklusive Anleitung, 3D-CAD-Daten und Berechnungsinformationen heruntergeladen werden.



Spindel mit Hohlbohrung und Drehdurchführung für optimale Temperierung.

Fazit

Aufgrund der großen Anforderungsfülle geht die Nachfrage nach Gewindetrieben weit über das Standardangebot der meisten Hersteller hinaus. Je umfassender das angebotene Portfolio, desto weniger Sonderlösungen sind nötig. Im Hinblick auf einen möglichst effizienten Maschinen- und Anlagenbau bildet das Unternehmen diese Flexibilität mit zahlreichen Varianten an Spindeln und Muttern ab und beschleunigt zudem die Lösungsfindung mithilfe eines intuitiven Online-Selektors. Auf Anfrage lassen sich selbst ungewöhnliche Aufgabenstellungen realisieren. Die so entstehenden transparenten Prozesse sparen wertvolle Zeit und unnötige Zusatzkosten im Maschinen- und Anlagenbau bei höherer Flexibilität und Effizienz für eine schnellere Markteinführung.

« KIS

KOMPAKT OHNE KOMPROMISSE

Zwei Bewegungen, ein Antrieb: Mit der Kronenrad-Royal-Technologie definiert der Schweizer Getriebe- und Verzahnungsspezialist Balance Drive die Drehschwenkachse neu. Die Kombination aus hoher Präzision und Kompaktheit ermöglicht High-Performance-Lösungen mit bis zu 30 Prozent weniger Gewicht und Bauraum – und setzt damit neue Maßstäbe in der Automation. » VON EVELYNE JUNGO



Mit einem Kronenrad Royal können problemlos mehrere Ritzel angetrieben werden.

Drehschwenkantriebe kombinieren eine Dreh- mit einer Schwenkachse und kommen überall dort zum Einsatz, wo Bauteile mit angebauten Greifern oder anderen Endeffektoren ausgerichtet, positioniert oder zwischen Stationen umgesetzt werden. Herkömmliche Lösungen realisieren diese beiden Bewegungen meist mit zwei separaten Antrieben: einer Motor-Getriebe-Einheit für die Drehung und einer zweiten für das Schwenken. Dieses bewährte Prinzip hat jedoch Nachteile: Der klassische Aufbau ist vergleichsweise schwer, beansprucht viel Bauraum und belastet den Schwenkantrieb zusätzlich, da dieser die gesamte Masse des Drehantriebs mitbewegen muss. Die Folge sind größere und leistungsstärkere Antriebe, ein höherer Energieverbrauch und eine eingeschränkte Dynamik. Die gängige Konfiguration mit Win-

kel- und Planetengetriebe verfügt zudem in der Regel nicht über eine Hohlwelle. Leitungen müssen daher außen geführt werden, was die Bewegungsfreiheit eingeschränkt – 360-Grad-Bewegungen sind nicht möglich.

Mit Drehschwenkantrieben auf Basis der Kronenradtechnologie lassen sich diese Pain Points effizient lösen. Sie sind bis zu 30 Prozent leichter und kompakter, integrieren eine Hohlwelle und ermöglichen kontinuierliche 360-Grad-Drehungen – und das bei höchster Performance und absoluter Zuverlässigkeit. Architekt dieser Innovation ist Balance Drive.

Kronenrad Royal: Das Winkelgetriebe mit hohem Wirkungsgrad

Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung innovativer, kundenspezifischer Antriebslösungen spezialisiert und ist ein ausgewiesener Experte für die Kronenradtechnologie. Die im eigenen Haus entwickelten Kronen-

rad-Royal-Getriebe gelten als Benchmark in puncto Leistungsdichte, Bauraum sowie Anwenderfreundlichkeit und sorgen für ein deutliches Leistungsplus. Sie bieten einen hervorragenden Wirkungsgrad (>95 Prozent) und realisieren hohe Untersetzungen in einer Stufe (bis zu $i = 30$). Sie sind flexibel hinsichtlich Achswinkel sowie Achsversatz (zwischen null und 180 Grad sind beliebige Achswinkel darstellbar) und punkten mit einem einfachen, aber effektiven Lagerkonzept sowie einer unkomplizierten Montage. Zudem zeichnen sie sich durch eine hohe Laufruhe aus und ermöglichen eine extrem kompakte Bauweise bei hoher Lebensdauer.

Expertise in der Auslegung von Getrieben und Antrieben

„Wir verfügen über jahrelange Erfahrung in der Auslegung, Berechnung und Simulation der Tragfähigkeit von Kronenrad-Royal-Verzahnungen nach Norm und unter Last. So entstehen anwendungsoptimierte Verzahnungen, die hohe Ansprüche an Flexibilität und Qualität erfüllen“, macht Jürg Fürst,





Drehschwenkachse für die Automation: Das Kronenrad ermöglicht es, die beiden Funktionen Drehen und Schwenken in einem Getriebe zu vereinen. Das Ergebnis sind kompakte, leichte und kostenoptimierte Antriebe.



Die Drehschwenkantriebe stellen eine leistungsstarke und platzsparende Alternative zu klassischen Planeten-/Winkelgetriebe-Lösungen dar.



Kronenradgetriebe zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad, eine kompakte Bauweise, eine einfache Lagerung und eine kostengünstige Montage aus.

Bilder: Balance Drive

Geschäftsführer bei Balance Drive, deutlich und ergänzt: „Unsere Softwaretools und Auslegungsverfahren basieren auf den neuesten Forschungsergebnissen und ermöglichen es uns, einen Kronenrad-Royal-Radsatz exakt auf die kundenindividuelle Anwendung und die applikationsspezifischen Anforderungen auszulegen.“ Eine derartige Expertise ist nahezu einzigartig am Markt.

Mehrfachantriebe dank axialer Freiheit des Ritzels

Bei Kronenradgetrieben ist das Stirnrad geradverzahnt. Daher treten am Ritzel keine Axialkräfte auf – das Tragbild wird also nicht durch die axiale Ritzelposition beeinflusst. Am Ritzel muss keine Axiallagerung erfolgen, ebenso entfällt das Einstellen in axialer Richtung. Diese axiale Freiheit des Ritzels macht Mehrfachantriebe möglich – und ebnet den Weg zu außergewöhnlich kompakten Drehschwenkantrieben. „Der Mehrfachantrieb erlaubt ein Kronenrad mit zwei Ritzeln – und damit die bauraumsparende Integration zweier unabhängiger Antriebe“, so Jürg Fürst. „Die Funktionsweise ähnelt der eines Differenzialgetriebes im PKW: Drehen beide Ritzel

in die gleiche Richtung, entsteht eine Drehbewegung. Drehen sie in entgegengesetzte Richtungen, schwenkt der komplette Antrieb um die Ritzelachsen. Bei unterschiedlichen Drehzahlen überlagern sich die Bewegungen – das System dreht und schwenkt gleichzeitig.“ Der Anwender kann sowohl reine Dreh- oder Schwenkbewegungen realisieren als auch beides miteinander kombinieren – und das alles mit nur einem Getriebe.

DIE AXIALE FREIHEIT DES RITZELS MACHT MEHRFACHANTRIEBE MÖGLICH.

30 Prozent kompakter und leichter

Der größte Vorteil dieser Lösung ist ihre Kompaktheit. In der Praxis sinken Gewicht und Bauraumbedarf im Vergleich zu konventionellen Antrieben um bis zu 30 Prozent. Dieser Effekt wirkt bis ins gesamte Maschinen- bzw. Roboterdesign: Ein kompakterer Endeffektor reduziert die bewegte Masse, verbessert die Dynamik und ermöglicht in allen Achsen den Einsatz kleinerer, leichter Antriebe. Das senkt die Anschaffungskosten und verringert den Energieverbrauch. Weiteres Plus: Optional ist eine großzügig dimensionierte Hohlwelle erhältlich. Sie erleichtert die Durchführung von Medien und Kabeln – etwa Druckluft für Greifer oder Sensorik – und ermöglicht 360-Grad-Bewegungen.

Modulares, skalierbares Baukastensystem

Durch seine modulare Bauweise lässt sich der Drehschwenkantrieb exakt auf die kundenindividuelle Anwendung zuschneiden. Optional kann er auch als komplette Einheit mit zwei hochpräzisen Motoren inkl. Vorstufe geliefert werden. Spielreduzierte Planetengetriebe sind hierbei die erste Wahl, wenn Robustheit im Vordergrund steht. Spielfreie Wellgetriebe ermöglichen höchste Präzision

bei gleichzeitig extrem kurzer Baulänge – ideal für große Greifer. Besonders kompakte Gesamtsysteme entstehen beim Einsatz von Aktuatoren mit integriertem Wellgetriebe: Motor und Getriebe sind dann optimal aufeinander abgestimmt, wodurch die Gesamtlänge auf ein Minimum reduziert wird. Je nach Einbausituation können zudem Winkelstufen integriert werden, um den Motor platzsparend anzuordnen.

Drehschwenkantriebe einer neuen Generation

Drehen und Schwenken in einem kompakten Aktuator – der Drehschwenkantrieb mit Kronenradgetrieben macht's möglich. Das innovative Konzept stellt eine leistungsstarke und platzsparende Alternative zu klassischen Planeten-/Winkelgetriebe-Lösungen dar und hebt die Möglichkeiten der Automation auf ein neues Level. „Unsere Drehschwenkantriebe bieten genau das, was moderne Anlagen benötigen: kompakte Bauweise, geringes Gewicht, hohe Präzision, vollständige Drehfreiheit, flexible Medienführung, absolute Zuverlässigkeit, skalierbare Konfigurationen und eine klare Ausrichtung auf dynamische Prozesse“, fasst Jürg Fürst die Vorteile zusammen.

Platzsparende Lösungen für jede Branche

Mit Abtriebsdrehmomenten bis 200 Newtonmetern und Payloads bis 50 Kilogramm decken die Plug&Play-Lösungen ein breites Anwendungsspektrum ab. Haupteinsatzgebiet ist die Handhabungstechnik – zum Beispiel als vierte und fünfte Achse an einem Portalsystem oder als fünfte und sechste Achse an einem Roboter. Typische Aufgaben sind Pick-&Place, das Zuführen von Bauteilen, Verpackungsprozesse oder Bearbeitungsschritte, bei denen Bauteile exakt positioniert werden müssen.

« KIS

Evelyn Jungo arbeitet im Marketing & Vertrieb bei Balance Drive.



Dank des geradverzahnten Stirnrads treten beim Kronenrad Royal am Ritzel keine Axialkräfte auf. Eine Axiallagerung am Ritzel entfällt damit, ebenso das Einstellen des Ritzels in axialer Richtung.

SOUVERÄNE PERFORMANCE AUF DEM PRÜFSTAND

Manchmal hat ein neues Produkt das Potenzial, jahrelange Praxis zu hinterfragen. Dass die Frequenzumrichter aus der SD4S-Serie von Sieb & Meyer diese Eigenschaft mitbringen, haben sie auf dem Prüfstand von GMN bewiesen: Eine Sonderlösung für die Motorsteuerung von Hochgeschwindigkeitsspindeln lässt sich in Zukunft mit Standardgeräten abbilden. » VON TORSTEN BLANKENBURG



Starke Leistung bei Frequenzen oberhalb von 2.000 Hertz: Die Performance des SD4S basiert auf modernen Prozessoren, optimierten Regelalgorithmen und einer Rechenleistung, die bestehende Grenzen neu definiert.

Bild: ©Parsudi/stock.adobe.com; Sieb & Meyer (bearbeitet)

Die Spindel dreht. Leise. Schnell. Mit mehr als 250.000 Umdrehungen pro Minute. Im Versuchslabor des Spindel-Spezialisten GMN Paul Müller Industrie ist man hochkonzentriert. Zwei Frequenzumrichter – einer bewährt und einer neu – zeigen im direkten Vergleich, was sie leisten können. Das Ziel: Klarheit darüber, ob der SD4S von Sieb & Meyer den für Frequenzen oberhalb von 2.000 Hertz modifizierten SD2S mit FPAM-Technologie ersetzen kann. Standard statt Sonderlösung? Eine technische wie strategische Weichenstellung.

„In dem Test sollte bewiesen werden, dass unser aktuelles Standardprodukt – der SD4S – dieselbe Performance bietet, die zuvor mit unserem SD2S nur mit einer speziellen Sonderversion möglich war“, erklärt Markus Finselberger, Leiter Vertrieb Antriebselektronik bei Sieb & Meyer. „Für Frequenzen über

2.000 Hertz kam man bislang nicht um einen Umrichter mit dem FPAM-Verfahren herum. Jetzt wollten wir wissen, wie sich das Verhalten der Spindel beim Betrieb mit einem SD4S mit dem Standard-SVC-Antriebsverfahren darstellt.“

BEI DEM TEST WURDE DIE SPINDEL BEWUSST IM LEERLAUF BETRIEBEN.

Bei GMN dreht sich alles um hochdynamische Anwendungen. Die Spindeln aus der Fertigung des Nürnberger Familienunternehmens kommen unter anderem in den Bereichen Automotive, Aerospace, Mikrozerspanung, Medizintechnik und Werkzeugbau zum Einsatz. Dabei gelten extreme Anforderungen. „Wir setzen die Umrichter von Sieb & Meyer

immer dann ein, wenn höchste Laufruhe und geringstmögliches Spindelwellenwachstum gefordert sind“, erläutert Dr.-Ing. Markus Weber, Leiter Engineering bei GMN. „Thermisch stabile Antriebe sind essenziell – und der Frequenzumrichter ist dabei mitentscheidend.“

Genau hier setzt der Versuch an. Getestet wurden die beiden Umrichter-Modelle unter identischen Voraussetzungen: dieselbe Spindel, dieselbe Drehzahl, dieselben Umgebungsbedingungen. Die Mess-Sensorik lieferte präzise Daten zur Stromaufnahme und zur thermischen Beanspruchung. Die Frage: Kann der SD4S das anspruchsvolle thermische Verhalten der FPAM-Lösung erreichen oder sogar übertreffen?

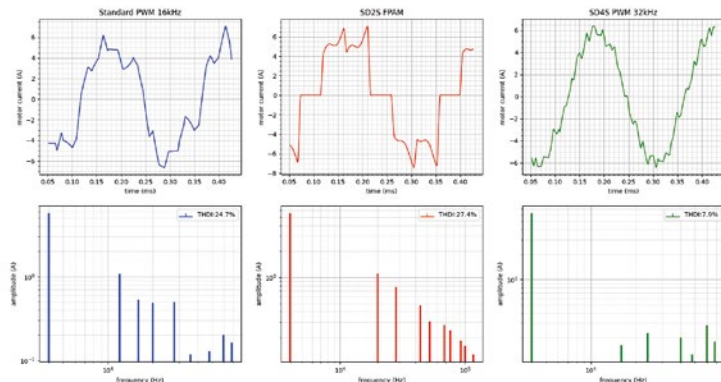
Ein kleiner Test mit großer Wirkung

Die Versuche liefen mit der Unterstützung des Herstellers im Technikum des Kunden. Dafür wurden im Vorfeld die Durchführung sorgfältig vorbereitet und die Betriebspunkte präzise abgestimmt. „Die Gespräche zur Auswahl der Betriebspunkte war entscheidend für die Versuche“, betont Dr. Markus Weber. „Danach haben wir über zwei Tage unser Mess-Programm gefahren.“

Die Spindel wurde dabei bewusst im Leerlauf betrieben. „Hochgeschwindigkeitsspindeln laufen in der Regel mit sehr hohen Drehzahlen bei gleichzeitig sehr geringen Drehmomenten“, erläutert Dr. Markus Weber. „Deshalb ist ein aussagekräftiger Vergleich auch ohne Lastsystem möglich.“ Ziel war die Analyse der thermischen Beharrung, das heißt, der konstanten Temperatur, die sich nach einem gewissen Zeitraum bei gleichbleibender Drehzahl einstellt.

Messbar kühler – mit Standardtechnologie

Und das Resultat? „Wir waren durchaus überrascht“, berichtet Dr. Markus Weber. „Die Ergebnisse zeigen, dass der SD4S bei geber-



Vergleich von Motorströmen im Zeit- und Frequenzbereich (Stromformen und Frequenzspektren) für Standard-SD2S (PWM mit 16 Kilohertz), SD2S mit FPAM und SD4S (PWM mit 32 Kilohertz); von links nach rechts.

Bild: Sieb & Meyer

loser Vektorregelung für schnelllaufende Synchronmotoren auch oberhalb von 4.000 Hertz keine Nachteile hat – im Gegenteil: Die Temperaturen im Motor lagen sogar leicht unter denen des SD2S-FPAM.“ Damit war klar: Die neue Produktgeneration ist dem modifizierten Vorgängermodell mehr als ebenbürtig.

DER SD4S LÄSST SICH IN BESTEHENDE STEUERUNGEN INTEGRIEREN.

Das bietet dem Anwender nun konkrete Vorteile. Vorteile, die sich nicht nur in Zahlen messen lassen. „Wir können unseren Kunden künftig die SD4S-Serie als Standardumrichter für unsere hochtourigen Spindeln empfehlen“, so Dr. Markus Weber. „Das vereinfacht Prozesse, reduziert den Lageraufwand und erhöht die Systemflexibilität.“ Auch Markus Finselberger sieht den Erfolg des Tests als Meilenstein: „Wir haben damit bewiesen, dass unsere neue SD4S-Serie mit modernster Regeltechnik in der Lage ist, Aufgaben zu lösen, die früher nur mit zusätzlicher Spezialhardware möglich waren. Das spart Aufwand, Kosten – und vereinfacht Prozesse.“

Technologie im Wandel: Mehr Leistung aus weniger Aufwand

Was den SD4S technisch auszeichnet? Es sind moderne Prozessoren, optimierte Regelalgorithmen und eine Rechenleistung, die bestehende Grenzen neu definiert. Wo früher Sonderhardware nötig war, genügt nun die Standardkonfiguration. „Das bringt für uns und unsere Kunden erhebliche Vorteile“, erklärt Dr. Markus Weber. „Wir sparen Aufwand bei der Auswahl, der Integration und

der Inbetriebnahme. Und wir gewinnen an Sicherheit im Betrieb.“

Ebenfalls ein Plus aus Anwendersicht: Der SD4S ist vollständig in bestehende Steuerungsumgebungen integrierbar und bietet alle gängigen Schnittstellen. Er ist kleiner,

leichter – und flexibler. Für GMN bedeutet das: Ein Gerät für alles. Und für Sieb & Meyer stellt dies einen starken Marktvorteil im Segment der Hochgeschwindigkeitsanwendungen dar.

Ausblick: Von der Ausnahme zur neuen Regel

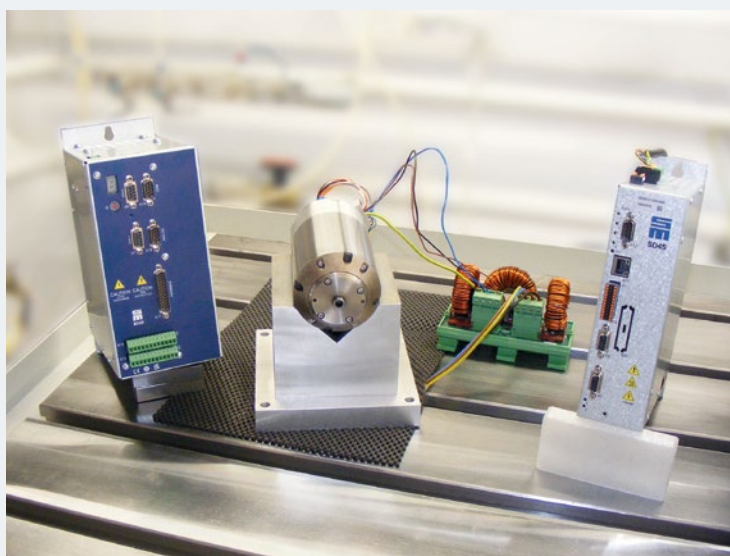
Das Ergebnis hat Folgen – für beide Unternehmen. „Wir werden künftig verstärkt auf die SD4S-Serie setzen“, so das Fazit von Dr. Markus Weber. „Und auch unsere Kunden können davon profitieren – durch reduzierte Komplexität und ein leistungsstarkes, abgestimmtes Antriebspaket.“ Und Markus Finselberger ergänzt: „Der SD4S hat in diesem Test gezeigt, dass Standard nicht gleichbedeutend mit Kompromiss ist. Im Gegenteil: In vielen Fällen ist der Standard heute leistungsfähiger als die Speziallösung von gestern.“

« KIS

Torsten Blankenburg ist CTO bei Sieb & Meyer.

Das Ergebnis: Der SD4S zeigt auch oberhalb von 4.000 Hertz keine Nachteile gegenüber dem SD2S-FPAM.

Bild: GMN Paul Müller Industrie



Standard statt Sonderlösung? Im Vergleichstest stellte GMN den SD4S (rechts) und den SD2S-FPAM auf den Prüfstand.

Bild: GMN Paul Müller Industrie

OSZILLATION MACHT LANGE SPÄNE BEHERRSCHBAR

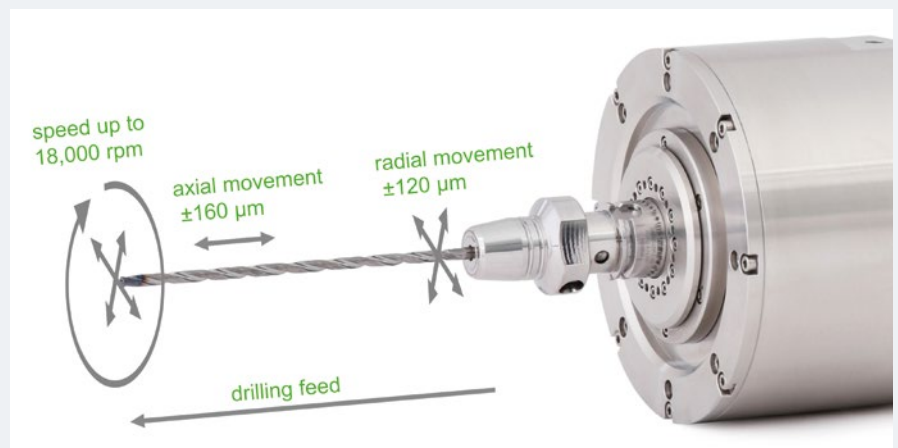
Bleifreie Messinglegierungen sind nicht grundsätzlich „schlecht“ bearbeitbar, jedoch in der Serienfertigung problematisch: Späne werden länger, Kräfte und Temperaturen steigen, Werkzeugstandzeiten sind geringer, und die Produktivität sinkt. Neue Bearbeitungsverfahren wie die von Keba meistern normative Herausforderungen wie etwa die EU-Trinkwasser-richtlinie (EU) 2020/2184. » VON CHRISTIAN REDEMANN

Wenn Blei aus Werkstoffen verschwindet, verschwindet auch ein stiller Helfer der Zerspänung. Er unterstützt den Spanbruch, reduziert die Reibung – und damit den Wärmeeintrag und Beschädigungen – und macht viele Automatenprozesse robust und zuverlässig. Bei sehr vielen Zerspänungsanwendungen geht es um das Herstellen von einfachen Bohrungen, anspruchsvollen Tieflochbohrungen bis hin zu komplexen Stufenbohrungen. Genau hier setzt die oszillationsunterstützte Zerspänung an. Dem Vorschub des Werkzeugs wird eine definierte Mikrobewegung überlagert. Beim Bohren bedeutet das: Die Schneide arbeitet nicht mit einem rein kontinuierlichen Eingriff, sondern schält definierte kurze Spansegmente

AUS LANGEN, UNKONTROLLIERBAREN FLIESSPÄNEN WERDEN KURZE „CHIPS“.

heraus. Aus langen, unkontrollierbaren Fließspänen werden kurze „Chips“, die über Spannut mit dem Volumenstrom des Kühlmediums prozesssicher aus der Bohrung abgeführt werden. Das eliminiert nicht nur den Spänestau im Bauteil, sondern auch die unerwünschten Späneknäuel, die besonders in der Großserienfertigung kritisch sind. Der Unterschied in der Bearbeitung ist nicht nur bei einfachen und tiefen Bohrungen, sondern auch bei komplexen Bohrungsgeometrien und hohen Oberflächenanforderungen relevant.

Konventionell wird versucht, das Problem durch konservative Schnittwerte, zeitraubende Rückzugszyklen und aufwendige Kühlschmierungen zu lösen. Das funktioniert teilweise, kostet aber Produktivität und Wirtschaftlichkeit. Die Herausforderung besteht



Magnetgelagerte 6D-Spindel KeSpin mit axialer und radialer Mikrobewegung.

darin, mit den bestehenden Maschinen einen hochproduktiven, prozesssicheren Ablauf zu realisieren. Dazu ist es notwendig, zusätzlich zu Drehzahl und Vorschub, noch eine von der Schneidenzahl abhängige Oszillationsfrequenz und vom Vorschub abhängige Amplitude zu überlagern – ohne den gesamten Maschinenprozess neu zu denken. Ein Austausch der bisherigen Bearbeitungsspindel durch eine magnetgelagerte Bearbeitungsspindel erweitert die bestehende Maschine um fünf weitere hochdynamische Mikroachsen für die Spindelwelle.

Spindelwelle schwebt berührungsfrei

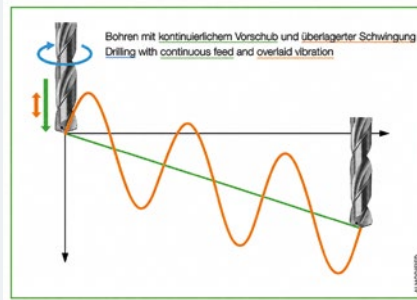
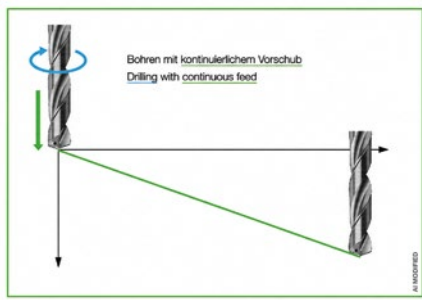
Die technische Basis ist eine magnetgelagerte 6D-Spindel. Die Spindelwelle schwebt berührungsfrei im Magnetfeld. Der vorhandene Luftspalt wird genutzt, um definierte Mikrobewegungen axial und radial zu erzeugen. Bei der Keba Spindel KeSpin HP sind axiale Bewegungen bis ± 160 Mikrometern und radiale Bewegungen bis ± 120 Mikrometern möglich; die maximale Schwingungsfrequenz liegt bei 300 Hertz, die Drehzahl bei bis zu 18.000 Umdrehungen pro Minute. Die Spindel ist aufgrund der Magnetlagerung nicht nur Antrieb, sondern zugleich auch Sensor-

Aktor. Die Lage- und Strominformationen können mit entsprechenden Algorithmen zur Kraftbestimmung und Prozessbeobachtung herangezogen und die Daten durch den Anwender zur Online-Analyse mit anschließender Auswertung genutzt werden.

Implementierung und Nachweis der Wirksamkeit der Lösung

Für Fertigungsleiter und Industrial Engineers ist vor allem die einfache Integrierbarkeit entscheidend. Die Spindelrotation erfolgt wie bisher über den bestehenden Antriebsregler, und die fünf zusätzlichen Mikroachsen werden über die Magnetlagerelektronik angesteuert und können über industrielle Schnittstellen wie EtherCAT oder Profinet I/O in die Maschinenumgebung eingebunden werden. Oszillation, Frequenz und Amplitude lassen sich pro Bearbeitungsschritt parametrieren. Dadurch lässt sich ein bestehender Prozess schrittweise erweitern.

Der Nutzen ist mit Zahlen belegbar. In bisherigen Applikationen wurde das Zeitspannvolumen beim Bohren durch Oszillationsüberlagerung um 50 bis 150 Prozent erhöht; bei Titan wurde eine Verdopplung erreicht. In einem Vergleichsversuch lagen



Bohren ohne (links) und mit überlagelter Oszillation.

Bild mit KI modifiziert

die Bearbeitungszeiten bei 14 Sekunden mit konventionellem Bohren, bei zehn Sekunden mit oszillationsunterstütztem Bohren bei 1.000 Umdrehungen pro Minute und bei sieben Sekunden bei 2.000 Umdrehungen pro Minute. Gleichzeitig blieb die maximale Temperatur im Prozess auf einem tieferen, maximal gleichem Niveau wie vorher. Diese Werte sind kein pauschales Versprechen für jedes Material, zeigen aber den möglichen Hebel: mehr Produktivität bei kontrollierbarer Prozesswärme und besserem Spanmanagement. Erste Versuche bei der Bearbeitung von bleifreiem Messing zeigen bereits die Wirksamkeit des Verfahrens.

Während klassische Lösungen vor allem über Schneidengeometrie, Beschichtung, Vorschub und Kühlung wirken, greift die Magnetlagertechnologie direkt in die Werkzeugbewegung ein und kann Prozesssignale erfassen. Besonders interessant ist das dort, wo Materialumstellungen zu langen Spänen, Werkzeugbruch, Nacharbeit oder häufigem Maschinenstillstand wegen Spänenestern führen.

Auch außerhalb des Bohrens zeigt die Technologie erhebliches Potenzial. Beim Drehen funktioniert der Prozess mit den kurzen Spänen im Prinzip identisch. Es kommt nicht darauf an, ob sich – wie beim Bohren – das Werkzeug bewegt oder das Bauteil.

Fazit: Für langspanende Materialien entsteht durch oszillationsunterstütztes Bohren ein neuer innovativer Ansatz zur effizienten Bearbeitung. Unser Motto: Nicht diskutieren, ob ein neuer Werkstoff schwierig ist, sondern am realen Bauteil zeigen, wie es besser geht; gerne in unserem Technologiezentrum in Wasserburg. Das Unternehmen lädt Fertigungsverantwortliche, Mitarbeitende aus den Bereichen Industrial Engineering und Entwicklung ein, die Bearbeitung kritischer Bauteile gemeinsam zu bewerten. Sprechen Sie uns an oder besuchen Sie uns auf der AMB in Stuttgart: Der schnellste Weg zur Entscheidung ist ein datenbasierter Benchmark am eigenen Bauteil.

« KIS

Dr. Christian Redemann ist Leiter Geschäftsbereich Turbo Systeme bei Keba Industrial Automation.



Kurze „Chips“ als Nutzenbeleg für kontrollierten Spanbruch.

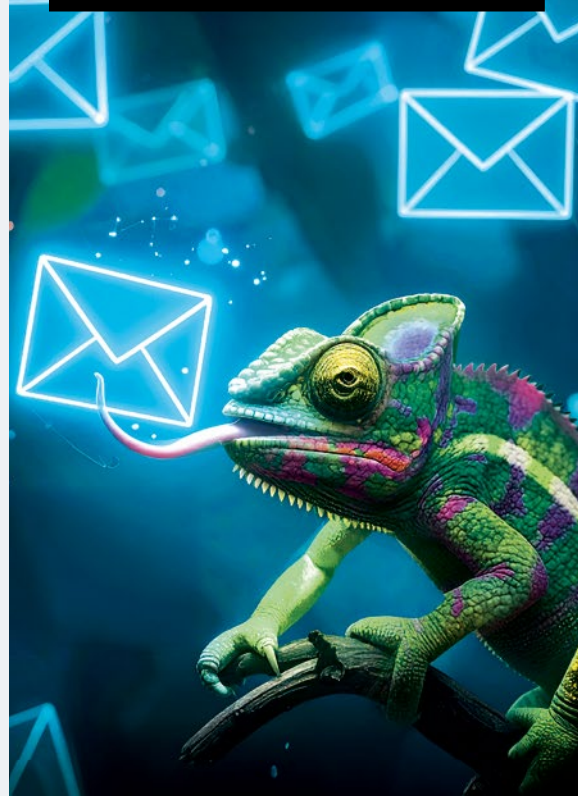
Spanbildung bei der Bearbeitung von bleifreiem Messing mit der KeSpin (links konventionell gebohrt, rechts mit Oszillation gebohrt).

Bilder: Keba



AUS DEM
BRANCHENDICKICHT
GESCHNAPPT!

DER
NEWSLETTER,
DER ZU
IHNEN PASST.



Wissen, das kleben bleibt – jetzt den
NEWSLETTER kostenfrei sichern.



www.digital-engineering-magazin.de/newsletter

DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN

eine Marke vom

WIN
VERLAG

DER „KNICK“ MACHT'S

Wie lässt sich mit einem Schutzsystem eine lange Standzeit für eine Werkzeugmaschine erzielen? Es muss passgenau für Maschinengeometrie und Anwendung entwickelt werden. Hema hat ein solches für eine Sondermaschine erstellt. Mit einem Retrofit geht es jetzt in die zweite Laufzeit – nach 15 Jahren intensivem CNC-Betrieb. » VON ANJA SCHÜTRUMPF

Keine Schutzabdeckung für Produktionsmaschinen kommt von der Stange. Für Hema zählt das quasi zu den Gesetzen des Maschinenschutzes. Was der Hersteller von Schutz- und Sichtsystemen rund um die Werkzeugmaschine bereits entwickelt und gefertigt hat, reicht daher von Kleinstformaten mit wenigen Zentimetern Länge bis hin zu XXL-Abdeckungen, die es ausgezogen auf nahezu 32 Meter bringen. „Maschinenschutz ist eine Konstruktionsaufgabe“, sagt Konstruktionsleiter Dietmar Loster. „Daher ist jeder Auftrag aufs Neue herausfordernd; selbst wenn es sich um die Neuauflage eines bereits installierten Systems handelt.“

Faltenbälge sind ein Kernprodukt des Portfolios von Hema. Am Hauptsitz in Seligenstadt entstehen darüber hinaus Rückwand- und Trennwandsysteme sowie Dachabdeckungen für Werkzeugmaschinen, CNC-Bearbeitungszentren, Hochgeschwindigkeitsanwendungen, aber auch für Laser-, Plasma- und Schweißanwendungen bis hin zu Ausführungen für die Medizintechnik.

Schutz vor 100-Millimeter-Späne

Eine besondere Herausforderung stellte eines der jüngsten Retrofit-Projekte des Herstellers dar. 2009 entwickelte und fertigte Hema für das CNC-Bearbeitungszentrum eines Maschinenbauers einen Schutz der X-Achse aus Faltenbalg und Stahllamellen. Die Anforderungen waren hoch. Auf der CNC-Anlage werden Werkstücke mit Abmessungen von mehreren Metern gefräst. Bei jedem Arbeitsgang trägt die Spindel Späne mit 100 Millimetern Länge ab, die mit bis zu 100 Metern pro Minute durch den Arbeitsraum der Maschine fliegen. Bis zu zwei g können hier auf die Maschine einwirken. Mit einem Rückwandsystem aus zwei Faltenbälgen, auf der rechten und linken Seite angebracht, schützt die Hema-Abdeckung das Innere der Anlage vor den scharfkantigen Spänen und großen Mengen an Kühlschmiermittel.

„Das Rückwandsystem hielt über 15 Jahre dieser intensiven Belastung ohne Probleme stand“, schildert Loster. „Dennoch bleibt es nach dieser langen Zeit natürlich nicht aus, dass die Verbewegungen und der Spanbefall zum Verschleiß der Materialien führen.“ Als die CNC-Anlage einer Generalüberholung unterzogen wurde, stand daher auch das Retrofit des Schutzsystems auf dem Plan. Als Partner für das Rückwandsystem wählte das Unternehmen wieder Hema. „Auch wenn es ein Nachbau ist: Ein Retrofit-Schutzsystem ist kein Serienteil, sondern bleibt eine Spezialkonstruktion“, erläutert Loster. Für die Sondermaschine erforderte auch der 1:1-Nachbau das Know-how des Herstellers in Konstruktion, Fertigung sowie in der Projektabwicklung.

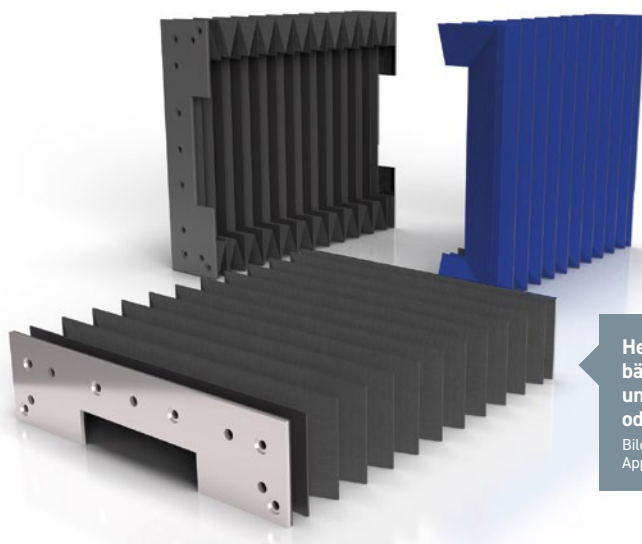
Falten mit vier Metern Länge nähen

Die entscheidende Herausforderung war die der Größe. Die Maschine, ein Eigenbau des Kunden, zerspannt Bauteile mit bis zu drei Metern Durchmesser. Sie erfordert ein Rückwandsystem mit zwei Faltenbälgen von jeweils rund vier Metern Höhe, die beide auf der X-Achse von einem halben Meter auf 5,35 Meter verfahren werden. „Dasselbe

Für die Abdeckung der Sondermaschine entstanden Falten mit vier Metern Länge. Die fertigen Faltenbälge wiegen zwischen 600 und 800 Kilogramm.

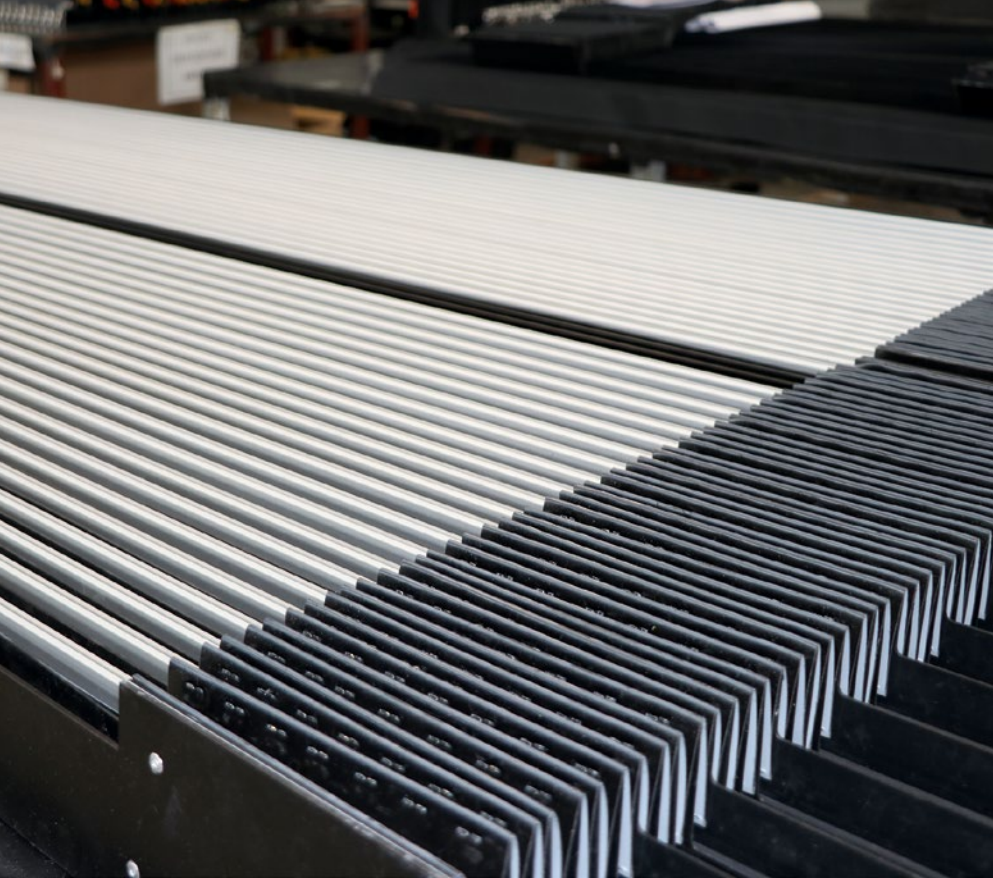
in klein ist Standard für uns“, sagt der Konstruktionsleiter von Hema. „Doch um die Faltenbälge mit diesen Maßen fertigen und handhaben zu können, mussten wir sie in fünf Segmente aufteilen, die wir hinterher zusammenfügen.“

Zum Einsatz kommen Faltenbälge der Reihe Samurai. Samurai ist ein Baukastensystem, aus dem sich Faltenbalg-Elemente für besonders hohe Schutzanforderungen, zum Beispiel von HSC-Anwendungen (High Speed Cutting), zusammenstellen lassen. Charakteristisches Merkmal ist die Kombination aus einem plissierten Spezialgewebe und einem zusätzlichen Spanschutzz aus Stahllamellen. Die Lamellen verhindern, dass sich heiße Späne zwischen die Falten setzen und das Gewebe beschädigen. Für das Ge-



Hema liefert seine Faltenbälge maßgeschneidert und, je nach Wunsch, mit oder ohne Endrahmen.

Bilder: Hema Maschinen- und Apparateschutz



webe stehen verschiedene Materialien und Verarbeitungsoptionen zur Auswahl. Auch Befestigung, Stabilisierungselemente sowie die Gleitführung des Systems lassen sich an die jeweilige Applikation anpassen.

Ruhiger Lauf bei dynamischen Belastungen

Für das Retrofit der Sondermaschine wurden für jedes Segment 14 Falten von jeweils vier Metern Länge mit der Nähmaschine gesteppt. Ein auf der Innenseite eingebautes Scherensystem sichert dem hohen Falten-

FÜR DAS RETROFIT DER SONDERMASCHINE WURDEN FÜR JEDES SEGMENT 14 FALTEN VON JEWEILS VIER METERN LÄNGE MIT DER NÄHMASCHINE GESTEPPT.

balg einen ruhigen Lauf bei dynamischen Belastungen. Es wurde speziell auf die Verfahrensgeschwindigkeiten der CNC-Anlage ausgelegt. Abgeschlossen wird der Faltenbalg mit Lamellen aus legiertem Stahl, die eine glatte, dichte Oberfläche bilden. Eine Rahmenkonstruktion aus verwindungssteifem Stahlblech sorgt für die Stabilisierung des Faltenbalgs und seine Befestigung in der Maschine.

Das „geknickte“ Maschinenendesign

Auch die Konstruktion selbst weist eine Besonderheit auf. Dem Maschinenendesign folgend, ist die Rückwand „geknickt“. Hema

nutzt hierfür die Sonderform Vector C2 seines Samurai-Baukastens. Mit einem speziellen Aufbau der fest montierten Lamellen erzielt der Hersteller eine durchgehende Abdeckung, die „um die Ecke“ verläuft. Möglich wird das durch eine Zweiteilung und kurze Überlappung der Lamellen. „Wären die Lamellen wie zwei Schenkel angeordnet, hätten wir keinen sauberen Bewegungsablauf“, sagt Loster. „Nur durch das Überlappen bleibt der Lamellenschutz auch bei hohen Verfahrensgeschwindigkeiten dicht.“

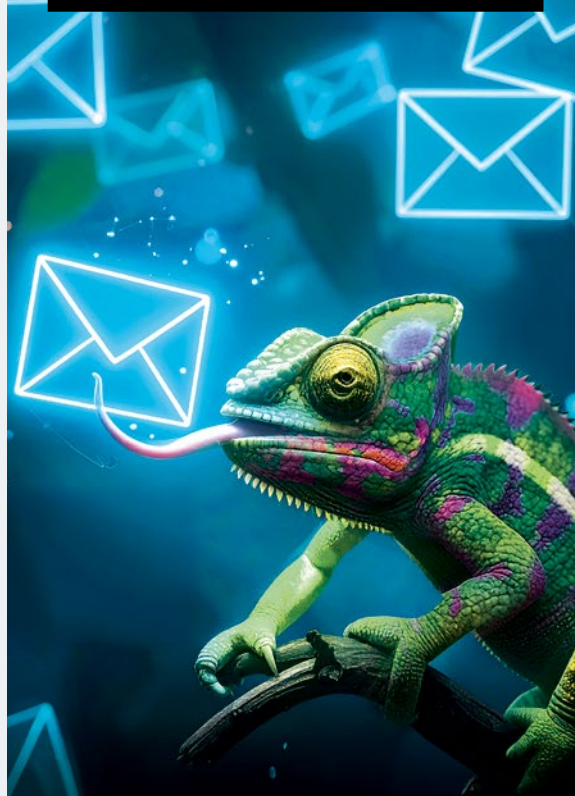
Am Ende entstanden zwei Faltenbälge, die jeweils zwischen 600 und 800 Kilogramm wiegen. Das stellte Hema vor die nächste Herausforderung: Wie kommt das Rückwandsystem sicher zum Kunden? „Prinzipiell ist neben dem reibungslosen Betrieb und sicheren Schutz auch die praxistaugliche Vor-Ort-Montage Bestandteil unserer Konstruktionsplanung“, erklärt Dietmar Loster. „Die spezielle Form und das besondere Maschinenkonzept machen es aber notwendig, dass wir die beiden Faltenbälge fertig montiert an unseren Kunden liefern.“ Die beiden Faltenbälge werden daher vollständig mit dem Stahlrahmen auf einer Palette aufgebaut, mit Transportklammern gesichert und abschließend verschnürt. Vor Ort kann der Kunde die Faltenbälge mit einem Kran direkt in die CNC-Anlage heben und auf seine Führungsschienen absetzen. Nach dem Befestigen des Verbindungsrahmens an der Maschine ist das Schutzsystem einsatzbereit.

« RT

Anja Schürumpf arbeitet im Marketing bei Hema.

AUS DEM
BRANCHENDICKICHT
GESCHNAPPT!

DER NEWSLETTER, DER ZU IHNEN PASST.



Wissen, das kleben bleibt – jetzt den
NEWSLETTER kostenfrei sichern.



www.digital-engineering-magazin.de/newsletter

DIGITALENGINEERING MAGAZIN

eine Marke vom

**WIN
VERLAG**

BECKER AVIONICS BESCHAFFT ZEICHNUNGSTEILE ÜBER FACTUREE

Spezielle Oberflächen, Materialprüfzeugnisse nach EN 10204-3.1 und internationale Lieferprozesse gehören bei Becker Avionics zum Alltag. Für die Beschaffung von Zeichnungsteilen bedeutet das einen hohen Koordinationsaufwand, da Fertigung, Oberflächenbehandlung, Dokumentation und Logistik zuverlässig zusammenspielen müssen. Um diese Prozesse zu bündeln, setzt Becker Avionics bei Serien- und Projektbedarfen auf Facturee als zentrale Beschaffungsschnittstelle.

» VON MARK BERGER

Die Becker Avionics GmbH entwickelt und produziert Kommunikations-, Navigations-, Surveillance- und Intercom-Systeme sowie Search-and-Rescue-Lösungen für Luftfahrt- und Bodenanwendungen. Die über Facturee beschafften Bauteile fließen in unterschiedliche Geräte und Baugruppen für den Luftfahrtbereich ein. Im Fokus stehen sowohl Serienbe-

darfe als auch projektbezogene Fertigungen mit Stückzahlen typischerweise zwischen 10 und 300 Teilen. Besonders hoch sind dabei die Anforderungen an Oberflächenqualität, Dokumentation und Prozesssicherheit.

Spezialoberflächen machen die Beschaffung komplex

Bei Becker Avionics sind Bauteile im Einsatz, die deutlich mehr erfordern als die reine

Fertigung nach Zeichnung. Besonders anspruchsvoll sind Blechteile mit spezifizierten Oberflächen. Eine eingesetzte Beschichtung ist SurTec 650, eine chrom(VI)-freie Passivierung für Aluminium und Aluminiumlegierungen. Im Luftfahrtumfeld sind solche Oberflächen relevant, weil sie definierte Anforderungen an Korrosionsschutz und Materialeigenschaften erfüllen müssen.

Genau diese Anforderungen machen die Beschaffung aufwändig. Denn die geforderte Oberflächenausführung können nur wenige spezialisierte Anbieter realisieren. Der Einkauf muss also sowohl einen Fertiger finden, der das Bauteil herstellen, als auch die geforderte Oberflächenqualität zuverlässig umsetzen und die erforderlichen Nachweise mitliefern kann.

Eine Schnittstelle für Fertigung, Dokumentation und Zoll

Die Herausforderung geht jedoch über Fertigung und Oberflächenbehandlung hinaus. Für zahlreiche Bauteile werden zusätzlich Materialprüfzeugnisse nach EN 10204-3.1 benötigt. Hinzu kommen internationale Liefer- und Verzollungsprozesse, die zuverlässig organisiert werden müssen. Damit entsteht ein Beschaffungsprozess, in dem technische, regulatorische und logistische Anforderungen zusammenspielen müssen.

„Gerade bei spezialisierten Anforderungen steigt der Aufwand schnell, wenn unterschiedliche Lieferanten und Prozesse koordiniert werden müssen. Für uns war



Im Notfunkgerät MR510 kommen mehrere über Facturee beschaffte Teile zum Einsatz: die Aktivierungseinheit, das Batteriegehäuse sowie Deckel und Gehäuse.

— DIE ZUSAMMENARBEIT ZEIGT ZUGLEICH, WIE WICHTIG EINE EXAKTE TECHNISCHE ABSTIMMUNG BEI SPEZIALISIERTEN LUFTFAHRT-TEILEN IST. —

» FÜR UNS HAT SICH FACTUREE ALS ONE-STOP-SHOP FÜR ANSPRUCHSVOLLE ZEICHNUNGSTEILE ETABLIERT. WIR SPAREN WERTVOLLE ZEIT UND KOSTEN. «

TOBIAS OLLECH

daher entscheidend, die Beschaffung zentral steuern zu können. Facturee bildet alle Schritte in einem durchgängigen Beschaffungsprozess ab und übernimmt die Abwicklung als zentraler Vertragspartner“, sagt Tobias Ollech, Senior Einkäufer bei Becker Avionics.

Neben den beschichteten Blechteilen bezieht Becker Avionics über Facturee regelmäßig CNC-Dreh- und Frästeile. Auch weitere Verfahren wie Biegen, Schweißen, Erodieren oder die Bearbeitung geschliffener Bleche können über das Netzwerk des Unternehmens abgedeckt werden. Dadurch kann Becker Avionics unterschiedliche Fertigungsverfahren und Oberflächenanforderungen über einen Beschaffungsprozess abwickeln.

Facturee greift dazu auf ein Netzwerk von mehr als 2.000 geprüften Fertigungspartnern zurück. Für Becker Avionics ist dies besonders relevant, da die Kombination aus Luftfahrtanforderungen, Spezialoberflächen und wiederkehrenden Bedarfen nicht ohne Weiteres am Markt verfügbar ist. Über Facturee sind die passenden Fertigungskapazitäten vorhanden, so dass nicht mehr wie früher für jede technische Anforderung eigene Lieferantenstrukturen aufgebaut und gepflegt werden müssen.

Präzise Abstimmung bei anspruchsvollen Spezifikationen

Die Zusammenarbeit zeigt zugleich, wie wichtig eine exakte technische Abstimmung bei spezialisierten Luftfahrtteilen ist. Insbesondere bei Oberflächenanforderungen mussten Spezifikationen in der Anfangsphase präzise definiert und gemeinsam geschärft werden.

So entsprach in einem Fall die ausgeführte Passivierung zunächst nicht vollständig der geforderten Spezifikation, sodass eine Neuanfertigung erforderlich wurde. In einem weiteren Projekt musste das Schleifbild nachbearbeitet werden. Die Erfahrungen verdeutlichen, wie sensibel Spezialoberflächen auf Abweichungen reagieren können und wie wichtig eine klare technische Kommunikation zwischen Einkauf, Fertigung und Beschaffungspartner ist.



Im Prime Line VHF Radio RT6512 sind über Facturee besorgte Abschirmbleche verbaut.

Bilder: Becker Avionics

Für Becker Avionics war dabei entscheidend, dass diese Themen offen adressiert und operativ gelöst wurden. Anforderungen wurden nachgeschärft, Abläufe angepasst und die Zusammenarbeit dadurch weiter stabilisiert. Gerade bei komplexen Zeichnungsteilen ist dies ein wichtiger Faktor: Nicht jede Anforderung lässt sich allein über die Zeichnung vollständig absichern. Entscheidend ist auch, wie Rückfragen, Korrekturen und technische Details im laufenden Prozess bearbeitet werden.

Zentrale Abwicklung entlastet den Einkauf

Für Becker Avionics sollte der Beschaffungsprozess vor allem schneller, einfacher und verlässlicher werden. Facturee unterstützt dieses Ziel, indem Fertigung, Dokumentation, Logistik und Verzollung in einem Prozess gebündelt werden.

Der Einkauf muss heute weder neue Spezialanbieter identifizieren noch zusätzliche Lieferketten für Oberflächen, Materialnachweise oder ergänzende Dienstleistungen aufbauen und koordinieren. Dadurch reduziert sich der Aufwand im Lieferantenmanagement signifikant und die Beschaffung insbesondere bei Bauteilen, die zusätzliche Nachweise oder internationale Lieferprozesse erfordern, ist deutlich vereinfacht.

Technische Rückfragen, kaufmännische Abwicklung und Lieferorganisation laufen über einen zentralen Ansprechpartner bei

Facturee. Das reduziert interne Abstimmungsaufwände. Besonders bei projektbezogenen Fertigungen erweist sich dieser Ansatz als Vorteil. Neue Anforderungen oder kurzfristige Bedarfe lassen sich schneller umsetzen, ohne bestehende Lieferketten aufwendig erweitern zu müssen. Gleichzeitig profitieren auch Serienbedarfe von den etablierten Prozessen.

DER EINKAUF MUSS HEUTE WEDER NEUE SPEZIALANBIETER IDENTIFIZIEREN NOCH ZUSÄTZLICHE LIEFERKETTEN FÜR OBERFLÄCHEN, MATERIALNACHWEISE ODER ERGÄNZENDE DIENSTLEISTUNGEN AUFBAUEN UND KOORDINIEREN.

Ausbau bei CNC- und Blechteilen geplant

Die Zusammenarbeit soll weiter wachsen. Becker Avionics plant, den Bezug von CNC-Dreh- und Frästeilen über Facturee auszubauen. Auch die Belieferung mit Blechteilen soll fortgesetzt und das Volumen erhöht werden. „Für uns hat sich Facturee als One-Stop-Shop für anspruchsvolle Zeichnungsteile etabliert. Wir sparen wertvolle Zeit und Kosten“, erklärt Tobias Ollech.

« TB

Mark Berger ist Redakteur bei der PR-Agentur Punctum.

SCHNELLER BESCHAFFEN. AGILER ENTWICKELN.

In der Vorserienfertigung ist Geschwindigkeit ein entscheidendes Kriterium für den Projekterfolg. Je schneller das Projektteam an die benötigten Bauteile kommt, desto zügiger geht es in die Serie – und desto mehr Raum bleibt für Entwicklungsschleifen und Testzyklen, die die Produktreife maßgeblich beeinflussen. » **VON ANTJE HOLLIS**

Doch während die für Prototypen benötigten Standard- und Katalogteile schnell bestellt sind, sind Angebotsphase und Beschaffung bei konstruierten Fertigungsteilen um ein Vielfaches komplexer, zeit- und abstimmungsintensiver. Die Beschaffungsdauer solcher individueller Vorserienteile ist damit nicht allein Sache des Einkaufs: Sie wirkt unmittelbar in die Produktentwicklung hinein. Digitale Fertigungsplattformen setzen genau hier an – nicht nur als reines Einkaufswerkzeug, sondern als Instrument, das Konstrukteuren und Projektingenieuren Tempo und Handlungsspielraum verschafft.

Warten auf Angebot und Lieferung bedeutet teuren Projektstillstand

Das Szenario ist vielen aus der Vorserien-Projektpraxis vertraut: Die Konstruktionszeichnung ist fertig, die ersten Teile für den Prototypenaufbau werden benötigt, und ab hier beginnt das Warten. Zeichnungen und Bedarfsanfragen gehen entweder an den Einkauf zur Bearbeitung oder die Konstruktion versendet sie selbst per E-Mail an mögliche Fertiger. Deren Rückmeldungen müssen koordiniert und verglichen werden. Fehlt ein Maß in der Zeichnung, kommt eine technische Rückfrageschleife hinzu. Bis zur Bestellung vergehen so mehrere Tage. Anschließend legt der operative Einkauf die Artikel im System an. Derselbe Ablauf wiederholt sich bei jeder Bauteiländerung, die

SERIENREIFE ENTSTEHT DURCH ITERATION. JEDE ENTWICKLUNGSSCHLEIFE BRINGT NEUE ERKENNTNISSE, JEDER TEST ZEIGT OPTIMIERUNGSPOTENZIAL, DAS SICH VOR DEM SERIENANLAUF UMSETZEN LÄSST.



Bei der Entwicklung von Vorserienteilen gewinnen Konstruktion und Projektingenieure durch schnelle, eigenständige Beschaffung wertvollen Spielraum – innerhalb der klaren Leitplanken des Einkaufs.

Bild: Daniel Ingold – © Imago/Westend61

ein Testzyklus nach sich zieht. Währenddessen ist das Projektteam gebunden und die Projektkosten laufen weiter.

Das eigentliche Problem liegt dabei nicht in ineffizienten Workflows, sondern in der anspruchsvollen Ausgangslage der Vorserienbeschaffung selbst: kleine Losgrößen, hohe Variantenvielfalt, kaum zwei ähnliche Teile, und für viele Bauteile noch kein etablierter Lieferant. Passende Partner zu finden, die kleine Stückzahlen zuverlässig und marktgerecht liefern, kostet zusätzlich Zeit.

Warum Geschwindigkeit auf die Produktreife einzahlt

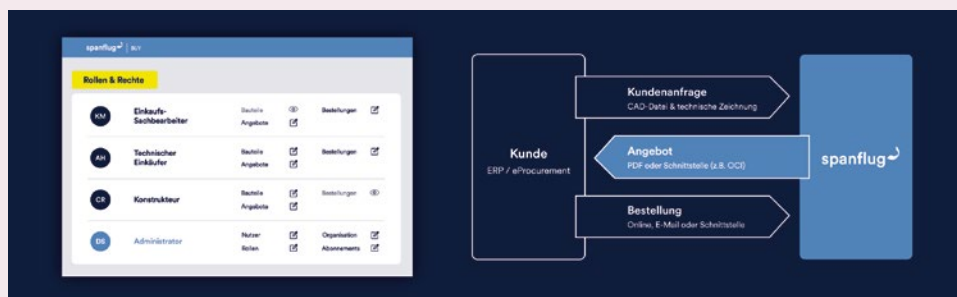
Serienreife entsteht durch Iteration. Jede Entwicklungsschleife bringt neue Erkenntnisse, jeder Test zeigt Optimierungspotenzi-

al, das sich vor dem Serienanlauf umsetzen lässt. Eine kürzere Beschaffungsdauer vergrößert bei gleichbleibender Projektlaufzeit den Spielraum für ebendiese Schleifen. Wer schneller an die Bauteile kommt, geht mit einem reiferen Produkt in die Serie. Das rechnet sich auch direkt: Verzögerungen im Prototypenaufbau erzeugen Mehrkosten, während gebundene Ressourcen weiterlaufen.

Fertigbarkeit, Preise und Lieferzeiten – ohne Wartezeit

Digitale Plattformen wie Spanflug BUY können den Zeitpunkt, zu dem belastbare Kosten- und Fertigbarkeitsinformationen vorliegen, in die Konstruktionsphase vorverlagern. Auf Basis von CAD-Modell und technischer Zeichnung erhalten Anwender innerhalb

WÄHREND DIE FÜR PROTOTYPEN BENÖTIGTEN STANDARD- UND KATALOGTEILE SCHNELL BESTELLT SIND, SIND ANGEBOTS- UND BESCHAFFUNG BEI KONSTRUIERTEN FERTIGUNGSTEILEN UM EIN VIELFACHES KOMPLEXER, ZEIT- UND ABSTIMMUNGSINTENSIVER.



Spanflug fügt sich nahtlos in bestehende Unternehmensprozesse ein, vom Rollen- und Rechte-Management bis zur Integration in ERP/E-Procurement-Systeme.

Bild: Spanflug

einer Minute Preise, Lieferzeiten und ein Fertigbarkeitsfeedback für Dreh-, Fräs- und Blechteile – ohne den Einkauf als Zwischenschritt und ohne auf Lieferantenrückmeldungen zu warten. Das klassische Hin und Her zwischen Konstruktion, Einkauf und Lieferant entfällt. Die nötigen Informationen liegen digital vor, sobald die Entscheidung ansteht. Zudem gibt die Fertigbarkeitsprüfung der Konstruktion schon früh Rückmeldung: Kostentreiber und kritische Details fallen sofort auf und lassen sich beheben, bevor sie den Prozess aufhalten.

Für die Konstruktion bedeutet das: Die Auswirkungen jeder Iteration lassen sich sofort überprüfen. Material, Toleranzen und Oberflächen lassen sich durchspielen, um die kostenoptimale Variante zu finden – ein Design-to-Cost-Effekt ohne eigenes Cost-Engineering-Team und ohne Spezialsoftware.

Ist die passende Variante gefunden, richtet sich die Bauteilbeschaffung nach den betrieblichen Abläufen. Spanflug bietet dafür drei Wege: Bauteile lassen sich unter eindeutigen Artikelnummern an den Einkauf übergeben, als Angebots-PDF exportieren oder direkt mit wenigen Klicks bestellen.

Zur Auftragsbearbeitung für die bestellten Bauteile setzt Spanflug auf verteilte Fertigung in einem Netzwerk mit über 8.000 Maschinen in der EU und übernimmt die gesamte Ab-

wicklung. Die aufwändige Suche nach dem passenden Fertiger mit Recherche, Anbahnung und Lieferkoordination entfällt und alle Teile der Stückliste kommen aus einer Hand.

Autonom, aber nicht am Einkauf vorbei

Mehr Autonomie in der Angebotsphase wirft eine berechtigte Frage auf: Wie fügt sich das eigenständige Ermitteln von Preisen und Lieferzeiten in bestehende Einkaufsprozesse ein, ohne sie zu unterlaufen? Dies

AUTONOM BESCHAFFEN UND AGILER ENTWICKELN IST KEIN WIDERSPRUCH ZU KLAREN EINKAUFSPROZESSEN, SONDERN DEREN KONSEQUENTE WEITERENTWICKLUNG.

lässt sich über Rahmenbedingungen für den Plattform-basierten Einkauf lösen, die in der Hand des Einkaufs bleiben. Dazu zählen auch unternehmensweit ausgehandelte Konditionen, definierte Rollen und Rechte sowie Freigabegrenzen für Bestellungen. Bei Spanflug sind diese Anforderungen durch ein organisationsbasiertes Software-Design und ein Teamwork-Modul zum Rechtemanagement abgebildet.

Wer tiefer integrieren möchte, bindet die Plattform beispielsweise per OCI-Schnittstelle an das eigene ERP- oder eProcurement-System an. Spanflug BUY erscheint dann neben den Standard-Katalogen direkt in der Einkaufsoberfläche. Kostenträger und Bestellnummern werden automatisch zugeordnet und unterhalb definierter Auftragshöhen können Bestellungen ohne manuellen Eingriff durchlaufen. Der Einkauf wird so im Tagesgeschäft entlastet und gewinnt Zeit für strategische Aufgaben – ohne Kontrolle abzugeben.

Eine Plattform auch für komplexe Anforderungen

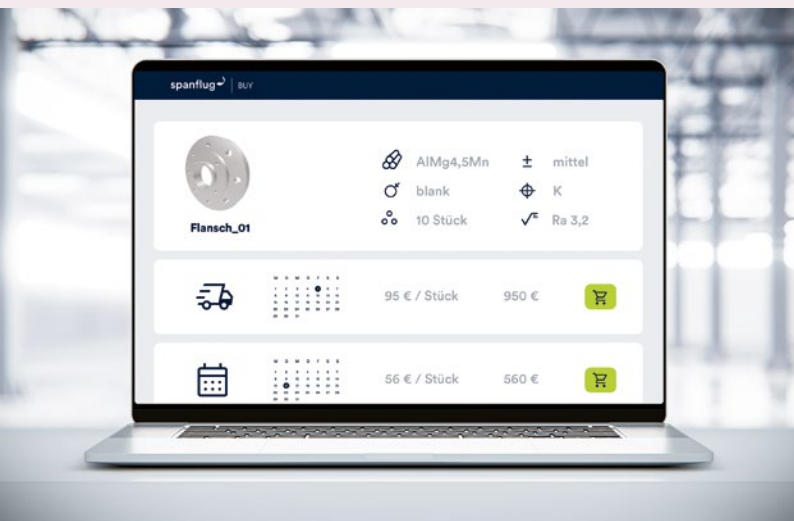
Bei aller Effizienz haben Plattformlösungen klare technische Grenzen. Sofortangebote decken definierte Fertigungsverfahren und Geometrien ab – bei Spanflug sind das derzeit Dreh-, Fräs- und Blechteile. Besondere Werkstoffe, spezielle Toleranzanforderungen, weitere Verfahren wie 3D-Druck und Baugruppen laufen über den Projektanfrageweg. Hierbei arbeiten Experten, automatisierte Prozesse und intelligente Algorithmen Hand in Hand. Eine Rückmeldung erfolgt in der Regel innerhalb von 48 Stunden, während Bestellung und Fertigung dann genauso schnell wie bei Sofortangeboten gehen.

Fazit: Mehr Entwicklungstempo, klare Einkaufsleitplanken

Die Angebots- und Lieferdauer für Vorserienteile ist eine zentrale Stellschraube der Produktentwicklung. Wer sie verkürzt, verbessert den Handlungsspielraum der Entwicklung: Konstruktion und Projektingenieure gewinnen Autonomie und Tempo, der Einkauf behält die Hoheit über den Rahmen. Autonom beschaffen und agiler entwickeln ist damit kein Widerspruch zu klaren Einkaufsprozessen, sondern deren konsequente Weiterentwicklung.

« TB

Antje Hollis arbeitet in der Abteilung PR & Content Marketing bei Spanflug Technologies.



Mit Spanflug BUY lassen sich kundenspezifische Fertigungsteile automatisiert, KI- und datengestützt beschaffen und in einem europaweiten Partnernetzwerk mit mehr als 8.000 Maschinen fertigen.

Bild: Spanflug –
© guteksk7/
stock.adobe.com

MIT KI-DATEN ZU RESILIENTEN LIEFERKETTEN

KI verändert die Beschaffung grundlegend: Sie wird zur kontinuierlichen Aufgabe, die Unternehmen resilienter macht. Rohe Betriebsdaten liefern automatisierte Einblicke in das gesamte Lieferantennetzwerk. So erkennt das System potenzielle Störungen, bevor sie eintreten – und schafft die Grundlage für schnellere Entscheidungen und stabilere Lieferketten.

» VON IANA MASHUTINA



Bauteil-Beschaffung leichtgemacht: Entwickler bestellen ihre Innovationen einfach am PC über die Plattform. Xometry bietet ihnen dort unzählige Optionen für Material und Technologie.

In der Industrie läuft die Beschaffung bislang meist nach dem gleichen Muster: Anfrage bei potenziellen Lieferanten, Sichten der Angebote, Auftragsvergabe. Bei der nächsten Bestellung wiederholt sich dieser Prozess. Damit kamen Unternehmen lange Zeit klar, heute genügt das jedoch nicht mehr. Wir leben in einer Zeit volatiler Lieferketten, technischer Komplexitäten und immer kürzerer Produktionszeiten. Vor diesem Hintergrund bildet sich in der Beschaffung etwas vollkommen Neues heraus: KI-gestützte Informationsfunktionen wandeln rohe Betriebsdaten in entscheidungsrelevante Erkenntnisse um. Mithilfe von KI können Unternehmen heute von regelmäßigen Lieferantenbewertungen zu einer kontinuierlichen Leistungsüberwachung übergehen. So erfassen wir bei Xometry Europe alle Produktionsaktivitäten in einem Partnerbewertungssystem, das auf vier Kernkriterien basiert: Qualität,

Termintreue, Kommunikation und Verpackungsqualität.

Es geht dabei keineswegs nur um die Automatisierung bestehender Prozesse. Vielmehr steht ein Strukturwandel an: Beschaffung wird von einer periodischen Aufgabe zu einem kontinuierlichen Wettbewerbsvorteil. Dazu müssen Einkaufsabteilungen ihre Fertigungsnetzwerke in Zukunft völlig anders verstehen, bewerten und mit ihnen interagieren.

KI ermöglicht es den Unternehmen, von regelmäßigen Lieferantenbewertungen zu einer kontinuierlichen Leistungsüberwachung überzugehen. Diese Erkenntnisse sind vollständig transparent und für alle Beteiligten, einschließlich der Lieferanten, in Echtzeit zugänglich. Lieferanten können bei Xometry Europe eine detaillierte Aufschlüsselung ihrer bisherigen Leistung nach Bestellung und Leistungskategorie einsehen, wodurch sie vergangene Probleme, Verzö-

gerungen oder wiederkehrende Muster klar nachvollziehen können.

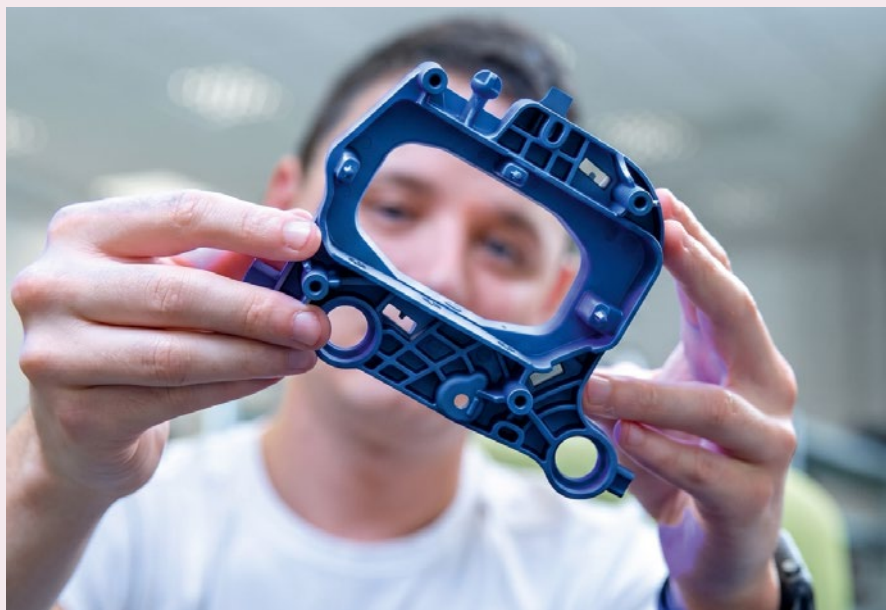
Laufende Datensammlung aus dem gesamten Fertigungssystem

Die Umstellung auf eine solche proaktive Beschaffung gleicht dem Unterschied zwischen dem Blick in den Rückspiegel und einem GPS für die Lieferkette. Akteure, die sich für den Wandel zur datenbasierten Beschaffung entscheiden, verwalten ihre Lieferkette nicht mehr nur. Sie sind vielmehr dem Markt drei Schritte voraus. Schließlich erfährt der traditionelle Einkaufsprozess heute viele Einschränkungen. Jede Beschaffung gilt als isoliertes Ereignis, nicht als kontinuierlicher Prozess. Man verlässt sich zudem stark auf die Selbstausskunft der Lieferanten – die mit deren tatsächlicher Leistung übereinstimmt oder auch nicht.

Eine KI-gesteuerte, autonome Lieferantenintelligenz funktioniert nach einem völlig anderen Prinzip. Hier werden Informationen nicht eilig gesammelt, sobald ein Beschaffungsbedarf entsteht. Vielmehr gewinnen



Fällt ein Lieferant aus, muss schnell Ersatz her. Ein einziges fehlendes Bauteil kann einen Großauftrag gefährden. Resiliente Lieferketten sind daher essenziell.



Prototypen bis hin zu mittleren Serien werden heute schon gedruckt. Die additive Produktion wächst auf der Plattform Xometry besonders schnell.

die Systeme kontinuierlich Daten aus dem gesamten Fertigungsökosystem. Jede Bestellung, jede Lieferung, jede Qualitätsprüfung wird zu einem Datenpunkt. Dies erweitert das Wissen und das Verständnis des Systems für die Fähigkeiten, Beschränkungen und auch für die Zuverlässigkeit der Lieferanten. Der Wandel von episodischer zu kontinuierlicher Informationsbeschaffung verändert alles. Beschaffer fragen nicht mehr: „Welchen Lieferanten nehmen wir für dieses Bauteil?“ Vielmehr lautet ihr Ansatz nun: „Was sagt unser gesammeltes Wissen über optimale Beschaffungsstrategien für unser gesamtes Produktionsportfolio?“

Bei Xometry nutzen wir diese Risikoprognosen aktiv, um für jeden Auftrag den am besten geeigneten Lieferanten zu ermitteln. Dabei berücksichtigen wir die jeweiligen technischen und konstruktiven Anforderungen. Diese datengestützte Zuordnung verbessert die Zuverlässigkeit der Auftragsabwicklung und die allgemeine Lieferleistung erheblich. Das KI-System scannt unstrukturierte Daten, einschließlich interner Notizen, bevor Produktionsaufträge versendet werden. Erkennt es Hindernisse wie regionale Beschränkungen oder Compliance-Auflagen, verhindert es die automatische Bestätigung und leitet die Aufträge zur manuellen Partnerauswahl weiter.

Vorhersagen zur Lieferkette über KI-gestützte Datenanalysen

Die Stärke dieser KI-gestützten algorithmischen Beschaffung liegt in der Beschaffung und Synthese von Informationen über Zeiträume hinweg. Grundlage für echte prädiktive



Progressive Unternehmen sichern ihre Lieferkette bereits mit KI ab. Xometry bietet diese Möglichkeit über die Nutzung der Plattform an.

Bilder: Xometry

ve Intelligenz bilden Längsschnittdaten. Das bedeutet eine Beobachtung der Lieferantenleistung, der technischen Ausführung und der Zusammenarbeit über mehrere Projekte und Zeiträume hinweg. Bei der traditionellen Beschaffung werden zwar möglicherweise die Liefertreue oder die Fehlerquote erfasst. Das sind auch nützliche Kennzahlen - deren Vorhersagekraft jedoch begrenzt ist. Ein KI-gestütztes Datenökosystem erfasst viel mehr: Schwankungen der Vorlaufzeiten bei unterschiedlichen Produktionsauslastungen, Qualitätsverläufe bei steigendem Lieferan-

EINE KI-GESTÜTZTE AUTONOME LIEFERANTENINTELLIGENZ BRINGT KONKRETE WETTBEWERBSVORTEILE. FÜR UNTERNEHMEN IST SIE ALLERDINGS ZUNÄCHST EIN KRAFTAKT.

tenvolumen, Reaktionsfähigkeit auf Designänderungen, Kapazitätsauslastungsmuster und sogar die Kommunikation während der Projektdurchführung.

Dabei sind Kooperationsmuster die wohl am wenigsten beachtete Quelle für Beschaffungsinformationen. Wie Lieferanten auf technische Anfragen reagieren, ihre Bereitschaft, Designoptimierungen vorzuschlagen, ihre Fähigkeit, potenzielle Fertigungsprobleme frühzeitig zu erkennen: Solche Verhaltenssignale sagen den Projekterfolg oft genauer voraus als herkömmliche Kennzahlen. Dennoch werden sie in traditionellen Beschaffungsrahmenwerken selten systematisch erfasst.

KI-Systeme können hervorragend subtile Muster erkennen, die menschlichen Beobachtern meist entgehen. Der wahre Wert zeigt sich, wenn Daten in KI-gestützte Wahrscheinlichkeitsmodelle einfließen, die echte Vorhersagen ermöglichen. Bei der traditionellen Lieferantenbewertung wird gefragt: „Wie hat dieser Lieferant in der Vergangenheit abgeschnitten?“ Die KI-gestützte Wahrscheinlichkeitsmodellierung stellt eine viel sinnvollere Frage: „Wie sieht angesichts der Leistungsmuster, der technischen Erfahrung, der aktuellen Kapazitätsauslastung und der spezifischen Anforderungen dieses Bauteils die Wahrscheinlichkeitsverteilung der potenziellen Ergebnisse aus?“

Wahrscheinlichkeiten ermöglichen proaktive Strategien

Künftig müssen sich Beschaffungsexperten also daran gewöhnen, mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen statt mit kategorischen Gewissheiten zu arbeiten. Sie müssen verstehen, wann algorithmische Empfehlungen der KI befolgt werden sollten und wann der Kontext, den das System nicht erfassen kann, eine manuelle Übersteuerung erfordert.

Ihren größten Wert entfaltet die KI-gestützte autonome Lieferantenintelligenz, wenn sie proaktive Beschaffungsstrategien ermöglicht. Anstatt auf eingetretene Störungen zu reagieren, können Unternehmen Schwachstellen bereits identifizieren und beheben, bevor sie die Produktion stören. Auf taktischer Ebene können KI-Systeme bestimmte Lieferanten kennzeichnen, die frühe Anzeichen für potenzielle Lieferprobleme aufweisen. Einkaufsteams entwickeln dann Notfallpläne, ehe Probleme überhaupt auftreten.

« TB

Iana Mashutina ist Director International Sourcing bei Xometry Europe.

IM NÄCHSTEN HEFT

DIGITALISIERUNG IN DER AUTOMATISIERUNG

Das kommende Heft erscheint im Vorfeld der Fachmesse SPS smart production solutions und zeigt aktuelle Entwicklungen, Lösungen und Trends rund um die digitale Automatisierung. Denn gerade die Digitalisierung eröffnet in der Automatisierung ganz neue Möglichkeiten: Vernetzte Systeme, intelligente Datenanalyse und durchgängige Prozesse schaffen die Basis für mehr Effizienz und Flexibilität. Doch welche Technologien und Konzepte setzen sich in der Praxis durch?

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



PLM-LÖSUNGEN (INKLUSIVE EXPERTENTALK)

Product Lifecycle Management (PLM) verbindet Daten, Prozesse und Teams über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Moderne PLM-Lösungen schaffen Transparenz, fördern die Zusammenarbeit und helfen Unternehmen, Entwicklungs- und Produktionsprozesse effizienter zu gestalten. Die nächste Ausgabe beleuchtet aktuelle Lösungen und Trends. Zudem diskutieren Experten im Expertentalk über Potenziale, Herausforderungen und die Zukunft von PLM.

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



KI IM ENGINEERING

Künstliche Intelligenz hält zunehmend Einzug in die Entwicklung und eröffnet neue Möglichkeiten für effizientere Engineering-Prozesse. Von der automatisierten Auslegung und Konstruktion über intelligente Simulationen bis hin zur Auswertung komplexer Daten: KI kann Entwicklungszeiten verkürzen und neue Potenziale erschließen. Die nächste Ausgabe zeigt aktuelle Anwendungen, innovative Lösungen und Praxisbeispiele – und fragt, wie KI das Engineering nachhaltig verändern wird.

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



MIT
SONDERHEFT
ANTRIEBSTECHNIK

WEITERE THEMEN IN DER KOMMENDEN AUSGABE:

- 3D-Druck und additive Fertigung
- smarte Sensorik
- Multiphysik-Simulation
- Lineartechnik
- Nachhaltigkeit in der Produktentwicklung

IMPRESSUM

Herausgeber und Geschäftsführer:

Matthias Bauer (Vorsitz), Dennis Hirthammer
DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN im Internet:
<http://www.digital-engineering-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 Faulstich (karin.faulstich@win-verlag.de),
Tino M. Böhrer (tino.boehrer@win-verlag.de), Frida Dumann (Werkstudentin)
Kirsten Seegmüller (externe Mitarbeiterin),
kirsten.seegmueller@extern.win-verlag.de)

Mitarbeiter dieser Ausgabe:

Thomas Andersen, Mark Berger, Torsten Blankenburg, Jörg Brünnhäuser,
Jeroen Buring, Antje Hollis, Evelyn Jungo, Gunnar Lessmann, Jobst Lichte,
Iana Mashutina, Sissy-Linh Nguyen, Amit Suresh Patil, Falk Plonus,
Dr. Christian Redemann, Marcello Rosadini, Anja Schaber, Anja Schüttrumpf,
Uday Senapati, Ralf Steck, Christoph Stockhammer,

So erreichen Sie die Anzeigenabteilung:

Anzeigengesamtleitung:
Martina Summer (089-3866617-31, martina.summer@win-verlag.de),
Anzeigenverantwortlich

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)

Abonentenservice und Vertrieb

Tel.: +49 89 3866617 46
www.digital-engineering-magazin.de/hilfe
oder eMail an
abovetrieb@win-verlag.de mit Betreff „DIGITAL ENGINEERING Magazin“
Gerne mit Angabe Ihrer Kundennummer vom Adressetikett

Artdirection und Titelgestaltung:

Saskia Kölliker Grafik, München
Bildnachweis/Fotos: falls nicht gekennzeichnet: Werkfotos,
AdobeStock, shutterstock.com
Titelbild: © Gorodnoff/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**
WIN-Verlag GmbH & Co. KG
Chiemgaustraße 148, 81549 München
Tel.: 089-3866617-0

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 (089/3866617-31, martina.summer@win-verlag.de)

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.

28. 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 1618-002X, Ausgabe 06/2026
Unsere Papiere sind PEFC zertifiziert.
Wir drucken mit mineralölfreien Druckfarben.

Außerdem erscheinen bei der WIN-Verlag GmbH & Co. KG:

AUTOCAD Magazin, BAUEN AKTUELL, DIGITAL BUSINESS,
DIGITAL MANUFACTURING, e-commerce Magazin, KGK Rubberpoint,
PlastXnow, Plastverarbeiter, r.energy

Aus aktuellem Anlass kann es zu Themenänderungen kommen.



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
DER DIGITALE WEG ZUM KUNDEN

KGK RUBBERPOINT
Kautschuk | Gummi | Kunststoffe

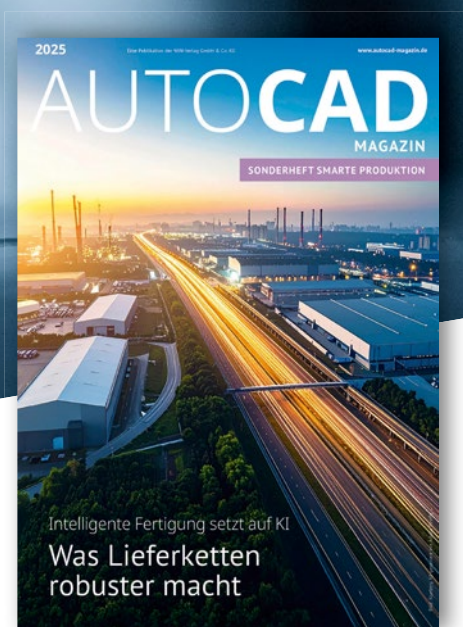
r.energy
ERNEUERBARE ENERGIEN UND DIGITALISIERUNG

PLAST VERARBEITER

PLAST
NOW



win-verlag.de



Hier geht's zur aktuellen Ausgabe



Die nächste Ausgabe

Sonderheft Smarte Produktion

erscheint am 30. Oktober 2026

Smarte Produktion – fertigungsgerechte Simulation und Konstruktion, 3D-Drucker und 3D-Verfahren, Werkstoffe, Qualitätssicherung, Nachbearbeitung