

DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN

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



Titelbildsponsor/Bild: igus

IGUS VERKÜRZT LIEFERKETTEN FÜR KUNDEN VON ENERGIEKETTENSYSTEMEN

Supply Chain kurz gemacht

CAM: FLEXIBEL UND SKALIERBAR

Optimierung mit dem digitalen Zwilling

STECKVERBINDER IM FOKUS

Profinet-Stecker M12 IP54 schnell und zuverlässig installieren

SPECIAL: KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Wie F&E-Entscheider die KI-Transformation strategisch verankern



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

VOM DIGITALEN MODELL ZUR ZUVERLÄSSIGEN VERBINDUNG

Liebe Leserinnen und Leser,

die Produktentwicklung befindet sich in einer Phase tiefgreifender Veränderungen. Künstliche Intelligenz hält zunehmend Einzug in die Entwicklungsabteilungen und erweitert die Möglichkeiten von Konstrukteuren und Ingenieuren. Gleichzeitig bleiben aber klassische Disziplinen des Maschinen- und Anlagenbaus unverzichtbar.

KI-gestützte Methoden unterstützen heute bereits bei der Konzeptfindung, Variantenentwicklung, Simulation oder Optimierung von Bauteilen. Sie helfen dabei, große Datenmengen auszuwerten, Entwicklungszeiten zu verkürzen und neue Lösungen zu erschließen. Der entscheidende Mehrwert entsteht jedoch erst dann, wenn digitale Werkzeuge mit fundiertem Ingenieurwissen kombiniert werden.

Warum das so ist, erfahren Sie in unserem Schwerpunkt „Künstliche Intelligenz in der Produktentwicklung“ auf den Seiten 31 bis 41. Lesen Sie beispielsweise im Beitrag auf den Seiten 34 und 35, wie KI-gestütztes Systems Engineering zum strategischen Hebel werden kann.

Im Beitrag auf den Seiten 38 und 39 erfahren Sie wiederum, warum man KI nicht isoliert betrachten sollte, sondern als integralen Bestandteil einer durchgängigen Produktdatenstrategie im Sinne eines Intelligent Product Lifecycle.

Ein anderer wichtiger Schwerpunkt in dieser Ausgabe ist die elektrische Verbindungstechnik. Steckverbinder, Kabel und Leitungen werden häufig als Standardkomponenten betrachtet. Tatsächlich übernehmen sie jedoch eine Schlüsselrolle in modernen Maschinen, Anlagen und Produkten. Sie müssen elektrische Leistung zuverlässig übertragen, Daten sicher transportieren und gleichzeitig den steigenden Anforderungen hinsichtlich Miniaturisierung und Modularität gerecht werden.

Mehr zur elektrischen Verbindungstechnik erfahren Sie auf den Seiten 48 bis 60. Informieren Sie sich beispielsweise im Beitrag auf den Seiten 52 und 53 über eine leistungsstarke Lösung für die dezentrale Installation direkt im Feld. Der im Beitrag vorgestellte Power-Steckverbinder überzeugt durch sein Schnellanschluss-System, industrielle Robustheit und herstellerübergreifende Kompatibilität. Das Ergebnis: schnellere Inbetriebnahme, reduzierte Fehlerquellen und hohe Flexibilität.

Viel Spaß beim Lesen!



RAINER TRUMMER
Chefredakteur



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



22

OPTIMIERUNG MIT DEM DIGITALEN ZWILLING

Der Werkzeugbau von Arnold Umformtechnik nutzt bei der Programmierung der NC-Maschinen für die Herstellung von Presswerkzeugen das CAD/CAM-System HyperMILL von Open Mind. Um dabei Werkzeugbahnen weiter zu optimieren, kommen Simulationstechniken auf Basis eines digitalen Zwillings zum Einsatz.

Bild: Open Mind

26

BAUSTEINE FÜR DIE INDUSTRIE DER ZUKUNFT

Die industrielle Transformation lebt von Daten, die eindeutig identifizierbar und interoperabel nutzbar sind. Technologien und Standards wie digitale Zwillinge und Verwaltungsschalen (AAS) verbinden physische Produkte mit ihrer digitalen Identität über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Gemeinsam schaffen sie die Grundlage für transparente, nachhaltige und datengetriebene Wertschöpfungsketten.

Bild: Pepperl+Fuchs



TITELSTORY: SUPPLY CHAIN KURZ GEMACHT

In wirtschaftlich turbulenten Zeiten sind Automatisierungslösungen in Produktion und Logistik gefragt. Aber auch Zulieferer, die nicht nur Produkte liefern, sondern in komplexen Bereichen zeitintensive Vorarbeiten übernehmen, zum Beispiel bei der Konfektionierung von einbaufertigen Energiekettensystemen für Maschinen und Anlagen. Wie das schnell und zuverlässig funktioniert, zeigt Igus mit seinem Readycable- und Readychain-Service.

Seite 8

54

ELEKTRISCHE VERBINDUNGSTECHNIK

Drohnen entwickeln sich zunehmend von Speziallösungen zu zentralen Bausteinen industrieller Automatisierung. Entscheidend für ihre Leistungsfähigkeit sind auch kompakte und skalierbare Verbindungstechnologien. Wie moderne Konnektivitätslösungen dazu beitragen, Effizienz und Designfreiheit kommerzieller Drohnen zu verbessern, zeigt der Beitrag auf Seite 54.

Bild: Harting



REDAKTIONELL ERWÄHNT INSTITUTIONEN, ANBIETER UND VERANSTALTER

Accenture S. 34, Bechtle PLM S. 20, Binder S. 58, Cadfem S. 48, Contact Software S. 6, Core Technologie S. 6, Dassault Systèmes S. 28, Fabasoft Approve S. 40, Friedrich Lütze S. 56, Harting S. 54, HELU Kabel S. 16, Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) S. 46, ifm S. 7, Igus S. 8, Indu-Sol S. 60, Item S. 6, Lapp S. 10, Mensch und Maschine S. 18, Misumi-Meviy S. 31, Murrelektronik S. 52, Murrplastik Systemtechnik S. 12, Nabtesco S. 44, Open Mind S. 22, Pepperl+Fuchs S. 26, PTC S. 38, Rosenberger S. 50, Simus Systems S. 36, Stöber Antriebstechnik S. 42, TKD Kabel S. 14

AKTUELL**6 Märkte & Trends**

Neue Produkte und News aus den Unternehmen

ELEKTROTECHNIK & AUTOMATION**8 Titelstory:
Supply Chain kurz gemacht**Konfektionierung von einbaufertigen
Energiekettensystemen**10 Auf einen Schlag amortisiert**Zustandsüberwachung
in Energie- und Steuerleitungen**12 Robuste Verbindungen
für Entsorgungsfahrzeuge**Kabelschutz- und Kennzeichnungslösungen
in mobilen Arbeitsmaschinen**14 Der Kabelquerschnitt:
Eine Entscheidung mit Folgen**TKD Kabel berät Anwender
bei der richtigen Dimensionierung**16 HELU optimiert XXL-Drehmaschinen
von Gurutzpe**

Vorkonfektionierte Energieführungssysteme

PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT**18 Flexible und skalierbare Lösung**

Produktdatenmanagement in der Cloud

CAD & DESIGN**20 Fünf Datenprobleme
im CAD/CAM-Prozess**Zentrale Herausforderungen
zwischen Konstruktion und Arbeitsvorbereitung**22 Optimierung mit dem
digitalen Zwilling**Arnold Umformtechnik
setzt auf CAM-System HyperMILL**MANAGEMENT****26 Bausteine für die
Industrie der Zukunft**Digitale Zwillinge, Verwaltungsschale
und Digitale Produktpässe**28 Generative Economy:
Die Natur steht Pate**

Was die Industrie von der Natur lernen kann

**SPECIAL
KI IN DER PRODUKTENTWICKLUNG****31 Digitale Plattformen
beschleunigen Satellitenbau**

Mit KI ins All

**34 Vom Silo zum intelligenten
Engineering-Ökosystem**Wie F&E-Entscheider die KI-Transformation
strategisch verankern**36 Mit KI von der Zeichnung
zum intelligenten CAD-Modell**2D-Zeichnungen und 3D-CAD-Modelle
stehen oft noch in Konkurrenz zueinander**38 Produktdaten sind die Basis**

Agentenbasierte KI in der Industrie

**40 Mehr Kontrolle über Daten,
weniger Risiko**Datensicherheit und digitale Souveränität
im KI-Kontext**ANTRIEBSTECHNIK****42 Dem Konkurrenzdruck standhalten**Boschert setzt bei Kupferstanzmaschine
auf Antriebstechnik von Stöber**44 Spielfreie Wellgetriebe
mit kompakter Intelligenz**Bauraumneutrale Lösung
für die intelligente Automatisierung**HARDWARE & PERIPHERIE****46 Rechnen, bevor es teuer wird:
Simulation am HLRS**Supercomputing & KI am Höchstleistungs-
rechenzentrum Stuttgart**ELEKTRISCHE VERBINDUNGSTECHNIK
IM FOKUS****48 Wenige Freiheitsgrade,
mehr Freiheiten**Wo Reduced-Order-Modelle detaillierten
3D-FEM-Geometrien überlegen sind**50 Glasfaser dringt
in raue Umgebungen vor**Signalübertragung mit
Expanded-Beam-Optical-Technologie**52 MQ15 bringt kompakte Power
in dezentrale Anlagen**

Dezentrale Automatisierung

54 Smarte Konnektivität für DrohnenIndustrietaugliche Verbindungslösungen
für unbemannte Luftfahrzeuge**56 Modulare Konnektivität
auf kleinstem Raum**

Industrielle Service-Schnittstellen

**58 Mit dem B23-Steckverbinder
zur schaltschranklosen Fabrik**

One-Cable-Automation

**60 Netzwerktechnik für raue
Industrieumgebungen**Profinet-Stecker M12 IP54 schnell und
zuverlässig installieren**3 EDITORIAL****61 MARKTPLATZ****62 IMPRESSUM****62 VORSCHAU**

CoreTechnologie

FERTIGUNG DER ZUKUNFT MIT DIGITAL TWINS

Der deutsch-französische Softwarehersteller CoreTechnologie stellte Anfang Juni 2026 auf der amerikanischen Fachmesse Realize Live Americas die aktuelle Softwareversion 3D_Evolution 4.10 vor. Mit dem neuen Tool werden semantische Fertigungsinformationen, sogenannte Product Manufacturing Information (PMI), direkt aus den nativen CAD-Daten gelesen und im Step-242-Format als einheitliche ISO-Datenbasis zur Verfügung gestellt. So entsteht eine Kombination aus Fertigung und Digital Twins.

Das Fundament für intelligente Systeme wie zur automatischen Erzeugung von CAM-Programmen zur Bauteilfertigung bilden die formalen oder grafisch dargestellten Konstruktionsdaten in Form semantischer Informationen. Dabei analysiert die neue Version von 3D_Evolution, ob die inhaltliche Bedeutung und der Kontext maschinell verarbeitet werden können.



Digitaler Zwilling einer Turbinenlade.
Bild: CoreTechnologie

Ein großer Vorteil ist hierbei die Prozessdurchgängigkeit: Bereits in der Konstruktionsphase definiert der Konstrukteur die wesentlichen 3D-Master-Informationen wie Passbohrungen oder Oberflächengüten, die von den CAM-Systemen genutzt werden, um Werkzeugwechsel automatisch zu generieren. Ziel ist es, in Zukunft auf 2D-Daten verzichten zu können.

Durch die automatische Übergabe an das CAM-System wird der Fertigungsprozess beschleunigt und redundante Eingaben und Anwenderfehler lassen sich effektiv vermeiden. Das ISO-Format Step 242 als Basis für Folgeprozesse schützt künftig den Wert der Daten, da alle Systeme auf ein einheitliches und gut dokumentiertes Format zurückgreifen.

Item

NEUE ANTRIEBSVARIANTE FÜR FÖRDERBÄNDER



Mit dem Indirektantrieb unterhalb der Förderstrecke ergänzt Item sein Förderband-Portfolio um eine platzsparende Lösung, die den Transport breiter Güter ermöglicht.

Bild: Item

Die Anforderungen an Förderlösungen in modernen Produktions- und Logistikumgebungen steigen kontinuierlich: Sie sollen unterschiedliche Güter bewegen, flexibel erweiterbar und gleichzeitig möglichst einfach integrierbar sein. Genau hier setzt das Unternehmen mit einer neuen Antriebsvariante im Bereich Fördertechnik an.

Beim Indirektantrieb von Item ist der Motor unter dem Förderband angebracht. So bleibt die gesamte Transportstrecke frei von Störkonturen. Durch den schmalen Antriebssatz wird die Gesamtbreite des Systems nur minimal vergrößert.

Mit dem Indirektantrieb erweitert das Unternehmen das bestehende Portfolio aus Direkt- und Mittenantrieb um eine dritte Option. Der Motor wird nicht seitlich, sondern platzsparend unterhalb der Förderstrecke positioniert. Dadurch bleiben die Transportebene und der Auslauf vollständig frei, sodass auch breiteres Transportgut problemlos bewegt werden kann. Die kompakten Motorbefestigungssätze verbreitern die Förderstrecke nur minimal, was besonders in beengten Produktionsumgebungen von Vorteil ist. Die Befestigung kann sowohl links- als auch rechtsseitig erfolgen. Der Zugang zum Förderband kann von allen Seiten erfolgen.

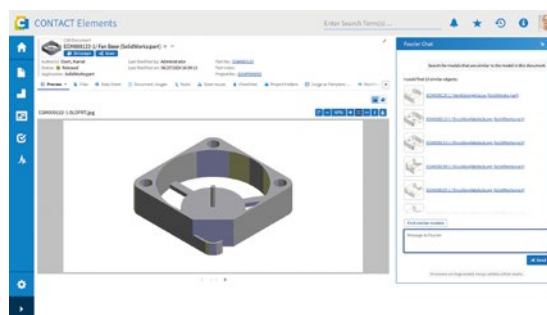
Individuelle Förderbandsysteme lassen sich einfach und schnell mit dem Engineering-Tool des Herstellers konfigurieren.

Contact Software

KI-LAYER JETZT SYSTEMWEIT

Contact Software bettet im neuen Release der offenen Low-Code-Plattform Elements den KI-Layer Fourier AI systemweit ein und sorgt mit zahlreichen Neuerungen für mehr Effizienz entlang des gesamten Lebenszyklus.

Das neue Elements-Release stellt mit Fourier AI eine skalierbare Infrastruktur bereit, mit der Unternehmen ihre individuellen KI-Anwendungsfälle flexibel umsetzen können. Sie ist gezielt für anspruchsvolle Engineering-Aufgaben konzipiert und tief in Entwicklungs-, Produktions- und Service-Prozesse integriert. Fourier AI versteht den Kontext der Daten in Contact Elements und liefert belastbare Ergebnisse. Dazu kombiniert ein Orchestrator marktführende KI-Modelle mit domänenspezifischen, von Contact entwickelten Modellen – etwa solchen, mit denen



Fourier AI beschleunigt die Bauteilsuche mit einem domänenspezifischen KI-Modell.

Bild: Contact Software

Konstrukteure ähnliche 3D-Geometrien schnell finden. Fourier AI wurde nach dem Prinzip „Security by Design“ entwickelt und garantiert volle Datensouveränität. Daten verbleiben lokal beim Kunden, während KI-Operationen anonymisiert in einer DSGVO-konformen Cloud laufen. Das robuste Rollen- und Rechtekonzept stellt sicher, dass die KI nur für die jeweiligen Nutzer autorisierte Informationen bereitstellt.

ifm

MEHR FUNKTIONEN FÜR SENSOREN

Mit dem Moneo-kompatiblen AS-i-Master, den ifm jetzt vorgestellt hat, kommen nun auch Sensoren mit dem weit verbreiteten AS-Interface in den Genuss der vollen Funktionalität der IIoT-Plattform Moneo. Über sie können die AS-i-Informationen im Dashboard angezeigt, verknüpft und verarbeitet werden. Die Daten stehen, wie aus Moneo gewohnt, für die Anlagenüberwachung, Alarmmeldungen und weitere Analysen zur Verfügung.

Verschiedene Einsatz-Szenarien verdeutlichen den Mehrwert, den die Kombination AS-i und Moneo der Industrie aber auch Unternehmen der kritischen Infrastruktur bietet: In der Lebensmittel-industrie können die Schließzeiten von Hygieneventilen kontinuierlich überwacht wer-



Schritt für Schritt zur vernetzten Fabrik: Moneo integriert AS-i-Master. Über das Edge-Gateway lassen sich IT- und Feldbus-Welt miteinander verknüpfen. Bild: ifm

den. Die AS-i-Notauskette in Fertigungsumgebungen kann durch die Kombination sicherer AS-i-Controller und Moneo-Dashboard abgesichert werden.

Das neue Mitglied der Moneo-Familie erhöht die Anzahl bereits integrierter Komponenten, wie etwa IO-Link-Master, Mioty-Basisstationen und VSE-Module zur Schwingungsüberwachung um ein weiteres, weit verbreitetes Feldbussystem, das seit Jahrzehnten weltweit standardisiert ist und in unzähligen Projekten eingesetzt wird.

Titelanzeige: Igus

Igus verkürzt Lieferketten für Kunden von Energieketten-systemen



Mit seinem Readychain-Service verkürzt Igus die Lieferketten im Maschinenbau und entlastet Unternehmen in Zeiten von Fachkräftemangel und steigenden

Kosten. Das Kölner Unternehmen liefert einbaufertige Energieketten-systeme, die bereits mit Leitungen und Steckverbindern ausgestattet sind und so bis zu 75 Prozent Montagezeit einsparen. Um hohe Verfügbarkeit und kurze Lieferzeiten sicherzustellen, setzt Igus auf einen hohen Automationsgrad, selbst bei kleinen Losgrößen. Eigens entwickelte Crimp-Tower halten insgesamt 80 Kontaktypen sofort verfügbar und reduzieren dadurch Durchlaufzeiten sowie den Kommissionierungsaufwand. Zusätzlich sichert Igus mögliche Lieferengpässe durch ein 16-Millionen-Euro-Lager für Steckverbinder und die enge Zusammenarbeit mit Vorzugslieferanten ab. Durch die Übernahme von Elko Verbindungstechnik wächst das internationale Produktionsnetzwerk auf 14 Standorte, dies sorgt für noch mehr Flexibilität und Kundennähe.

igus SE & Co. KG

Spicher Straße 1a
51147 Köln, Deutschland
Telefon: +49 22 03 96 49-0
<https://www.igus.de/>

Driving the world

SEW
EURODRIVE

Vorsprung durch Innovation



Der Automatisierungsbaukasten MOVI-C®

Antriebstechnik für Ihre Applikationen – modular, durchgängig, skalierbar. Der Automatisierungsbaukasten MOVI-C® ist Ihr One-Stop-Shop für alle Automatisierungsaufgaben.

Ein Hersteller – eine durchgängige Komplettlösung. Mit Services, Hard- und Software von Planung über Inbetriebnahme bis Betrieb und Servicefall.

- leistungsstarke Steuerungstechnik, leicht programmierbare Software und bedienerfreundliche Visualisierungslösungen
- durchgängige Umrichtertechnik für Schaltschrank und dezentrale Installation
- Baukastensystem aus Drehstrommotoren, Servomotoren oder Antrieben für Linearbewegungen



www.sew-eurodrive.de/movi-c

SUPPLY CHAIN KURZ GEMACHT

In wirtschaftlich und politisch turbulenten Zeiten mit steigenden Kosten sind Automatisierungslösungen in Produktion und Logistik gefragt. Aber auch Zulieferer, die nicht nur Produkte liefern, sondern in komplexen Bereichen zeitintensive Vorarbeiten übernehmen, zum Beispiel bei der Konfektionierung von einbaufertigen Energiekettensystemen für Maschinen und Anlagen. Wie das schnell und zuverlässig funktioniert, zeigt Igus mit seinem Readycable- und Readychain-Service. » VON MARKUS HÜFFEL

Das Kölner Unternehmen Igus liefert Energieketten an Maschinenbaubetriebe, die bereits mit passenden Leitungen und Steckverbindern bestückt sind. „Dieses ‚Alles-aus-einer-Hand-Prinzip‘ spart bis zu 75 Prozent Montagezeit“, sagt Christian Stremlau, Geschäftsbereichsleiter Readychain und Readycable bei Igus. „Kunden weltweit bestätigen uns, dass wir mit dem Readychain-Service einen Beitrag zur Schonung von Personalressourcen leisten und die Auslieferung von Maschinen und Anlagen beschleunigen. Diese Zeitersparnis ist für unsere Kunden ein entscheidender Wettbewerbsvorteil.“ Um das zu ermöglichen, setzen die Kölner auf Prozessintegration durch Automatisierung, hohe Lagerbestände und Vorzugslieferanten. Gleichzeitig baut das Unternehmen seine Produktionskapazitäten weiter aus, damit Kunden von hoher Verfügbarkeit und schnellen Lieferzeiten profitieren.

Hoher Automationsgrad senkt Kosten und steigert Effizienz

Allein für die Antriebstechnik bietet Igus über 6.000 vorkonfektionierte Leitungen, passend für 41 namhafte Antriebshersteller wie Siemens, Beckhoff, Bosch Rexroth oder SEW-Eurodrive. Der Anspruch von Igus ist es, jedem Kunden eine hochwertige, kostengünstige Lösung zu bieten. Dafür verfolgt der Anbieter die Vision einer werkzeuglosen Fabrik. Dabei werden Lieferanten gezielt nach der Maschinenverarbeitbarkeit ihrer Produkte ausgewählt. „Bei der Herstellung der Readychains setzen wir auf einen hohen Grad an Automatisierung – auch für kleine Losgrößen“, erklärt Christian Stremlau. So kommen zum Beispiel Maschinen zum Einsatz, die Leitungen ablängen oder Schirme aufflechten. Aber auch eigens entwickelte, patentierte Automationslösungen wie die vier Igus Crimp Tower, die Produktion und Lager verbinden. Jeder Turm beherbergt

**ALLEIN FÜR DIE ANTRIEBS-
TECHNIK BIETET IGUS ÜBER 6.000
VORKONFEKTIONIERTE LEITUNGEN,
PASSEND FÜR 41 NAMHAFTE
ANTRIEBSHERSTELLER.**

zehn Crimp-Maschinen. Jede Maschine trägt wiederum zwei Kontakttypen (Stift/Buchse), sodass ein Tower 20 Kontakttypen zum sofortigen Einsatz bietet. Das bedeutet bei vier Tovern insgesamt 80 unterschiedliche Kontakttypen, die ad hoc verfügbar sind. Durch diese Automatisierung kann Igus effizienter produzieren. Klein-, Groß- und Sonderaufträge lassen sich dadurch mit reduziertem Aufwand abwickeln. Der Kunde profitiert wiederum von schnelleren Lieferzeiten, gleichbleibender Qualität und guten Preisen.

Hohe Verfügbarkeit durch Zusammenarbeit mit zuverlässigen Vorzugslieferanten

Die Corona-Pandemie zeigte, dass funktionierende Versorgungsketten keine Selbstverständlichkeit sind. Maschinen- und Anlagenbauer gerieten in gefährliche Produktionsstillstände. Doch auch nach der Pandemie bleibt das Thema Lieferzeiten relevant.

Sowohl Klein- als auch Groß- und Sonderaufträge werden bei Igus mit deutlich reduziertem Kommissionierungsaufwand abgewickelt. Der Kunde profitiert so von schnelleren Lieferzeiten, gleichbleibend hoher Qualität und guten Preisen.





Igus beliefert Maschinenbauer mit maßgeschneiderten und einbaufertigen Energieketten, die bereits mit den passenden Leitungen und Steckverbindern ausgestattet sind – und das bereits ab Stückzahl 1.

Bilder: Igus

Viele Hersteller reduzieren aus Kostengründen ihren Direktvertrieb und arbeiten stattdessen mit Vertriebspartnern und Online-Portalen zusammen, was die Transportwege und Lieferzeiten verlängert. „Mit unserem Readychain-Service möchten wir eine direkte Verfügbarkeit gewährleisten“, sagt Stremlau. „Deshalb wählen wir unsere Lieferanten und Lagerbestände sorgsam aus.“ Dafür setzt Igus auf ein starkes Netzwerk von Vorzugslieferanten, darunter Harting, TE Connectivity, Intercontec, Hummel, Murrelektronik, Yamaichi, Binder und FCT/Molex. Diese Partner bilden mit Igus ein eingespieltes Team. Oftmals ermöglichen diese Lieferanten auch scheinbar Unmögliches – ein echter Wettbewerbsvorteil für alle Beteiligten. Gleichzeitig lagert das Unternehmen derzeit Steckverbinder im Einkaufswert von rund 16 Millionen Euro in Köln und erhält diese in Großchargen von allen Standorten. „Wir stimmen die Produktionszeiten, Wiederbeschaffungszeiten und Verfügbarkeiten genau aufeinander ab“, betont Stremlau. „So können alle Beteiligten kurze Lieferzeiten garantieren.“ Derzeit sucht Igus nach weiteren Lieferanten, um dieses Netzwerk stetig auszubauen.

Flexibler und schneller Service dank wachsender Produktionskapazitäten

Im Rahmen des Readychain-Services werden am Igus-Hauptsitz in Köln auf 4.175 Quadratmetern Fläche Leitungen und Ketten als einbaufertiges System konfektioniert, so-

dass beim Kunden vor Ort nur noch wenige Arbeitsschritte notwendig sind. Die E-Kettensysteme lassen sich darüber hinaus mit smarter Sensorik (smart plastics) ausstatten, um eine intelligente Zustandsüberwachung sowie vorausschauende Wartung zu ermöglichen. Um weltweit eine lückenlose Belieferung in alle Bereiche der Industrie sicherzustellen, produziert und konfektioniert Igus seine Readycable und Readychains nicht nur am Hauptsitz in Köln, sondern an 13 weiteren Standorten. Diese globale Präsenz ermöglicht es, Kunden in allen Regionen schnell und zuverlässig zu beliefern. Gleichzeitig profitieren alle Standorte vom kontinuierlichen Wissenstransfer und internen Wettbewerb um die besten Prozesse und Maschinen. Eigene Entwicklungen, die es so nicht auf dem Markt gibt, sind das Ergebnis dieses Innovationsgeistes.

Neuer Standort in Süddeutschland

Der jüngste Standort in Deutschland entstand im Januar 2025 mit der Übernahme der Elko Verbindungstechnik GmbH in Kirchheim. Das Unternehmen ist seit über 25 Jahren spezialisiert auf die Konfektionierung von Kabeln

» **BEI DER HERSTELLUNG DER READYCHAINS SETZEN WIR AUF EINEN HOHEN GRAD AN AUTOMATISIERUNG – AUCH FÜR KLEINE LOSGRÖSSEN.**

CHRISTIAN STREMLAU, IGUS

und Steckverbindern, die im Maschinenbau und der Automobilindustrie zum Einsatz kommen. Das Unternehmen besitzt tiefe Wurzeln in der Region, gewachsene Kundenbeziehungen und einem Ruf für Flexibilität, Qualität und persönliche Betreuung. Elko, als etablierter Leitungskonfektionär im süddeutschen Raum bekannt, bringt nicht nur regionale Nähe zu den Kunden, sondern auch jahrzehntelange Erfahrung in der Kabelkonfektion mit. Für Kunden bedeutet die Integration einen echten Mehrwert: Die regionale Nähe sorgt für kurze Wege und schnelle Reaktionszeiten, während die Zugehörigkeit zur Igus-Gruppe neue technologische Mög-



Durch Automationslösungen wie eigens entwickelte Crimp-Tower sorgt Igus für geringere Durchlaufzeiten sowie eine höhere Produktivität und Qualität.

lichkeiten eröffnet. So investiert Igus gezielt in die Automatisierung der Fertigung bei Elko, bringt moderne Maschinen und optimierte Prozesse nach Kirchheim und stärkt die Lieferketten – ohne dabei die Identität des Unternehmens zu verändern.

Denn Elko bleibt Elko: Der Name, die familiäre Unternehmenskultur und der enge persönliche Kontakt zu den Kunden bleiben erhalten. Die bestehenden Kundenbeziehungen werden nicht nur gepflegt, sondern durch die neuen Ressourcen weiter gestärkt. Gleichzeitig kann Elko nun neue Kundengruppen ansprechen, auf das Igus-Steckerlager zurückgreifen und seine Leistungsfähigkeit deutlich ausbauen. Die Kombination aus lokaler Verankerung, jahrzehntelanger Erfahrung und der Innovationskraft von Igus macht Elko zu einem noch stärkeren Partner für Maschinenbau und Automobilindustrie – insbesondere für Kunden in Süddeutschland, die auf Schnelligkeit, Qualität und Verlässlichkeit angewiesen sind.

« RT

Markus Hüffel ist Produktmanager Readycable & Readychain bei Igus.

AUF EINEN SCHLAG AMORTISIERT

Während Komponenten wie Motoren, Lager oder industrielle Netzwerke im Rahmen der Instandhaltungsstrategie längst kontinuierlich überwacht werden, bleiben Energie- und Steuerleitungen meist noch außen vor. Dabei kann deren Ausfall erhebliche wirtschaftliche Folgen haben. Lapp entwickelt im Rahmen von PdM4Ölflex Lösungen fürs Condition Monitoring stromführender Leitungen und bindet Anwender dabei frühzeitig ein. » VON VIVIAN BULLINGER



Ungeplante Stillstände gehören zu den größten Kostentreibern in der Industrie. Besonders kritisch sind Anwendungen mit permanent bewegten Leitungen, etwa in Energieführungsketten von Werkzeugmaschinen, in Roboterachsen der Automobilfertigung oder in Linearsystemen der Intralogistik. Dort wirken kontinuierlich Biege-, Torsions- und Zugkräfte auf die Verbindungstechnik. Versagt eine Energie- oder Steuerleitung, kann dies den Ausfall kompletter Produktionsabschnitte nach sich ziehen.

Zustandsorientierter Ansatz für Energie- und Steuerleitungen

Bislang dominieren zwei Strategien: der Austausch im Schadensfall oder präventiv nach festen Intervallen, unabhängig vom tatsächlichen Zustand der Leitung. Lapp, ein führender Anbieter für integrierte Lösungen im Bereich der Kabel- und Verbindungstechnologie, arbeitet jetzt an einem zustandsorientierten Ansatz auch für Energie- und Steuerleitungen. Unter dem Projektnamen PdM4Ölflex entsteht eine Lösung für die Predictive Maintenance von Leitungen der Marke Ölflex, die einen bedarfsgerechten Austausch ermöglicht.

Die Impulse dafür stammen aus der Entwicklung von Etherline Guard. Das seit 2021 verfügbare System zur Überwachung von Datenleitungen hat gezeigt, dass sich deren Zustand vergleichsweise einfach erfassen lässt. Für Energie- und Steuerleitungen fehlte bislang jedoch eine entsprechende Lösung. „Wir haben früh gemerkt, dass der größere Hebel nicht bei der Datenleitung liegt, sondern bei der Energieleitung“, sagt Tobias Heuft, Research Engineer Advanced Technology bei Lapp und federführend bei dem Entwicklungsprojekt PdM4Ölflex. „Stromführenden Leitungen sind die Lebensadern vieler Anlagen. Hier entstehen die teuren Stillstände, und genau da ist die messtechnische Herausforderung am größten.“

Condition Monitoring ohne zusätzliche Sensorik

Die Zustandsüberwachung bei PdM4Ölflex basiert auf der Zeitbereichsreflektometrie (Time Domain Reflectometry, kurz: TDR). Dabei wird ein kurzer elektrischer Impuls in eine Leitung eingespeist. Trifft dieser auf eine Impedanzänderung – etwa durch mechanischen Verschleiß oder eine beginnende Schädigung – wird ein Teil des Signals reflektiert. Aus Laufzeit und Amplitude der Reflexion lassen sich Ort und Art der Veränderung ableiten.

„Die eigentliche Innovation liegt nicht in der TDR-Messung selbst“, erklärt Tobias Heuft. „Die Messung ist seit Jahrzehnten bekannt. Entscheidend ist, dass wir sie so einkoppeln, dass die Leitung un-

ter voller Betriebsspannung weiterarbeitet. Wir brauchen keine zusätzliche Sensorader oder speziell aufgebaute Leitung.“ Die Anwendung der TDR-Messung für Energieleitungen im laufenden Betrieb hat Lapp patentieren lassen.

Das Messsignal wird potentialfrei auf eine stromführende Leitung aufgeprägt. Spezielle Filter sorgen dafür, dass das niederfrequente Nutzsignal stabil bleibt, während das hochfrequente Messsignal in die Leitung eingespeist wird. Im Betrieb sendet das System regelmäßig kurze Messimpulse im Mikrosekundenbereich. Die reflektierten Signale werden zeitlich hochauflösend erfasst und digital ausgewertet.

Bei Inbetriebnahme speichert das System das Referenzprofil einer intakten Leitung. Im Betrieb vergleicht die Elektronik aktuelle Reflexionsprofile mit diesem Ausgangszustand. Aus der quadrierten Abweichung über die Leitungslänge wird ein Kennwert berechnet: der Kabelstatus. „Wir sehen nicht nur, dass sich etwas verändert, sondern auch, wo es sich verändert“, so Tobias Heuft. „So können wir zwischen einer gleichmäßigen Alterung und einer lokalen Schädigung unterscheiden.“

Wartung nach Zustand statt nach Intervall

Der praktische Mehrwert zeigt sich vor allem in hochdynamischen Anwendungen. Dort können Energieleitungen frühzeitig überwacht werden, bevor ein Leiterbruch oder Isolationsschaden auftritt. Der Austausch kann in geplante Wartungsfenster verlegt werden, um ungeplante Stillstände zu vermeiden.



» WIR HABEN FRÜH GEMERKT, DASS DER GRÖßERE HEBEL NICHT BEI DER DATENLEITUNG LIEGT, SONDERN BEI DER ENERGIELEITUNG. «

TOBIAS HEUFT



Nach erfolgreichen Tests steht nun die Überführung in ein seriennahes System im Fokus.

Bilder: Lapp

Auch im Umgang mit Leitungspaketen eröffnet der Ansatz neue Möglichkeiten. In vielen Anlagen verlaufen Daten-, Steuer- und Energieleitungen gemeinsam in einem sogenannten Dresspack. Wird eine einzelne Leitung auffällig, wird häufig das gesamte Paket ersetzt. Kombiniert man eine Überwachung von Datenleitungen mit Etherline Guard und Energieleitungen mit PdM4Ölflex, könnten künftig nur die tatsächlich verschlissenen Komponenten getauscht werden.

Das wirkt sich auch auf den Ressourceneinsatz aus: Leitungen werden nicht vorsorglich entsorgt, sondern bis zum tatsächlichen Verschleiß genutzt. „Wenn ich den realen Zustand kenne, kann ich eine Leitung länger nutzen und gezielter tauschen“, sagt Heuft. „Das reduziert Materialeinsatz und vermeidet unnötigen Austausch.“

Praxisfeedback steuert die Entwicklung

Das Konzept wurde 2025 erstmals auf der SPS in Nürnberg vorgestellt. Lapp setzt wie bei früheren Innovationen wie Etherline Guard bewusst auf eine frühe Marktsondierung, um Rückmeldungen aus der Industrie direkt in die Weiterentwicklung einfließen zu lassen. „Wir entwickeln kein Produkt im stillen Kämmerlein“, betont Tobias Heuft. „Wir wollen früh verstehen, wie der Markt den Mehrwert einschätzt. Erst dann entscheiden wir über die nächsten Schritte.“

Das Interesse ist derzeit selektiv. Besonders Unternehmen mit bestehenden Condition-Monitoring-Strukturen oder wiederkehrenden Ausfällen zeigen konkrete Nachfrage. „Wir sehen vor allem zwei Gruppen“, be-

schreibt Heuft. „Zum einen Unternehmen mit akutem Leidensdruck, bei denen Leitungen regelmäßig ausfallen. Zum anderen Betriebe, die bereits Zustandsdaten aus vielen Sensoren erfassen und passive Komponenten wie Leitungen systematisch integrieren wollen.“ Damit adressiert PdM4Ölflex vor allem Anwendungen mit hohem Schadenspotenzial.

Die Wirtschaftlichkeit entscheidet

Nach erfolgreichen Tests steht nun die Überführung in ein seriennahes System im Fokus. „Die Messphysik funktioniert“, betont Heuft. „Die eigentliche Entwicklungsarbeit besteht jetzt darin, das System zu miniaturisieren und in ein industrietaugliches Gerät zu überführen.“ Eine Besonderheit verzögert den Prozess allerdings: Die im Test eingesetzten Leitungen erweisen sich als äußerst langlebig, sodass reale Verschleißdaten nur langsam entstehen.

Am Ende entscheidet die Wirtschaftlichkeit. Energie- und Motorleitungen können in anspruchsvollen Anwendungen erhebliche Kosten verursachen, ungeplante Stillstände wiegen jedoch deutlich schwerer. „Wenn das Projekt PdM4Ölflex nur einen ungeplanten Produktionsausfall verhindert, kann sich ein solches System auf einen Schlag amortisieren“, unterstreicht Tobias Heuft. « KF

Vivian Bullinger, Press Communications bei U.I. Lapp.

ROBUSTE VERBINDUNGEN FÜR ENTSORGUNGSFAHRZEUGE

Für den anspruchsvollen Einsatz in Entsorgungsfahrzeugen entwickelten Murrplastik und Zahner Electronic robuste Lösungen zum Schutz und zur Kennzeichnung von Kabelsystemen. Die Komponenten sind für extreme Witterungsbedingungen und hohe mechanische Belastungen ausgelegt und sorgen für maximale Betriebssicherheit im täglichen Einsatz. So wird die Zuverlässigkeit automatisierter Hebe- und Entleerprozesse nachhaltig gewährleistet.



Im Hydraulik-Kran schützen Wellrohre die verbauten Kabel und Leitungen.

Für die Fahrzeuge der Villiger Entsorgungssysteme entwickelten der Murrplastik-Standort in der Schweiz gemeinsam mit Zahner Electronic robuste Komplettlösungen zum Kabelschutz und zur Kabelkennzeichnung, die sich speziell für den Einsatz unter extremen Witterungs- und Belastungsbedingungen eignen.

Die Technik kommt in sogenannten Speed-Waste-Liftern mit Hydraulik-Kran zum Einsatz, welche automatisiert große Abfallbehälter leeren. Die Automatisierungskomponenten sind täglich im Einsatz und dabei starken Witterungseinflüssen und mechanischer Belastung ausgesetzt. Um Ausfälle zu vermeiden, wurden maßgeschneiderte Schutzsysteme für Kabel und Leitungen integriert. Im Schalt-

BESCHRIFTUNGSLÖSUNGEN SIND EIN ENTSCHIEDENDER FAKTOR IM WARTUNGS- ODER STÖRUNGSFALL.

schrunk sorgt eine durchdachte Kennzeichnung für eine vollumfängliche Übersicht und erleichterte Wartungsarbeiten.

Wellrohre mit hoher Resistenz und Langlebigkeit

Entsorgungsfahrzeuge mit hydraulischen Krananlagen sind täglich extremen Umweltbedingungen wie Hitze, Kälte, Feuchtigkeit, UV-Strahlung, Schmutz und mechanischer Belastung ausgesetzt. Besonders betroffen sind die Hydraulikkomponenten, die beim automatisierten Heben und Entleeren großer Abfallbehälter im Einsatz sind.

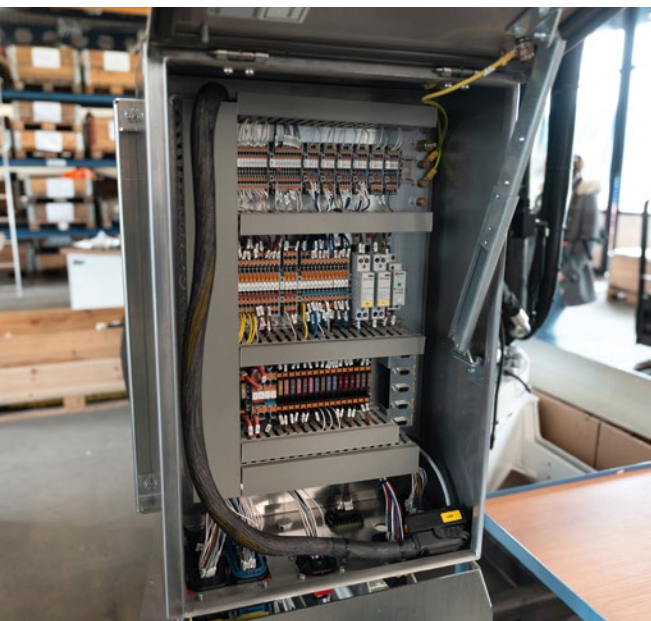
Um die Betriebssicherheit dauerhaft zu gewährleisten, setzt die Villiger AG auf hochwertige Wellrohre von Murrplastik. Diese schützen die empfindlichen Leitungen zuverlässig vor Witterungseinflüssen und mechanischer Beanspruchung – auch bei starken Temperaturschwankungen und Schmutzablagerungen.

Neben dem physischen Schutz sorgt eine langlebige Kennzeichnung der Kabel und Klemmen für klare Strukturen. Die Beschriftung bleibt auch unter starker Belastung lesbar und erleichtert die Wartung erheblich. Im Schaltschrank sorgt eine durchdachte Klemmenkennzeichnung zusätzlich für Übersichtlichkeit und effizientes Arbeiten im Servicefall.

Zentrale Steuerung direkt am Kran

Ein zentrales Element der elektrischen Infrastruktur des Fahrzeugs ist der Schaltschrank, der direkt am Kran montiert ist. Er übernimmt die komplette elektronische Versorgung und Steuerung der Kranfunktionen – von der Hydraulik bis zur Sensorik.

Gerade in einem so komplexen System ist eine klare und dauerhafte Kennzeichnung der verbauten Komponenten entscheidend. Klemmen und Kabel im Schaltschrank



Der Schaltschrank ist direkt am Kran montiert und mit Kennzeichnungen von Murrplastik Systemtechnik versehen.



Speed-Waste-Lifter mit Hydraulik-Kran.

sind aus diesem Grund mit hochwertigen Beschriftungslösungen versehen, die auch unter widrigen Bedingungen zuverlässig lesbar bleiben.

Diese Kennzeichnung bringt im täglichen Betrieb einen entscheidenden Vorteil: Im Wartungs- oder Störfall können alle Kabel und Anschlüsse schnell und eindeutig identifiziert werden. Das spart nicht nur Zeit, sondern minimiert auch das Risiko von Fehlanschlüssen oder langwierigen Diagnosen – ein echter Mehrwert für Servicepersonal und Betreiber.

**WELLROHRE SCHÜTZEN
DIE EMPFINDLICHEN LEITUNGEN
ZUVERLÄSSIG VOR WITTERUNGS-
EINFLÜSSEN UND MECHANISCHER
BEANSPRUCHUNG.**

Starke Partnerschaft für durchdachte Systemlösungen

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor dieses Projekts war die enge Kooperation zwischen Zahner Electronic und dem Schweizer Murrplastik-Standort, wodurch dem Kunden Villiger Entsorgungssysteme eine vollständige Gesamtlösung angeboten werden konnte. Zahner Electronic fertigt Schaltschränke und Kabelbäume für die Firma Villiger. Dabei zeichnet sich die Produktion durch hohe Qualität, Kompetenz und Erfahrung im Schaltschrankbau aus, insbesondere im Hinblick auf die technischen Anforderungen für mobile Arbeitsmaschinen. Zahner übernahm bei diesem Projekt den kompletten Aufbau des Schaltschranks, der direkt am Kran installiert ist und die gesamte Stromversorgung und Steuerung der Kranfunktionen gewährleistet.

Murrplastik lieferte die passenden Kennzeichnungsschilder, die sowohl im Schaltschrank als auch an den Kabeln und Wellrohren angebracht wurden. Diese sorgen für eine dauerhafte, gut lesbare Beschriftung, die insbesondere bei Wartung oder im Störfall eine schnelle und sichere Identifikation ermöglicht.

Die von Murrplastik bereitgestellten Wellrohre fanden zudem in den vorkonfektionierten Kabelbäumen von Zahner Anwendung. In Verbindung mit vergossenen Steckverbindern entstand eine anschlussfertige Einheit, die die Montage beim Endkunden erheblich erleichterte und gleichzeitig ein hohes Maß an Zuverlässigkeit im Betrieb bietet. **« KF**



Kooperation für eine durchdachte Systemlösung: Veit Fehmer (li.) von Murrplastik Schweiz und Jörg Krautter von Zahner Electronic.

Bilder: Murrplastik Systemtechnik

KABELQUERSCHNITT: EINE ENTSCHEIDUNG MIT FOLGEN

Die exakte Berechnung des Kabelquerschnitts ist für eine sichere und effiziente Energieübertragung unabdingbar. Werden bei der Auslegung von Kabeln wichtige Parameter nicht berücksichtigt, drohen Überhitzung, Spannungsabfall und Leistungsverluste. TKD Kabel berät Anwender bei der richtigen Dimensionierung des Querschnitts und verhindert so klassische Fehler. » VON SVEN SEIBERT



Der Kabelquerschnitt entscheidet darüber, wieviel Strom eine Leitung sicher führen kann.

Bild: TKD Kabel

Kabel und Leitungen bringen elektrische Energie schnell und zuverlässig dorthin, wo sie benötigt wird. Der Größe des Kabelquerschnitts kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu: Er bestimmt, wieviel Strom ein Leiter sicher führen kann und wie stark er sich dabei erwärmt. Je größer der Querschnitt des Leiters, desto höher ist die maximale Strombelastbarkeit. Das hängt damit zusammen, dass mit zunehmendem Querschnitt auch der elektrische Widerstand der Leitung und der daraus resultierende Spannungsabfall immer geringer werden.

Ein falscher Querschnitt kann ernste Konsequenzen haben

Wie wichtig die korrekte Berechnung des Kabelquerschnitts ist, zeigt sich, wenn man sich die Folgen einer Über- oder Unterdimensionierung ansieht. Ist der Querschnitt zu klein, steigt nicht nur der elektrische Widerstand, sondern auch die Verlustleistung und damit die Temperatur. Die Resultate können eine schnell alternde Isolation, wiederkehrende

Leitungsausfälle oder ein erhöhtes Brandrisiko sein.

Fällt der Durchmesser dagegen größer aus als nötig, steigen die Materialkosten, das Gewicht des Kabels erhöht sich, und es entstehen größere Biegeradien. „Der richtige Querschnitt ist eine technische und

■ DIE VERLEGUNGSART HAT EINFLUSS AUF DIE DIMENSIONIERUNG DES KABELS. ■

wirtschaftliche Optimierung“, fasst es Robert-Alexander Sonnenberger, Digital Marketing Manager des Herstellers TKD Kabel, zusammen. „Die Devise lautet: nicht ‚so viel wie möglich‘, sondern ‚so viel wie nötig‘“

Umfangreiches Produktprogramm und technische Expertise

Das Unternehmen im nordrhein-westfälischen Nettetal gehört zu den weltweit größten Anbietern von Kabeln, Leitungen, anschlussfertigen Kabelsystemen und Kabelzubehör. Mit

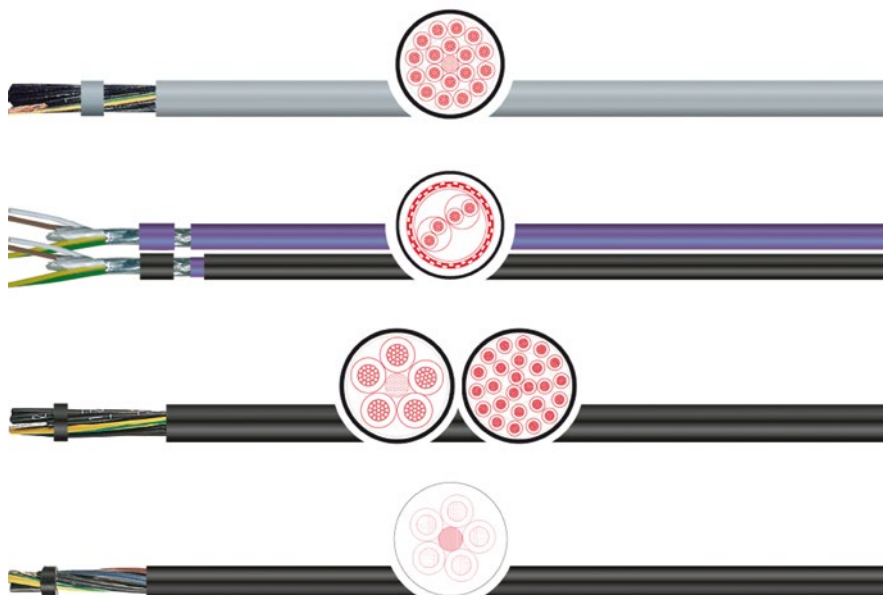
seinem großen Produktportfolio und seiner hohen technischen Expertise realisiert das Unternehmen verschiedenste Anwendungen in nahezu allen Branchen. Der Hersteller produziert nicht nur flexible Niederspannungskabel, sondern vertreibt auch eine breite Palette an Spezialkabeln und Kabelzubehör. Mit ihrem umfassenden Know-how finden die Experten für jedes Einsatzgebiet die Kabel- oder Leitungslösung, die die Anforderungen des Kunden bestmöglich erfüllt.

Anwendern stehen Kabel mit Querschnitten von 0,14 bis 300 Quadratmillimetern sowie mit zwei bis 65 Innenleitern zur Verfügung. Für die Isolierung beziehungsweise Ummantelung verwendet der Anbieter neben PVC, HF und PUR auch TPE, PE, XLPE und EPDM. Die Kabel sind mit Arbeitsspannungen von 300/300, 300/500, 450/750 oder 600/1000 lieferbar.

In vielen Kundengesprächen ist den Experten aufgefallen, dass bei der Dimensionierung von Kabelquerschnitten bestimmte Fehler immer wieder gemacht werden. „Oft wird zum Beispiel der zulässige Spannungsabfall nicht definiert“, wie Robert-Alexander Sonnenberger erläutert. „Dabei ist das eine harte Randbedingung für Funktion und Effizienz.“ Oder es wird nur die Leistung angesetzt, aber nicht der tatsächlich fließende Strom. Die Umgebungsbedingungen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle, werden aber oft vernachlässigt.

Online-Tool ermöglicht erste Einschätzung

Die optimale Größe des Kabelquerschnitts richtet sich unter anderem nach der konkreten Anwendung, dem Einsatzgebiet und der Stromstärke, die durch das Kabel fließen soll. Auch die Verlegungsart hat Einfluss auf die Dimensionierung des Kabels: Wird es unter Putz, in einem Leerrohr oder in einem Schacht verlegt? Mit einem neuen Kabelquer-



Die Experten unterstützen Kunden dabei, Kabel und Leitungen für ihre Anwendung richtig zu dimensionieren.

Bild: TKD Kabel

schnittsrechner auf seiner Website liefert das Unternehmen erste Hinweise, welcher Kabeltyp mit welchem Durchmesser für die jeweilige Anwendung geeignet sein könnte.

Für die Querschnittsberechnung wählen Konstrukteure einfach das gewünschte Kabelmaterial aus (Kupfer, Aluminium o.ä.), tragen Leistung, Spannung und die vorgesehene Länge ein und erhalten dann den erforderlichen Kabelquerschnitt in Quadratmillimetern. Der Rechner nimmt einen Standard-Spannungsabfall von drei Prozent an und gibt den Querschnitt auf Wunsch mit direkter AWG-Umrechnung aus.

IN FÜNF SCHRITTEN ZUM OPTIMALEN KABELQUERSCHNITT

Die Spezialisten von TKD Kabel empfehlen ein standardisiertes Verfahren zur Berechnung des optimalen Kabelquerschnitts:

- **Laststrom genau bestimmen** – Nennstrom, Betriebsprofil, Anlauf
- **Randbedingungen festlegen** – Verlegeart, Temperatur, Bündelung, Leitungslänge und zulässige/r Spannungsabfall/-differenz
- **Querschnitt berechnen** – zum Beispiel mit dem Online-Rechner von TKD Kabel
- **Ergebnis verifizieren** – mit Strombelastbarkeitstabellen und Korrekturfaktoren, Schutz- und Abschaltbedingungen abgleichen
- Abschließend den **nächstgrößeren genormten Querschnitt** wählen, sinnvoll runden und sauber dokumentieren.

Weit verbreiteter Standard in Nordamerika

AWG bezeichnet den American Wire Gauge: ein standardisiertes Maßsystem, das zur Bestimmung des Durchmessers von elektrischen Drähten verwendet wird. Die logarithmisch aufgebaute Kodierung ist abgeleitet von der Anzahl der Ziehsteine, mit deren Hilfe ein definierter Querschnitt hergestellt wird. Das AWG ist in Nordamerika ein weit verbreiteter Standard. Mit der Umrechnung der Kabelquerschnitte von Quadratmillimetern in AWG können die Nutzer des Online-Rechners die geeigneten Kabeltypen auch für elektrische Installationen in internationalen Projekten auswählen, um vorgegebene Standards zu erfüllen.

BEI EINEM ZU KLEINEN QUERSCHNITT DROHT EINE ÜBERHITZUNG.

Experten unterstützen Anwender bei der Berechnung

Wichtig für den Anwender ist: Der Kabelquerschnittsrechner liefert nur einen groben Richtwert zur schnellen Ersteinschätzung. Für eine Komplettberechnung müssen weitere Parameter berücksichtigt werden – wie zum Beispiel Umgebungstemperaturen, zulässige Betriebstemperaturen oder Kabelaufbauten. Der Hersteller empfiehlt, den mithilfe des Online-Tools ermittelten Querschnitt anschließend im Zusammenhang mit den applikationsspezifischen Gegebenheiten zu bewerten und festzulegen. Das Unternehmen unterstützt Kunden dazu mit einer umfassenden Beratung sowie darüber hinaus bei technischen Fragen bezüglich der Anwendung, der Produkteigenschaften oder der Auswahl der Werkstoffe. So kann direkt von der Unternehmens-Website aus ein Chat mit einem Experten gestartet oder ein Termin zur Videoberatung vereinbart werden. Das Fazit: „Eine gute Querschnittsauslegung ist kein Hexenwerk“, sagt Robert-Alexander Sonnenberger. „Entscheidend ist, dass man mit klaren Annahmen und sauberen Randbedingungen arbeitet.“

« KIS

Sven Seibert ist Senior Product Manager bei TKD Kabel.



TKD Kabel unterstützt Anwender seines Kabelquerschnittsrechners bei der Planung internationaler Projekte und gibt die Werte auf Wunsch inklusive AWG-Umrechnung aus.

Bild: © Magnifier/stock.adobe.com; TKD Kabel



HELU OPTIMIERT DREH- MASCHINEN VON GURUTZPE

Effizienzsprung im Großmaschinenbau: Der spanische Hersteller Gurutzpe setzt bei seinen riesigen CNC-Drehmaschinen auf vorkonfektionierte Energieketten und Leitungen von HELU. Die maßgeschneiderten Lösungen reduzieren die Montagezeit um 40 Prozent und garantieren eine fehlerfreie Inbetriebnahme. So bietet HELU maximale Prozesssicherheit für hochpräzise Anwendungen in der weltweiten Schwerindustrie – von der Stahlproduktion bis zur Luftfahrt.

» VON MATTHIAS REISER

Wenn es um die hochpräzise Bearbeitung von Großteilen geht, führt in Europa kaum ein Weg an Gurutzpe vorbei. Das 1955 gegründete Unternehmen mit Sitz im baskischen Deba ist spezialisiert auf die Entwicklung und Fertigung von großdimensionierten CNC-Drehmaschinen. Die Kunden kommen aus unterschiedlichsten Branchen: Stahlproduktion, Energieerzeugung, Schiff- und Schienenfahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt oder Papier- und Zellstoffindustrie.

95 Prozent der Produktion gehen ins Ausland, etwa in die USA, nach China, Deutschland und Frankreich. „Unsere Maschinen werden überall dort eingesetzt, wo höchste Präzision und Zuverlässigkeit bei der Bear-

beitung großer und schwerer Bauteile gefordert sind“, erklärt Joaquín Orbegoza, Leiter Elektrotechnik.

Transportgerecht konstruiert

Die CNC-Drehmaschinen von Gurutzpe sind komplexe Systeme mit zahlreichen Automatisierungskomponenten, die mit der zentralen Steuerung verbunden werden müssen. Aufgrund ihrer Größe werden sie für den Transport in einzelne Module zerlegt und am Zielort wieder montiert. Das bedeutet: Alle elektrischen Verbindungen müssen sich schnell und fehlerfrei trennen und wiederherstellen lassen.

„Bei Maschinen mit bis zu 20 Metern Verfahrweg und Einsatzumgebungen, in denen Öl, Metallspäne oder andere Belastungen



Modularer Aufbau für den Weltmarkt: Die riesigen CNC-Drehmaschinen werden für den Transport in einzelne Module zerlegt. Vorkonfektionierte HELU-Leitungen ermöglichen am Zielort eine schnelle und fehlerfreie Montage.

Die CNC-Drehmaschinen von Gurutzpe sind komplexe Systeme mit zahlreichen Automatisierungskomponenten, die über maßgeschneiderte Energieführungsketten von HELU sicher vernetzt werden.

Alltag sind, brauchen wir robuste, flexible und normgerechte Lösungen“, betont Konstrukteur Andoni Elosua. Besonders kritisch sind dabei Energieführungsketten, in denen Leitungen mechanischer Beanspruchung wie Biegung, Zug und Abrieb ausgesetzt sind.

Passgenaue Lösungen aus einer Hand

Seit mehr als drei Jahrzehnten vertraut Gurutzpe auf die Expertise der spanischen HELU-Tochter Urkunde. Aus der Lieferung einzelner Leitungen entwickelte sich eine Partnerschaft, bei der Urkunde heute komplette, vorkonfektionierte Energieführungs-lösungen liefert – exakt zugeschnitten auf die Anforderungen der jeweiligen Maschine.

HELU LIEFERT MASSGESCHNEIDERTE ENERGIEFÜHRUNGSSYSTEME FÜR DIE XXL-DREHMASCHINEN VON GURUTZPE. DURCH DIE ENGE KOOPERATION VERKÜRZT DER MASCHINENBAUER SEINE INSTALLATIONSZEITEN UM RUND 40 PROZENT.

Für das aktuelle Projekt kamen geschlossene Hybrid- und Stahl-Energieführungsketten der Typen Heluchain Hybrid Link 4-PL und 4-SL von HELU zum Einsatz. Sie sind selbst in rauer Einsatzumgebung widerstandsfähig und schützen die darin verlegten Leitungen vor äußeren Einflüssen wie Staub und Spänen. Auch verhindert die stabile Führung,



Im engen technischen Austausch: Gurutzpe vertraut bereits seit mehr als drei Jahrzehnten auf das Know-how von Urkunde, der spanischen HELU-Tochtergesellschaft.

Bilder: HELU

dass Kabel bei der Bewegung der Maschinen eingeklemmt oder abgeknickt werden. Das erhöht die Betriebssicherheit und minimiert den Wartungsaufwand.

In den Ketten sind unter anderem die Topserv 109 PUR-Servoleitungen für stabile Energieversorgung von Servomotoren verbaut. Diese sind hochflexibel, ölbeständig und eignen sich ideal für den dauerbewegten Einsatz in Werkzeugmaschinen. Auch die Steuer- und Anschlussleitung Heluchain Multispeed 522-TPE UL/CSA ist speziell für dynamische Bewegungen ausgelegt. Sie ermöglicht selbst bei hohen Beschleunigungen eine zuverlässige Energieübertragung über lange Verfahrwege hinweg.

Für eine präzise Signalübermittlung sorgt die Geberleitung Topgeber 512 PUR. Ihr Mantel aus Polyurethan ist mechanisch äußerst belastbar und beständig gegen Öle, Kühl- und Schmiermittel – ein entscheidender Vorteil in rauen Industrieumgebungen. Die industrielle Kommunikation zwischen Steuerung und Peripherie übernehmen Profinet-

Leitungen, die für schnelle und störssichere Datenübertragung in Echtzeit ausgelegt sind.

Die Baugruppen wurden vormontiert und vorkonfektionierte geliefert, sodass sie vor Ort lediglich angeschlossen werden mussten. „Das spart uns nicht nur wertvolle Zeit, sondern verhindert auch Verdrahtungsfehler und steigert die Nachverfolgbarkeit unserer Installationen“, erklärt Orbegozo.

HOCHWERTIGE LEITUNGEN VON HELU GARANTIEREN DEM SPANISCHEN MASCHINENBAUER EINE FEHLERFREIE INBETRIEBNAHME. DIE ROBUSTEN KOMPONENTEN SICHERN DIE PRÄZISION DER DREHMASCHINEN AUCH UNTER HÄRTESTEN INDUSTRIEBEDINGUNGEN.

Effizienzgewinn bei der Inbetriebnahme

Durch die vorkonfektionierten Energieführungsketten konnte Gurutzpe die Installationszeit um rund 40 Prozent verkürzen. Die eindeutige Kennzeichnung aller Verbindungen hat die Nachverfolgbarkeit der Verdrahtung erheblich verbessert. Bei der Inbetriebnahme liegt die Fehlerquote bei null – ein wichtiger Faktor, um enge Liefertermine einzuhalten. „Gerade bei komplexen Projekten wie diesem ist die enge Zusammenarbeit mit HELU entscheidend für unseren Erfolg“, sagt Orbegozo. **« TB**

Matthias Reiser ist Referent Unternehmenskommunikation bei HELU Kabel.



FLEXIBLE UND SKALIERBARE LÖSUNG

Die eigenen Server an der Kapazitätsgrenze, der Aufwand, um die PDM-Lösung auf den neuesten Stand zu bringen, immens – in dieser Situation entschied sich Cteam, ein führender, europäischer Dienstleister im Bau von Freileitungs- und Mobilfunkmasten, Autodesk Vault in der Cloud zu nutzen. Die Managed Solution von Cloud Tech, einer Business-Unit von Mensch und Maschine (MuM), entlastet die IT und verbessert die Produktivität in der Konstruktion. » VON ROSWITHA MENKE



Cteam hat sich auf das Engineering und den Bau von Masten spezialisiert.

Aus dem Landschaftsbild sind sie nicht mehr wegzudenken, für die Strom- und Mobilfunkversorgung sind sie unverzichtbar: Freileitungs- und Mobilfunkmasten. Die Cteam SE in Ummendorf ist seit vielen Jahren ein zuverlässiger Partner für Energieversorger, Netzbetreiber und Mobilfunkanbieter in Mitteleuropa, spezialisiert auf Engineering und Bau von Masten. Mobile Baustraßen und Notgestänge komplettieren das Angebot.

Jeder Mast ein Einzelstück

Das Unternehmen bietet verschiedene Mastreihen an. Dabei ist jeder Mast ein Einzelstück: Bodenbeschaffenheit und Witterungsverhältnisse vor Ort bestimmen die jeweilige Konstruktion. Die Cteam-Ingenieure sind für alle statischen Neu- und Nachberechnungen der Fundamente, Masten und Bauteile verantwortlich. Sie stellen Windlastvergleiche an, überprüfen die Belegungen, konstruieren Masten, Schalungen, Bewehrungen und vieles mehr.

Zentrale Datenhaltung für mehrere Standorte

Die Engineering- und Planungsteams sind an zehn Standorten in Deutschland, fünf in Österreich sowie an je einem Standort in

Luxemburg und Frankreich tätig. Zwei Rechenzentren hosten Daten und Projekte. „Wir denken in Daten, nicht in Arbeitsplätzen und Servern“, sagt Alexander Zell-Dräger, Teamleiter Infrastruktur. „Alle Informationen müssen den Teammitgliedern schnell und sicher zur Verfügung stehen.“

Produktdatenverwaltung mit Vault

Cteam hatte sich für Autodesk Vault als PDM-System entschieden, als Autodesk Inventor für die 3D-Konstruktion eingeführt wurde. Vault lief auf den eigenen Servern, die Datenverwaltung funktionierte problemlos, die Mitarbeitenden waren begeistert – etwa anderthalb Jahre lang. Dann wurden die Antwortzeiten länger, die Beschwerden häufiger.

IT-Abteilung unter Druck

Dafür gab es zwei Gründe: Zum einen war die Hardware an ihre Grenzen gekommen – der verfügbare Speicherplatz war belegt. Der zweite Grund war ein Dilemma, das viele Unternehmen kennen: Es fehlt die Zeit, Updates vor dem Ausrollen zu testen. Darum verzichteten IT-Abteilungen darauf, Updates oder Patches zu installieren, solange das System einwandfrei läuft. Doch irgendwann führen die veralteten oder Bug-behafteten Programmversionen zu Problemen, und der Aufwand, das System zu aktualisieren, ist immens. „Für uns waren zwei Dinge klar: Erstens waren wir genau in diese Falle gegangen. Und zweitens: Wir würden auch künftig nicht über die Kapazität verfügen, unsere Vault-Installation zu pflegen“, sagt Alexander Zell-Dräger.

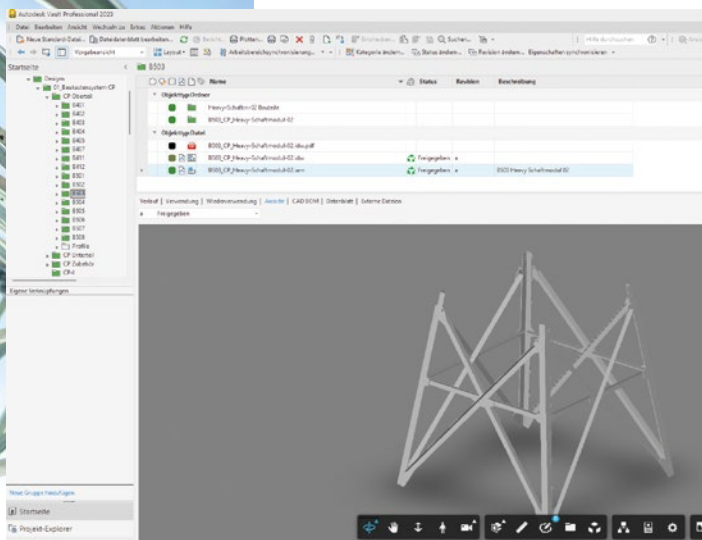
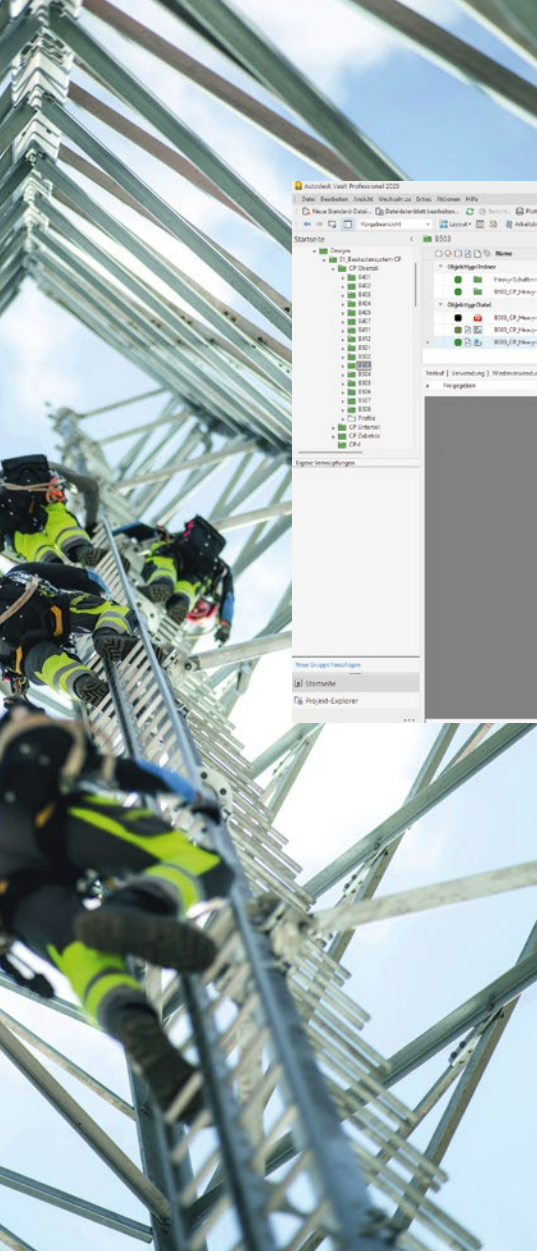


Alexander Zell-Dräger, Teamleiter Infrastruktur, hat dank der Lösung von Cloud Tech mehr Zeit für andere Aufgaben. Bilder: Cteam

Positive Erfahrungen mit der Cloud

Ein Unternehmen, das „in Daten denkt“, kennt mögliche Lösungen, und so war die Cloud-Thematik schnell auf dem Tisch. Schließlich befanden sich die Postfächer der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen längst in der Cloud; die Daten waren dort sicher, rund um die Uhr und von überall her verfügbar, und die Performance der Lösung war hoch.





Das PDM-System macht die Abstimmung schon während der Konstruktion möglich.

Vault Server und die Applikation – von der Implementierung der Cteam-Vault-Umgebung über die regelmäßige Datensicherung bis zum Einspielen von Patches. Die Applikationsingenieure von MuM nehmen größere Updates vor. Die Lösung ist flexibel skalierbar; so sind auch Speicherplatz- und resultierende Performanceprobleme ausgeschlossen.

**» EINE PDM-LÖSUNG
SAMT CAD-DATEN IN DIE
CLOUD ZU ÜBERNEHMEN IST
EINE GRÖßERE AUFGABE. «**

ALEXANDER ZELL-DRÄGER,
TEAMLEITER INFRASTRUKTUR BEI CTEAM

Doppelte Kompetenz gefordert

„Eine PDM-Lösung samt CAD-Daten in die Cloud zu übernehmen, ist jedoch eine größere Aufgabe“, erzählt Alexander Zell-Dräger. „Wir benötigten darum einen Anbieter, der neben CAD- und PDM-Wissen auch über Cloud-Kompetenzen verfügt.“ Cteam brauchte nicht lange zu suchen: MuM ist seit mehr als zehn Jahren als CAD-Lieferant an Bord, das Team hatte sich auch bei der Vault-Einführung bewährt. Die neue Business-Unit Cloud Tech spezialisiert sich auf Cloud-Lösungen für CAD- und PDM-Anwendungen und ist genau der richtige Partner für Cteam.

Administration auslagern

Das Unternehmen entschied sich für eine sogenannte Managed Solution. Dabei kümmert sich Cloud Tech um die komplette Administration der Cloud-Infrastruktur für den

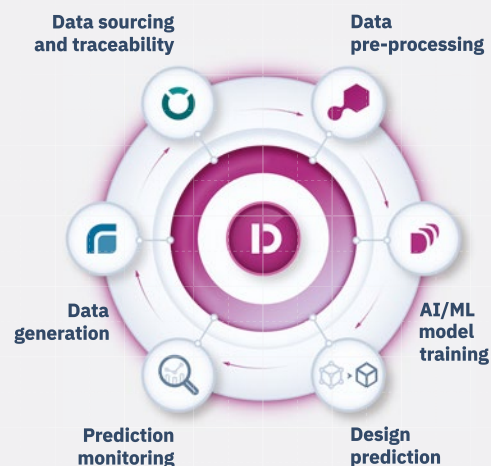
Nächster Schritt: Virtualisierung der CAD-Arbeitsplätze

„Es läuft prima“, bestätigen Alexander Zell-Dräger und seine Kolleginnen und Kollegen. Derzeit nutzt die Konstruktion sogenannte Fat Clients, das heißt, an jedem Arbeitsplatz ist ein kompletter CAD-Rechner installiert. Die Projekte werden jeweils aus der Cloud heruntergeladen, lokal bearbeitet und wieder eingeecheckt. Doch der nächste Schritt ist schon in Planung: die Virtualisierung der CAD-Arbeitsplätze, damit die Mitarbeitenden künftig günstige Thin Clients, also Notebooks oder gar Tablet PCs nutzen können.

« RT

Roswitha Menke ist freie Journalistin.

AI engineering platform for instant design predictions



nDAI is the AI engineering platform for instant design predictions, sustainable AI/ML training, and data governance.

esteco.com/nDAI



FÜNF DATENPROBLEME IM CAD/CAM-PROZESS

Warum führen korrekte CAD-Modelle zu Mehraufwand in der Arbeitsvorbereitung? Die Ursache liegt selten in den Daten selbst, sondern in ihrer Interpretation. Fünf typische Datenprobleme zeigen, wo der Zusammenhang im CAD/CAM-Prozess verlorengeht. » VON JENNIFER LANG



Wenn Konstruktionsdaten nicht 1:1 in der Fertigung ankommen, beginnt die eigentliche Arbeit.

NC-Programme müssen nachgearbeitet, Referenzen überprüft und Bearbeitungen neu bewertet werden, obwohl die zugrundeliegenden CAD-Modelle geometrisch korrekt sind. Dieses Muster zeigt sich in vielen Fertigungsbetrieben immer wieder. Der zusätzliche Aufwand entsteht selten durch fehlerhafte Daten, sondern durch eine fehlende Eindeutigkeit in ihrer fertigungstechnischen Einordnung. Damit wird deutlich: Ein identischer Datenstand führt nicht automatisch zu einer eindeutigen Interpretation.

Konstruktion und Arbeitsvorbereitung: gleiche Daten, unterschiedliche Lesart

Konstruktion und Arbeitsvorbereitung greifen auf denselben Datensatz zu, verfolgen dabei jedoch unterschiedliche Ziele. Wäh-

rend in der Konstruktion die geometrische Konsistenz im Vordergrund steht, geht es in der Arbeitsvorbereitung darum, aus dem Modell eine belastbare Bearbeitungslogik abzuleiten.

UNTERSCHIEDLICHE SICHTEN AUF IDENTISCHE DATEN.

In vielen Unternehmen wird angestrebt, auf einen gemeinsamen, konsistenten Datenstand zuzugreifen. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass selbst bei identischen Daten unterschiedliche Sichten bestehen. Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und CAM benötigen jeweils andere Informationen und interpretieren denselben Datensatz aus ih-

rem jeweiligen Kontext. Allein ein gemeinsamer Datenstand reicht daher nicht aus – entscheidend ist, ob sich der Zusammenhang zwischen Modellstruktur, Referenzen und Bearbeitungsdefinition eindeutig erschließen lässt. Damit wird deutlich, dass ein identischer Datenstand nicht automatisch zu einer identischen Interpretation führt.

Warum diese Probleme strukturell entstehen

Technisch betrachtet liegt die Ursache darin, dass CAD-Modelle primär Geometrie beschreiben, während für die Fertigung zusätzlich eine eindeutige Verknüpfung von Referenzen, Bearbeitungsdefinitionen und deren Abhängigkeiten erforderlich ist. Solange diese Ebenen nicht konsistent miteinander verbunden sind, entsteht bei Änderungen oder Übergaben zwangsläufig Interpretationsbedarf. In der Praxis bedeutet dies, dass Bearbeitungslogik nicht eindeutig aus dem Datenstand abgeleitet werden kann, sondern wiederholt neu hergestellt werden muss. Gerade in Umgebungen mit variantenreicher Fertigung oder häufigen Änderungen verstärkt sich dieser Effekt deutlich.

Diese strukturelle Lücke zeigt sich im Alltag nicht isoliert, sondern in einer Reihe wiederkehrender Situationen. Daten sind vorhanden, ihre fertigungstechnische Bedeutung muss jedoch immer wieder neu erschlossen werden. Typischerweise lassen sich daraus fünf Datenprobleme beobachten:

1. Fehlende Abbildung der Fertigungslogik im Modell

CAD-Modelle enthalten vollständige Geometrie, jedoch nicht zwingend die zugrundeliegende fertigungstechnische Logik. Welche Flächen als Referenz dienen oder wie eine Aufspannung gedacht ist, bleibt häufig implizit. Für die Arbeitsvorbereitung bedeutet dies, dass diese Zusammenhänge aus dem Modell abgeleitet werden müssen. Diese Ableitung basiert

auf Erfahrung und Kontext, sie ist korrekt, aber nicht eindeutig reproduzierbar. Sobald sich Rahmenbedingungen ändern, muss dieser Zusammenhang erneut hergestellt werden.

2. Referenzsysteme sind nicht konsistent definiert

Referenzen lassen sich technisch bestimmen, sind jedoch nicht immer eindeutig an die Bearbeitungslogik gebunden. In der Praxis werden Bezugssysteme abhängig von Aufspannung, Maschine oder Bearbeitungsstrategie gewählt. Diese Entscheidungen bleiben häufig implizit und sind nicht durchgängig im Datenmodell abgebildet. Damit fehlt eine stabile Grundlage für die Weiterverarbeitung. Nicht weil Referenzen fehlen, sondern weil ihre Anwendung nicht eindeutig nachvollziehbar ist.

3. Modelländerungen sind nicht fertigungstechnisch eingeordnet

Modelländerungen zeigen, dass sich Geometrie verändert hat, nicht jedoch, welche Auswirkungen dies auf bestehende Bearbeitungen hat. Gerade bei referenzbasierten Bearbeitungen führt dies dazu, dass Änderungen im Gesamtkontext bewertet werden müssen. Die Arbeitsvorbereitung ist gezwungen, Abhängigkeiten zwischen Geometrie, Referenzen und Bearbeitungsdefinition neu zu prüfen.

4. Fertigungslogik ist nicht im Datensatz verankert

Entscheidende Informationen zur Bearbeitungslogik, etwa zur Wahl von Referenzen oder Strategien, sind häufig nicht explizit im Datenmodell enthalten, sondern im Erfahrungswissen der Betei-

ligten verankert. Solange Prozesse stabil laufen, ist dieses Wissen verfügbar. Sobald jedoch Übergaben stattfinden oder Abläufe zeitlich unterbrochen werden, fehlt die Nachvollziehbarkeit. Der Datensatz beschreibt das Ergebnis, nicht jedoch die zugrundeliegende Entscheidung.

5. Übergaben trennen Daten von ihrem Kontext

Daten werden entlang der Prozesskette weitergegeben, ihr Kontext jedoch nicht zwingend. Annahmen, Abhängigkeiten und Entscheidungslogiken sind im nächsten Prozessschritt nicht mehr unmittelbar sichtbar. Mit jeder Übergabe steigt der Interpretationsaufwand. Die eigentliche Arbeit verschiebt sich vom Planen hin zum Nachvollziehen, aus einem datengetriebenen Ablauf wird ein kontextabhängiger Prozess.

Entscheidend ist die Lesbarkeit im Prozess

Die beschriebenen Datenprobleme entstehen nicht, weil Daten fehlen oder falsch sind, sondern weil ihr Zusammenhang im Prozess nicht durchgängig erhalten bleibt. Ein stabiler CAD/CAM-Prozess setzt voraus, dass Referenzen, Abhängigkeiten und Bearbeitungslogik so im Datenmodell abgebildet sind, dass sie auch nach Änderungen und Übergaben eindeutig interpretierbar bleiben. Dies gelingt etwa mit einer integrierten CAD/CAM-Software. Sie verbindet Konstruktion (CAD) und Fertigung (CAM) in einer gemeinsamen Systemumgebung. Konstruktion und NC-Programmierung arbeiten mit denselben 3D-Daten, sodass Bearbeitungen direkt aus dem Modell abgeleitet werden. Änderungen

lassen sich dadurch konsistent und ohne Medienbrüche in die Fertigung übertragen.

Ermöglicht wird dies mit Solidworks CAM. Dabei handelt es sich um ein Add-on für Fräs- und Drehbearbeitungen, das kompatibel mit sämtlichen Solidworks-CAD-Versionen ist. Konstruktionen können so frühzeitig im Entwicklungszyklus auf ihre Fertigbarkeit

BEI ÜBERGABEN ODER UNTERBRECHUNGEN FEHLT DIE NACHVOLLZIEHBARKEIT.

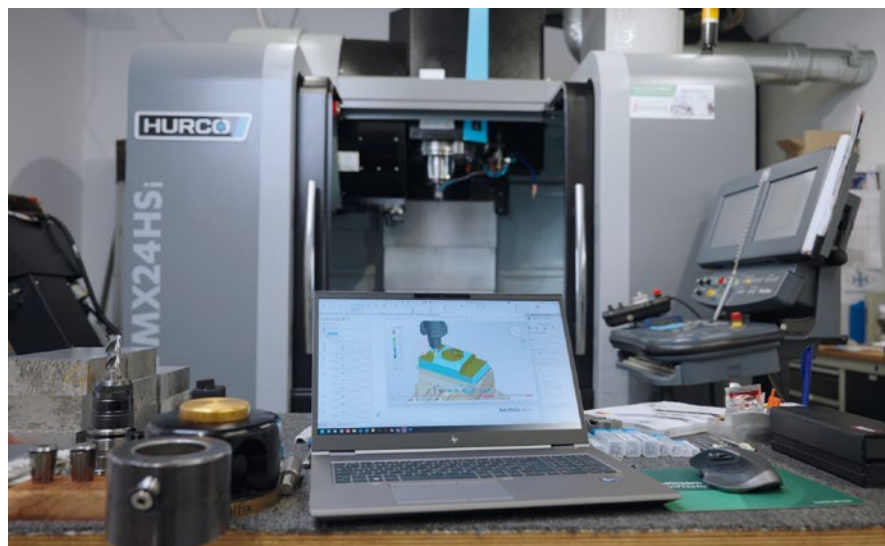
vorbereitet werden. Wartezeiten bis zum Abschluss der Konstruktion gehören damit der Vergangenheit an. Als offizieller Solidworks-Partner verfügt Bechtle PLM über ein umfangreiches Fachwissen in diesem Bereich, bietet sowohl Online- als auch On-Demand-Schulungen an und berät Kunden darüber, wie sie ihr maximales Potenzial entfalten können.

« KIS

Jennifer Lang ist Redakteurin bei Bechtle PLM.

ÜBER BECHTLE PLM DEUTSCHLAND

Bechtle PLM Deutschland ist Teil der Bechtle Gruppe, einem der größten IT-Dienstleister in Europa. Als eines der führenden PLM-Systemhäuser in Deutschland unterstützt das Unternehmen seine Kunden dabei, ihr volles Potenzial in der Produktentwicklung und Fertigung zu entfalten und sich erfolgreich im Wettbewerb zu positionieren. Mit mehr als 600 Mitarbeitenden, über 30 Jahren Erfahrung und an über 30 Standorten begleitet Bechtle PLM Unternehmen unterschiedlichster Branchen – vom innovativen Start-up über den industriellen Mittelstand bis hin zu international tätigen Fertigungsunternehmen. Zum Leistungsportfolio zählen Best-in-Class-Lösungen und -Services in den Bereichen PLM und Collaboration, Design und Engineering, Simulation und Validation, Digital Factory und Robotics, 3D Printing und Smart Manufacturing sowie Technical Communication und Sales – darunter Lösungen von Dassault Systèmes wie Solidworks, Catia, Simulia und die 3DEXPERIENCE-Plattform sowie ergänzende Software wie DriveWorks und SolidCAM.



Zwischen digitaler CAM-Planung und realer Bearbeitung klaffen oft Lücken, die Fertige kurzfristig schließen müssen.

Bilder: Bechtle PLM

OPTIMIERUNG MIT DEM DIGITALEN ZWILLING

Der Werkzeugbau von Arnold Umformtechnik nutzt bei der Programmierung der NC-Maschinen für die Herstellung von Presswerkzeugen das CAD/CAM-System HyperMILL von Open Mind. Um dabei Werkzeugbahnen weiter zu optimieren, kommen Simulationstechniken auf Basis eines digitalen Zwillings zum Einsatz. » VON WOLFGANG KLINGAUF

Das Unternehmen Arnold Umformtechnik in Forchtenberg-Ernsbach geht auf eine bereits 1898 von Louis und Carl Arnold gegründete Fabrik zurück, die zunächst Holz- und später auch Blech- und Schneidschrauben herstellte. Seit 1994 gehört das Unternehmen zur Würth-Gruppe und entwickelte sich seitdem zu einem führenden Automobilzulieferer für spezialisierte Schrauben und andere Verbindungselemente. Insbesondere im Bereich der E-Mobility bietet Arnold passgenaue Lösungen, die speziell für Leichtbaumaterialien, leitende Elemente und Akku-Packs ausgelegt sind.

Ein typisches Beispiel ist die erfolgreiche fließlochformende Schraube Flowform. Sie ermöglicht eine Blechverbindung ohne Vorloch und kommt unter anderem bei Akku-

Packs für Rahmenkonstruktion, Unterboden-deckel und Batteriedeckel zum Einsatz. Da diese Spezialschrauben mit sehr hoher Drehzahl eingeschraubt werden, weist der Antrieb eine anspruchsvolle Geometrie auf, die eine prozesssichere Montage gewährleistet. Eine Herausforderung für den im Werk Forchtenberg-Ernsbach ansässigen Werkzeugbau, der ein Umformwerkzeug liefern muss, das diese Geometrie zuverlässig und wiederholgenau erzeugt.

» MIT DER HARTBEARBEITUNG LASSEN SICH BESSERE WERKZEUGQUALITÄTEN ERREICHEN. «

DR.-ING. BASTIAN ZIMMERMANN,
ARNOLD UMFORMTECHNIK

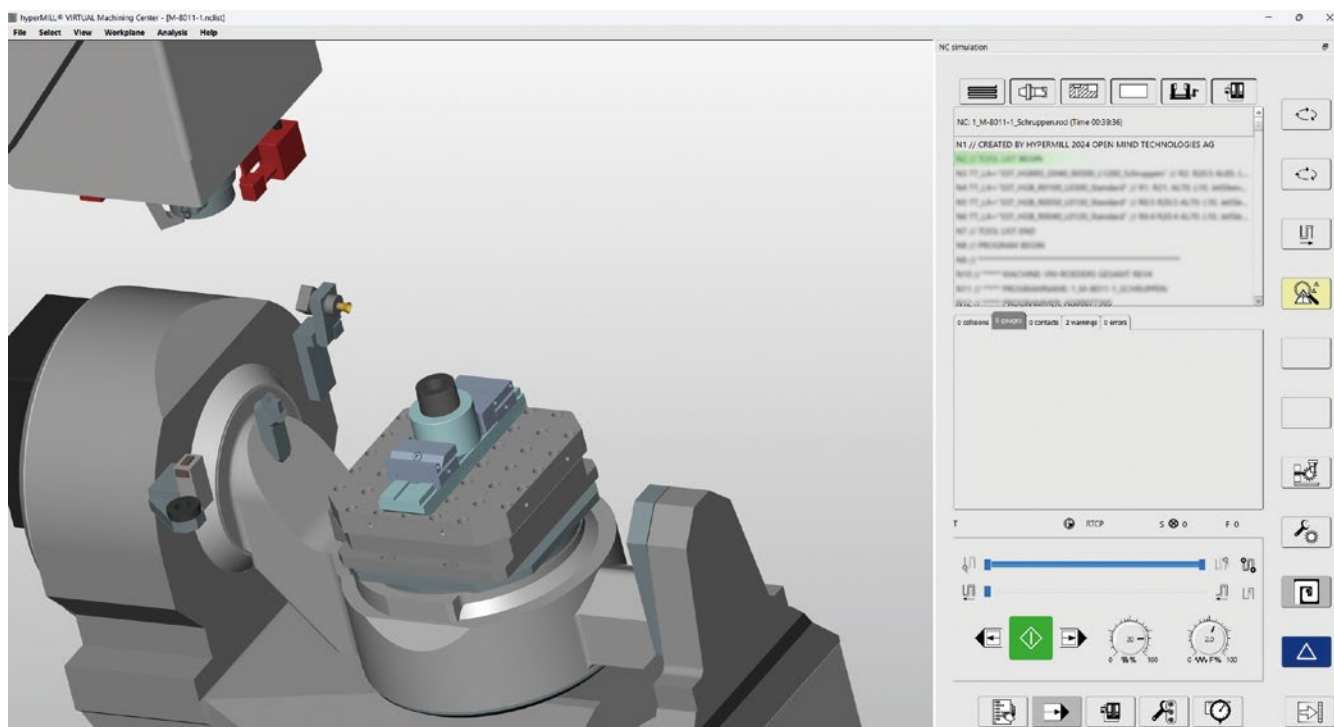
Der in Ernsbach ansässige Werkzeugbau ist dem Geschäftsbereich „Functional Components“ zugeordnet, der kundenindividuelle kaltumgeformte Multifunktionsteile herstellt. Die weiteren Geschäftsbereiche „Fastening Solutions“ und „Fastening Systems“ produzieren innovative Verbindungselemente für die Verschraubung von Metallen und Kunststoffen sowie Fügeelemente bestehend aus dem Fügeelement und der individuellen Fügeanlage. Die dafür notwendigen Kaltumformwerkzeuge und Anlagenkomponenten beziehen sie zu einem großen Teil aus dem Werkzeugbau.

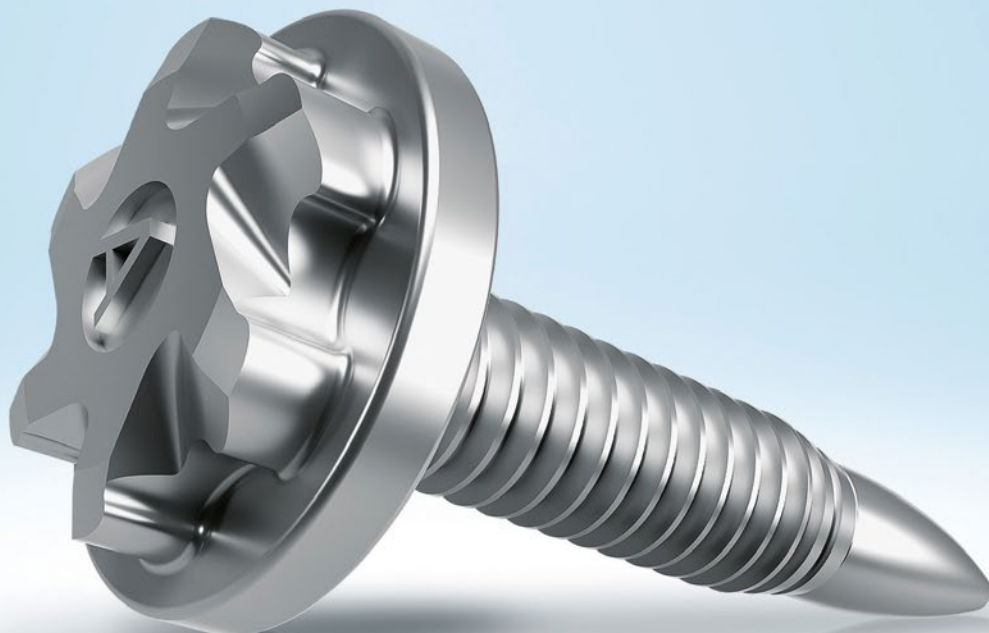
Verbesserte Umformwerkzeuge

Für Prozessverbesserungen im Werkzeugbau ist Dr.-Ing. Bastian Zimmermann verantwortlich, der organisatorisch im Bereich Design Engineering „Functional Components“ ange-

Mit HyperMILL Virtual Machining lässt sich der NC-Code sicher generieren, optimieren und simulieren. Das sorgt für eine durchgängige Prozesssicherheit.

Bild: Open Mind





Die fließlochformenden Schrauben Flowform und Flowform Plus ermöglichen eine Blechverbindung ohne Vorloch. Sie werden besonders gerne bei Akku-Packs verwendet und sorgen derzeit für wachsende Absatzzahlen.

Bild: Arnold Umformtechnik

siedelt ist. Seine Zuständigkeit beschreibt er so: „Ich bin ein Bindeglied zwischen Konstruktion, Werkzeugbau und Presserei. Meine Aufgabe besteht in erster Linie darin, den Umformprozess hinsichtlich Stabilität, Reproduzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu optimieren. Das heißt jedoch häufig, dass die gesamte Prozesskette inklusive der Herstellung der Umformwerkzeuge analysiert und angepasst werden muss.“ Der Umformtechnik-Spezialist gibt ein Beispiel: „Wenn wir die Riefenrichtung, die aus den Werkzeugbahnen bei der Herstellung des Umformwerkzeugs resultieren günstig anlegen, lässt sich sowohl eine bessere Ausformung am Umformteil als auch eine Erhöhung der Standmengen erreichen.“

MIT EINER NEUEN MASCHINE IST ES NICHT GETAN. EBENSO WICHTIG IST ES, DIE PASSENDE INFRASTRUKTUR ZU SCHAFFEN.

Womit er ein wesentliches Ziel seines Engagements benennt: „Um Produktionsprozesse in der Presserei kalkulierbarer zu gestalten und pro Umformwerkzeug höhere Stückzahlen zu erzielen, müssen wir gezielt Unterstützung aus dem Werkzeugbau leisten. Insbesondere vor dem Hintergrund wachsender Bedarfe, wie wir sie beispielsweise bei unseren Flowform-Schrauben sehen.“



Die modulare CAD/CAM-Komplettlösung HyperMILL von Open Mind überzeugt im Arnold-Werkzeugbau unter anderem durch die vielzähligen 5-Achs-Strategien und den Möglichkeiten der virtuellen Maschine.

Bild: Open Mind

Bastian Zimmermann ist seit drei Jahren bei Arnold beschäftigt. Eine seiner ersten Aufgaben war die Anpassung des Maschinenparks an die zukünftigen Anforderungen. So ergänzt inzwischen ein HSC-Bearbeitungszentrum fürs fünfachsiges Hartfräsen die klassischen Maschinen fürs Fräsen, Drehen, Schleifen und Erodieren. „Mit der Hartbearbeitung lassen sich bessere Werkzeugqualitäten erreichen“, erklärt Zimmermann. „In vielen Fällen sparen wir uns ergänzendes Schleifen oder manuelle Nachbearbeitung. Außerdem ermöglicht die 5-Achs-Bearbeitung komplexe Konturen, die bisher wirtschaftlich nicht realisierbar waren.“

Das CAM-System – wichtiges Element in der Prozesskette

Doch mit einer neuen Maschine ist es nicht getan. Ebenso wichtig ist es, die passende Infrastruktur zu schaffen. Im Falle Arnold-Werkzeugbau hieß dies, die CAM-Programmierung an die aktuellen Zerspanungstechnologien anzupassen. Die bisherige Software konnte keine Frässtrategien anbieten, die auf einem Hochpräzisions-Bearbeitungszentrum (BAZ) die gewünschten Qualitäten erzeugten. Auch hinsichtlich der Prozesssicherheit sahen die Werkzeugbauer Verbesserungsbedarf.

„Wir haben verschiedene CAM-Anbieter eingeladen, uns ihre Software zu präsentieren“,



Design Engineer Dr.-Ing. Bastian Zimmermann (links) und der Tooling-Milling-Spezialist Tim Blechl (2. v. l.) von Arnold Umformtechnik sind mit HyperMILL und HyperMILL Virtual Machining sehr zufrieden. Mit ihnen freuen sich Open-Mind-Gebietsvertriebsleiterin Gabriele Widera und ihr für die technische Beratung zuständiger Kollege Samuel Becker.

Bild: Open Mind

berichtet Zimmermann. Dabei ging es im Wesentlichen ums fünfachsiges Hartfräsen. Aber auch die Programmiermöglichkeiten fürs Drehen und Erodieren sahen sich die Werkzeugbauer genau an. „Mit dem neuen CAM-System wollten wir uns die Option offenhalten, eine einheitliche Programmierung aller Zerspanungsprozesse zu realisieren“, erwähnt Zimmermann.

» ANHAND EINES BAUTEILS KONNTEN WIR UNS GLEICH VON DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER LÖSUNG HYPERMILL ÜBERZEUGEN. «

TIM BLECHL, ARNOLD UMFORMTECHNIK

Schnell und sicher

Tim Blechl, gelernter Industriemechaniker, war eine der in den Entscheidungsprozess eingebundenen Personen. „Die von Open Mind gebotene Präsentation war beeindruckend. Anhand eines Bauteils konnten wir uns gleich von der Leistungsfähigkeit der CAD/CAM-Lösung HyperMILL überzeugen. Die Versuche im Hartfräsen fanden während einer Testphase vor der Entscheidung über die Einführung von HyperMILL statt. Dabei erzielten wir deutlich bessere Oberflächen als

je zuvor. Auch die Bedienung der Software erschien mir von Anfang an sehr selbsterklärend und intuitiv.“ Die Vielzahl der 5-Achs-Strategien, die Möglichkeiten der virtuellen Maschine und die verfügbaren Module für andere Zerspanungstechnologien trugen letztendlich dazu bei, dass die Entscheidung zugunsten HyperMILL fiel.

Seit November 2022 arbeitet nun Tooling-Milling-Spezialist Blechl mit HyperMILL. Der Umstieg auf die neue CAM-Software fiel ihm leicht. Mit „seiner“ Maschine, einem 5-Achs-BAZ von Hermle war er bestens vertraut, sodass er sich im Wesentlichen auf die neue Software konzentrieren konnte. Die Vielfalt der Lösungsmöglichkeiten, die HyperMILL bereitstellt, bezeichnet er als einzigartig: „Ich kann jede Bearbeitung mit verschiedenen Strategien angehen und ausprobieren, welche am besten funktioniert. Gerade im 5-Achs-Bereich ist das von großem Vorteil, da ich damit fürs Pressen vorteilhafte Fräsbahnen wählen kann.“

Im Werkzeugbau werden auch größere Teile für die Bereiche Instandhaltung, Anlagen- und Anwendungstechnik sowie Additive Manufacturing von Arnold Umformtechnik zerspannt und fertigbearbeitet. Dafür nutzt Blechl die Funktionen des Performance-Pakets HyperMILL Maxx Machining. Sein Fazit: „Das Schruppmodul fürs Trochoidalfräsen und das Schlichtmodul sparen uns viel

Zeit, sowohl beim Programmieren als auch beim Fräsen. Es ist eben ein Unterschied, ob ich eine größere Fläche mit einem Zehner-Kugelfräser in 0,1-Millimeter-Schritten abteile oder mit dem konischen Tonnenfräser fünf Millimeter zustelle. So konnten wir bei einem Bauteil das Schlichten von 24 Stunden auf knappe fünf Stunden verkürzen.“

Prozesssicherheit und mehr

Da eine sichere Simulation insbesondere in der fünfachsigem Bearbeitung unentbehrlich ist, entschlossen sich die Arnold-Werkzeugbauer, auch in HyperMILL Virtual Machining zu investieren – für das Hermle-BAZ, aber auch für die beiden anderen 5-Achs-Bearbeitungszentren. Gabriele Widera, Gebiets-

» DAS SCHRUPPMODUL FÜRS TROCHOIDALFRÄSEN UND DAS SCHLICHTMODUL SPAREN UNS VIEL ZEIT, SOWOHL BEIM PROGRAMMIEREN ALS AUCH BEIM FRÄSEN. «

vertriebsleiterin bei Open Mind erklärt: „Mit HyperMILL Virtual Machining bieten wir eine Technologie, mit der Anwender den NC-Code sicher generieren, optimieren und

simulieren können. Und das alles in nur einem System. Das sorgt für Durchgängigkeit und Sicherheit.“ Dem stimmt Timm Blechl voll und ganz zu: „Die Software erkennt mithilfe eines digitalen Zwillings und des Optimizer-Moduls gefährliche Situationen während der NC-Code-Generierung und löst diese vollautomatisch.“ Dabei werden auch die Fräsbahnen optimiert, sodass zum Beispiel ein unnötiges Zurückfahren auf die Sicherheitsebene entfällt. Das funktioniert sehr gut und spart viel Zeit und somit auch Geld.“

Präzise gesteuert

Die jüngste Anschaffung im Arnold-Werkzeugbau ist eine fünfschneidige HSC-Fräsmaschine, die für die Hartbearbeitung von Freiformflächen prädestiniert ist. Das Zusammenspiel von Maschine und NC-Programm sorgt dafür, dass die Anforderun-

» **HYPERMILL VIRTUAL MACHINING ERKENNT MITHILFE EINES DIGITALEN ZWILLINGS UND DES OPTIMIZER-MODULS GEFÄHRLICHE SITUATIONEN WÄHREND DER NC-CODE-GENERIERUNG UND LÖST DIESE VOLLAUTOMATISCH.** «

gen an Präzision, Oberflächengüte und Geschwindigkeit den Erwartungen der Werkzeugbauer entsprechen. So enthält HyperMILL bereits im Standard die Technologie „hochgenauer Flächenmodus“. Diese steuert die Punkteverteilung so fein, dass auf Hochpräzisionsmaschinen beste



DR.-ING. BASTIAN ZIMMERMANN, FUNCTIONAL PARTS – DESIGN ENGINEERING, ARNOLD UMFORMTECHNIK:

„Mit dem CAD/CAM-System HyperMILL besitzen wir die Option, eine einheitliche Programmieroberfläche fürs Fräsen, Bohren, Drehen und Erodieren zu nutzen.“

Bild: Open Mind

Oberflächen entstehen. Bastian Zimmermann erklärt, dass jedes Arnold-Werkzeug Oberflächengüten im Bereich $R_z < 4 \mu\text{m}$ beziehungsweise $R_a < 0,3 \mu\text{m}$ einhalten muss: „Die geforderten Werte können wir im Zusammenspiel der Maschine, dem Zerspanungswerkzeug und HyperMILL prozesssicher einhalten und sparen damit nachfolgende Arbeitsschritte der Oberflächenfeinbearbeitung. Mit dem Hartfräsen sind wir insgesamt kostengünstiger geworden. Darüber hinaus erzielen wir eine höhere Standzeit der Umformwerkzeuge.“

Höchste Präzision und Oberflächengüte

Tim Blechl betreut die neue HSC-Fräsmaschine seit ihrer Inbetriebnahme. Nachdem er sich am Hermle-BAZ mit HyperMILL vertraut gemacht hat, kann er seine Erfahrungen jetzt mit der neuen Hartfrästechnologie verknüpfen. „Was bei Open Mind ebenfalls toll funktioniert, ist der Support“, betont der Frässpezialist. „Das durfte ich schon in

Zusammenhang mit der Hermle erleben. Jetzt beim Hartfräsen auf der HSC-Fräsmaschine tauchen auch immer wieder knifflige Fragen auf, mit denen ich mich jederzeit an den Open-Mind-Support wenden kann. Wenn ich die Problemstellungen ins Kundenportal eingebe, erhalte ich kurzfristig Lösungsvorschläge.“

Darüber hinaus lobt er die Zusammenarbeit mit Samuel Becker, seinem technischen Ansprechpartner bei Open Mind: „Wenn es Anwendungsprobleme gibt, ist er schnell vor Ort und hilft uns mit seiner Expertise.“ So auch beim Thema Prägwerkzeuge. Früher war ein enormer Aufwand in der konstruktiven Auslegung des Werkzeugs erforderlich. Nur so ließen sich die feinen Prägestrukturen so einarbeiten, dass sie am gepressten Teil die geforderte geometrische Genauigkeit und eine ausreichend hohe Standmenge erreichten. Dazu mussten den späteren Fräsbahnen entsprechend Flächen im CAD-System konstruiert werden, um die Erkennung im CAM-System zu gewährleisten.

„In HyperMILL können wir das mit der 3D-Restmaterialbearbeitung einfach und mit minimaler konstruktiver Vorbereitung erledigen“, erklärt Samuel Becker.

„Es geht voran“, resümiert Bastian Zimmermann. „Wir erreichen heute Standmengen, die um einen Faktor von bis zu 20 höher liegen. Die neuen Prozesse, wie die Hartbearbeitung und die inzwischen erreichbaren Genauigkeiten, eröffnen auch unserer Konstruktionsabteilung neue Perspektiven. Dadurch können wir künftig Werkzeuge und die damit verbundenen Umformprozesse neugestalten. So sind wir gut für die Zukunft aufgestellt.“

« RT



TIM BLECHL, TOOLING-MILLING-SPEZIALIST BEI ARNOLD UMFORMTECHNIK:

„HyperMILL Virtual Machining bietet mehr als eine reine NC-Code-Simulation. Mithilfe eines digitalen Zwillings und des Moduls Optimizer erkennt das System bei der NC-Code-Generierung gefährliche Situationen, löst und umgeht diese vollautomatisch. Dabei werden auch die Fräsbahnen optimiert, sodass etwa ein unnötiges Zurückfahren auf Sicherheitsebene entfällt.“

Bild: Open Mind

Wolfgang Klingauf ist freier Journalist bei k+k-PR.



AAS und DPP:
Bausteine für die
Industrie der Zukunft.

BAUSTEINE FÜR DIE INDUSTRIE DER ZUKUNFT

Die industrielle Transformation lebt von Daten, die eindeutig identifizierbar und interoperabel nutzbar sind. Technologien und Standards wie digitale Zwillinge, Verwaltungsschalen (AAS), IEC 61406 und der Digitale Produktpass verbinden physische Produkte mit ihrer digitalen Identität über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Gemeinsam schaffen sie die Grundlage für transparente, nachhaltige und datengetriebene Wertschöpfungsketten in der Industrie 4.0. » **VON BENEDIKT RAUSCHER**

Die Industrie befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel: Produkte, Maschinen und Anlagen werden zu „sprechenden“ Objekten, die ihre Identität, ihren Zustand und ihre Historie digital mitführen. Zentrale Bausteine dieser Transformation sind der digitale Zwilling, die Verwaltungsschale (Asset Administration Shell, AAS), der Standard IEC 61406, der Digitale Produktpass (Digital Product Passport, DPP) und Initiativen wie DPP4.0 des VZEI. Zusammen genommen bilden sie das Fundament für transparente, nachhaltige und interoperable Wertschöpfungsketten.

Der digitale Zwilling – das virtuelle Ebenbild

Der digitale Zwilling ist das digitale Abbild eines physischen Produkts, einer Maschine oder eines ganzen Systems. Er entsteht, indem relevante Daten über den gesamten Lebenszyklus hinweg erfasst, verknüpft und nutzbar gemacht werden. Typische Eigenschaften eines digitalen Zwillings:

- Virtuelle Repräsentation: Abbildung von Struktur, Funktionen und Verhalten eines Assets;
- Lebenszyklusblick: Von Entwicklung und Produktion über Betrieb und Service bis zum Recycling;
- kontinuierliche Aktualisierung: Durch Sensorik, Betriebsdaten, Wartungsberichte etc.;
- Nutzungsfokus: Simulation, Optimierung, vorausschauende Wartung, neue Geschäftsmodelle

Der Begriff „digitaler Zwilling“ ist allerdings eher ein Konzept als eine fest definierte Norm. Unterschiedliche Anbieter interpretieren und implementieren ihn unterschiedlich – von einfachen Dashboards bis hin zu hochintegrierten Simulationsumgebungen.

Verwaltungsschale (AAS): standardisierte Hülle für Informationen

Um digitale Zwillinge interoperabel zu machen, braucht es eine einheitliche Struktur für Daten und Funktionen. Hier setzt die

Verwaltungsschale (Asset Administration Shell, AAS) aus dem Kontext von Industrie 4.0 an. Die AAS ist:

- eine standardisierte digitale Repräsentation eines Assets (Produkt, Maschine, Software, Dienstleistung);
 - ein Daten- und Funktionscontainer, der alle relevanten Informationen zum Asset strukturiert bündelt;
 - technologie- und herstellernerneutral, aber maschinenlesbar und klar modelliert
- In der AAS werden Informationen in Submodelle gegliedert, zum Beispiel:
- Nameplate (Stammdaten wie Hersteller, Typ, Seriennummer)
 - technische Daten
 - Betriebsdaten und Zustände
 - Wartung und Service
 - Nachhaltigkeit (Materialien, Energieverbrauch, CO₂-Fußabdruck)

Die Verwaltungsschale bildet damit die Basis-Infrastruktur für digitale Zwillinge: Sie legt fest, wie Daten beschrieben und bereitgestellt werden, nicht wo und wie sie visualisiert oder analysiert werden.

AAS und digitaler Zwilling – keine Konkurrenz, sondern Teamwork

Der digitale Zwilling und die AAS sind komplementär: Die AAS liefert die standardisierte, interoperable Datenstruktur mit Schnittstellen und der digitale Zwilling nutzt diese Daten, um Mehrwert zu schaffen – etwa durch Simulation, Analytics oder Prozessoptimierung. Praktisch bedeutet das: Ein Hersteller beschreibt seine Maschine mit einer AAS, inklusive standardisierter Submodelle. Ein Betreiber kann diese Informationen in seine Plattform einbinden und daraus Digital Twins für ganze Anlagen oder Standorte aufbauen. So wird Multi-Vendor-Interoperabilität möglich – eine Schlüsselvoraussetzung für offene Ökosysteme.

IEC 61406 – Eindeutige Identifikation von Assets

Damit Verwaltungsschalen, digitale Zwillinge und digitale Produktpässe zuverlässig zusammenarbeiten, braucht jedes physische Objekt eine eindeutige, global eindeutige Identität. Hier setzt der Standard IEC 61406 an. Kernideen von IEC 61406:

- eindeutige Gerätekennzeichnung (Unique Identification of Assets) über den gesamten Lebenszyklus;
 - Verknüpfung zwischen physischem Typenschild (zum Beispiel QR-Code, DataMatrix) und digitalen Informationen (AAS, Dokumentation, Produktpass);
 - herstellerübergreifende, internationale Standardisierung der Identifikationslogik
- In der Praxis bedeutet das: Ein Produkt oder eine Komponente erhält eine eindeutige Kennung gemäß IEC 61406, die auf dem Gerät angebracht ist. Wird diese Kennung gescannt, kann ein System die zugehörige AAS, Dokumente und digitale Dienste eindeutig zuordnen. Damit wird die Brücke zwischen der physischen Welt und der digitalen Welt geschlagen.

Digital Product Passport – Transparenz für Nachhaltigkeit und Regulierung

Der Digitale Produktpass (Digital Product Passport, DPP) entsteht im Kontext des Europäischen Green Deal und neuer regulatorischer Vorgaben, insbesondere im Rahmen der Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte (ESPR). Ziel ist es, produktbezogene Informationen über Umwelt, Nachhaltigkeit und Zirkularität strukturiert und digital verfügbar zu machen. Typische Inhalte eines DPP:

- Materialien und Stoffe (zum Beispiel kritische Rohstoffe, gefährliche Substanzen)

- Energie- und Ressourceneffizienz
 - Reparierbarkeit, Austauschbarkeit von Komponenten
 - Wiederverwendung, Recyclingfähigkeit, Entsorgungsanforderungen
 - CO₂-Bilanz und weitere Umweltindikatoren
- Der DPP soll entlang der gesamten Wertschöpfungskette genutzt werden – von Herstellern, Zulieferern und Prüfinstitutionen über Logistik und Handel bis hin zu Betreibern, Servicepartnern und Recyclingunternehmen. Dafür braucht es ein maschinenlesbares, interoperables und skalierbares Datenmodell – genau an dieser Stelle kommen AAS und ID-Standards wie IEC 61406 ins Spiel.

DPP4.0 – die ZVEI-Initiative für den industriellen Digitalen Produktpass

Mit DPP4.0 treibt der ZVEI (Verband der Elektro- und Digitalindustrie) eine branchenspezifische, aber prinzipiell übertragbare Lösung für den Digitalen Produktpass in der Industrie voran. Ziel ist es, die regulatorischen Anforderungen der EU pragmatisch umzusetzen und gleichzeitig Industrie-4.0-Standards zu nutzen. Zentrale Prinzipien von DPP4.0:

- AAS-basiert: Der Digitale Produktpass wird als Submodell der Asset Administration Shell umgesetzt. So lassen sich Produktpass-Informationen nahtlos in bestehende Industrie-4.0-Architekturen integrieren.
 - Nutzung von IEC 61406: Eindeutige Identifikation der Produkte als Grundlage für den zuverlässigen Zugriff auf den DPP.
 - Herstellerübergreifende Interoperabilität: Gemeinsame Datenmodelle und Semantiken, damit unterschiedliche Akteure dieselben Informationen konsistent verstehen und verarbeiten.
 - Praxisorientierte Umsetzung: Pilotprojekte, Referenzimplementierungen und Leitfäden helfen Unternehmen beim Einstieg.
- Durch DPP4.0 entsteht ein konkreter Pfad von der Norm zur Anwendung: Ein Produkt der Elektroindustrie erhält eine Kennzeichnung gemäß IEC 61406, führt eine AAS mit einem DPP4.0-konformen Submodell mit sich, und unterschiedliche Akteure – vom Maschinenbauer bis zum Recycler – können diese Informationen automatisiert auslesen und nutzen.

Zusammenspiel der Bausteine – vom Gerät zum Ökosystem

Setzt man die genannten Konzepte zusammen, ergibt sich ein schlüssiges Gesamtbild:

1. IEC 61406 sorgt für die eindeutige Identität von Produkten und Komponenten.

2. Die Verwaltungsschale (AAS) stellt die standardisierte digitale Repräsentation des Assets bereit.
3. In der AAS werden unterschiedliche Submodelle hinterlegt – etwa für Stammdaten, technische Daten, Lifecycle-Informationen und Nachhaltigkeitsdaten.
4. Der Digitale Product Passport wird als AAS-Submodell (zum Beispiel nach DPP4.0) umgesetzt und transportiert regulatorisch geforderte Transparenzinformationen.
5. Auf Basis dieser strukturierten Informationen entstehen digitale Zwillinge, die nicht nur technische, sondern auch ökologische und regulatorische Aspekte berücksichtigen.



IEC 61406: Eindeutige Identifikation von Produkten.
Bilder: Pepperl+Fuchs

So wird es möglich, wertschöpfungsübergreifende, datengetriebene Geschäftsmodelle zu etablieren – vom zustandsorientierten Service über automatisierte Compliance-Prüfungen bis hin zu zirkulären Wertschöpfungsketten.

Bausteine frühzeitig integrieren

Digitale Zwillinge, Verwaltungsschalen, IEC 61406, Digitale Produktpässe und Initiativen wie DPP4.0 markieren den Übergang von isolierten Dateninseln hin zu vernetzten, standardisierten Datenräumen. Unternehmen, die diese Bausteine frühzeitig in ihre Produkt- und Datenstrategien integrieren, schaffen die Grundlage für Regulierungssicherheit, Effizienzgewinne und neue digitale Services in einer zunehmend nachhaltigkeitsorientierten Industrie. « RT

Benedikt Rauscher ist Senior Manager External Collaboration, Digital Innovation Office, bei Pepperl+Fuchs.

GENERATIVE ECONOMY: DIE NATUR STEHT PATE

Unsere Wirtschaft steht an einem Wendepunkt. Ressourcen sind begrenzt, Klima und Biodiversität stehen unter Druck, klassische Wachstumsmodelle stoßen an ihre Grenzen. Die Generative Economy eröffnet die Chance, die Wirtschaft von morgen regenerativ, resilient und innovationsgetrieben zu gestalten. Technologien wie virtuelle Zwillinge spielen dabei eine Schlüsselrolle. » **VON SABINE SCHEUNERT**

Klimakrise, Ressourcenknappheit, digitale Transformation – die Herausforderungen unserer Zeit verlangen ein radikales Umdenken. Die generative Wirtschaft zeigt, wie Unternehmen Wachstum, Innovation und Nachhaltigkeit verbinden können. Mit virtuellen Zwillingen, Kreislaufwirtschaft und neuen Vernetzungsprinzipien entstehen Systeme, die regenerativ, resilient und zukunftsfähig sind. Wer heute handelt, gestaltet die Welt von morgen aktiv mit.

Überschwemmungen, Dürren, Artensterben – die Folgen des Klimawandels sind längst Realität. Eine der zentralen Ursachen liegt in unserem Wirtschaftssystem selbst: Wachstum um jeden Preis, Konsum ohne

Grenzen, Ressourcenverbrauch ohne Balance. Dieses Modell hat uns Wohlstand gebracht, aber auch ökologische Schulden in unvorstellbarem Ausmaß. Es ist Zeit für einen fundamentalen Wandel: hin zu einer generativen Wirtschaft, die mehr zurückgibt, als sie verbraucht. Die nicht zerstört, sondern erneuert.

Die traditionelle Wirtschaft gleicht einem einseitig bewirtschafteten Monokultur-System: effizient, aber fragil. Sie maximiert kurzfristige Erträge, doch dies passiert auf Kosten der Vielfalt und Widerstandsfähigkeit. Die

**MIKROALGEN IN GLAS-
FASSADEN WANDELN SONNENLICHT
IN BIOSTROM UM.**

Generative Economy dagegen ist wie ein lebendiges Ökosystem: vernetzt, lernfähig, selbstregulierend. Wissen, Ideen und Ressourcen zirkulieren, und was an einer Stelle entsteht, nährt das Ganze.

Chancen der Generative Economy

Was nach Zukunft klingt, wird heute längst umgesetzt. Forschende entwickeln selbstheilenden Beton, der Risse eigenständig repariert – dank spezieller Bakterien, die Kalk bilden, sobald sie mit Wasser und Sauerstoff in Kontakt kommen. Das Ergebnis: längere Lebenszyklen, weniger Wartung, weniger Ressourcenverbrauch. Oder das Myzel, das feine Wurzelnetzwerk von Pilzen: Es wächst zu stabilen, leichten und kompostierbaren Verpackungen, die Plastik ersetzen. Es kann

Virtuelle Zwillinge des menschlichen Körpers unterstützen die Medizin schon heute – zum Beispiel bei der Behandlung von Herzkrankheiten.

Bild: Dassault Systèmes



auch zu Lederersatz, Dämmmaterial oder Innenwänden verarbeitet werden – natürlich, regenerativ, zirkulär. Und Algen? Diese Mikroorganismen können Biomasse erzeugen, CO₂ binden und Energie liefern. Inzwischen gibt es Glasfassaden, in denen Mikroalgen Sonnenlicht in Biostrom umwandeln – Architektur trifft Biotechnologie. Nachhaltigkeit, die wächst.

Die generative Wirtschaft ist kein Trend, sondern ein strategischer Wendepunkt. Sie steht für den Übergang von einer linearen zu einer regenerativen Wertschöpfung, von kurzfristiger Effizienz zu langfristiger Widerstandsfähigkeit. Dieses neue Modell schafft Wachstum, indem es natürliche, technologische und soziale Ressourcen stärkt, anstatt sie zu erschöpfen. Es gibt zahlreiche Gründe, die Prinzipien der Generative Economy zügig umzusetzen. Unternehmen, die frühzeitig auf regenerative Strategien setzen, sichern sich nicht nur ökologische Vorteile, sondern auch ökonomische Resilienz und Innovationsvorsprung. Denn Nachhaltigkeit ist längst kein Kostenfaktor mehr, sondern ein Wettbewerbsfaktor.

Auch die Europäische Kommission hat die Richtung klar vorgegeben: Bis 2040 soll

Die Generative Economy ist damit keine ferne Vision, sondern ein realistisches, zukunftsweisendes Konzept – und die logische Weiterentwicklung der Circular Economy. Sie verbindet wirtschaftliche Leistungsfähigkeit mit gesellschaftlicher Verantwortung und legt die Basis für ein Wirtschaftssystem, das dauerhaft tragfähig ist.

Technologie als Schlüssel

Im Zentrum eines generativen Wirtschaftsmodells steht das Verständnis natürlicher Kreisläufe. In der Natur entstehen aus kleinsten Bausteinen komplexe Systeme: Atome verbinden sich zu Molekülen, Moleküle zu

Simulationssoftware ermöglicht virtuelle Tests und reduziert die Fertigung kostspieliger, zeitaufwendiger Prototypen.

Bild: Dassault Systèmes



Die BMW Group arbeitet mit virtuellen Zwillingen von Fahrzeugmodellen, die kontinuierlich mit Echtzeitdaten aus der Realität gespeist werden.

Bild: BMW Group

Europa den Wandel von einer traditionellen über eine zirkuläre hin zu einer generativen Wirtschaftsweise vollziehen. Das Ziel ist ehrgeizig – und notwendig. Die kommenden fünfzehn Jahre werden entscheidend dafür sein, ob dieser Wandel gelingt, ohne im internationalen Wettbewerb an Dynamik zu verlieren. Dieser Übergang erfordert neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Innovationsförderung, Investitionen in Forschung und Bildung sowie klare regulatorische Rahmenbedingungen sind zentrale Voraussetzungen. Gleichzeitig braucht es auf Unternehmensseite den Mut, Geschäftsmodelle, Lieferketten und Produktlebenszyklen konsequent neu zu denken.

Zellen, Zellen zu Organismen. Jeder Prozess nutzt Energie effizient, Rückstände werden zu Nährstoffen für neue Zyklen. Dieses Prinzip der Selbstregeneration ist Vorbild für eine Wirtschaft, die wächst, ohne sich selbst zu erschöpfen. Beispiele wie selbstheilender Beton oder energieproduzierende Algen verdeutlichen das Potenzial dieser Transformation. Beide zeigen, wie technische Innovation von biologischen Prozessen lernen kann. Doch damit solche Ansätze Wirkung entfalten, muss sich die gesamte industrielle Wertschöpfungskette verändern – von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Nutzung und Wiederverwertung.

Dazu braucht es mehr als neue Technologien: Erforderlich sind neue Denkweisen,

interdisziplinäre Kooperationen und eine Innovationskultur, die über Effizienz hinausgeht. Nur wenn Unternehmen bereit sind, bestehende Strukturen zu hinterfragen und Wertschöpfung als Kreislauf zu verstehen, kann Wirtschaft langfristig regenerativ und wettbewerbsfähig zugleich werden.

Lebenszyklus neu gedacht

In einer generativen Wirtschaft existiert kein Produkt für sich allein; jedes Element ist Teil eines größeren Systems. Vom Design über die Produktion bis hin zur Wiederverwertung wird jeder Schritt so gestaltet, dass Materialien in den Kreislauf zurückgeführt und neu

DER ÜBERGANG ZUR GENERATIVE ECONOMY ERFORDERT EIN NEUES VERSTÄNDNIS VON VERNETZUNG.

genutzt werden können. Viele Beispiele zeigen, dass dieser Ansatz längst Realität ist. So wird etwa Kaffeesatz heute zu Biokraftstoff verarbeitet, und ausgediente Fischernetze werden zu hochwertigem Nylon recycelt. Diese Innovationen verdeutlichen, dass Abfall kein Endprodukt ist, sondern eine Ressource für Neues.

Moderne Ansätze des Produktlebenszyklus-Managements (PLM) zeigen, wie viel Potenzial entsteht, wenn Unternehmen ihre Produkte ganzheitlich denken: von der Materialauswahl über die Nutzung bis hin zur Wiederverwertung. Indem Daten, Prozesse und Lieferketten vernetzt werden, lässt sich nachvollziehen, wo Rohstoffe herkommen, wie sie genutzt werden und wie sie wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden können.

Der Übergang zur Generative Economy erfordert ein neues Verständnis von Vernetzung. Wertschöpfung entsteht nicht



Auf 3D-Plattformen wächst die reale mit der virtuellen Welt zusammen.

Bild: Gorodenkoff/iStock

mehr in abgeschlossenen Prozessen, sondern in komplexen Systemen, in denen Produkte, Dienstleistungen und Akteure dynamisch miteinander interagieren. Nur wer diese Zusammenhänge erkennt und steuert, kann Innovationen hervorbringen, die sowohl ökonomisch als auch ökologisch wirksam sind.

Digitale und reale Welt verschmelzen

Virtuelle Zwillinge – digitale Abbilder realer Produkte, Prozesse oder ganzer Systeme – spielen dabei eine zentrale Rolle. Sie erlauben es, Wechselwirkungen zu analysieren, Szenarien zu simulieren und Entscheidungen datenbasiert zu treffen. Auf diese Weise können Unternehmen Risiken reduzieren, Ressourcen effizienter nutzen und Entwicklungszeiten verkürzen.

Ein konkretes Beispiel liefert die BMW Group, die die 3DEXperience-Plattform von Dassault Systèmes einsetzt, um Fahrzeuge digital abzubilden und Entwicklungsprozesse zu optimieren. So verbessern die Teams ihre Zusammenarbeit in allen technischen Abteilungen, steuern Varianten präziser, setzen Komponenten effizienter wieder ein und beschleunigen die Entwicklungszyklen. Zugleich wird der Ressourceneinsatz reduziert und die Lebensdauer von Bauteilen verlängert – ein direkter Beitrag zu nachhaltiger Mobilität. Die Integration von Daten aus unterschiedlichen Quellen ermöglicht fundierte und schnelle Entscheidungen. Auf dieser Basis eröffnet sich ein neuer Horizont

für Unternehmen, die über kurzfristige Effizienzgewinne hinausdenken.

Die Integration virtueller Zwillinge geht weit über klassische Digitalisierung hinaus: Sie schafft Räume für neue Ideen, ermöglicht die Simulation komplexer Szenarien und legt den Grundstein für fundierte Entscheidungen und effektivere Zusammenarbeit. So lassen sich nicht nur Produkte oder Prozesse verbessern, sondern ganze Systeme verstehen und weiterentwickeln – von der Stadtplanung über Energieversorgung bis hin zu industriellen Wertschöpfungsketten.

■ DIE INTEGRATION VIRTUELLER ZWILLINGE GEHT WEIT ÜBER DIE KLASSISCHE DIGITALISIERUNG HINAUS. ■

Virtualisierung wird damit zu einem zentralen Werkzeug für eine Wirtschaft, die regenerativ, resilient und innovationsgetrieben ist. Unternehmen können aktiv gestalten, statt nur auf Veränderungen zu reagieren, und gleichzeitig ökologische, wirtschaftliche und soziale Ziele miteinander verbinden.

Auch in der Medizin zeigt sich das Potenzial virtueller Zwillinge: Um Krankheiten wie Krebs erfolgreich zu behandeln, ist es entscheidend, die Abläufe biologischer Prozesse in ihrem Umfeld genau nachzuvollziehen. Digitale Abbilder ganzer Organe, wie die

Projekte „Living Heart“ oder „Living Brain“ verdeutlichen, welche Möglichkeiten präzise Simulationen komplexer Systeme eröffnen.

Die kommenden Jahre werden entscheidend sein. Wer die Prinzipien der generativen Wirtschaft frühzeitig in die eigenen Strategien und Prozesse integriert, schafft nicht nur Wettbewerbsvorteile, sondern unterstützt den Aufbau eines zukunftsfähigen, nachhaltigen Wirtschaftssystems. Dieses wird zu einem lebendigen System, das sich selbst erneuert, Ressourcen schont und Innovation kontinuierlich vorantreibt.

Ein wegweisendes Konzept sind die 3D Univ+rses von Dassault Systèmes, die mehrere virtuelle Zwillinge in einer KI-basierten digitalen Umgebung miteinander verbinden. Anders als klassische virtuelle Welten schaffen sie keine isolierte Parallelrealität, sondern verbinden die digitale und die reale Welt, bündeln Know-how und ermöglichen kollaboratives Arbeiten über Unternehmen und Disziplinen hinweg. Mit solchen integrierten digitalen Abbildungen können Organisationen innovative Lösungen entwickeln, die Wachstum und Nachhaltigkeit gleichermaßen fördern und die Wirtschaft in Richtung eines regenerativen, zukunftsfähigen Systems transformieren.

Nachhaltigkeit als Wettbewerbsvorteil

Die Zukunft der Nachhaltigkeit liegt in den Händen europäischer Unternehmen. Wer heute innovativ handelt und mehr zurückgibt, als er nimmt, gestaltet die Welt von morgen mit. Virtuelle Welten müssen dafür tief in Prozesse und Strategien integriert werden, denn nur so lassen sich komplexe Systeme vollständig erfassen und die reale Welt wirksam verbessern. Sie eröffnen neue Ideenräume für Unternehmen, ermöglichen die Simulation vielfältiger Szenarien und bilden die Grundlage für schnelle, fundierte Entscheidungen sowie effektive Zusammenarbeit. Auf dieser Basis kann eine Wirtschaft entstehen, in der Menschen gestalten, statt nur zu konsumieren.

Die Zeit zu handeln ist jetzt: Wer zögert, verliert den Anschluss. Unternehmen müssen die Chancen der Digitalisierung entschlossen nutzen, um Innovation, Nachhaltigkeit und Wachstum zugleich zu fördern. Europa braucht Vorreiter – die Zukunft wartet nicht. Nur wer heute mutig handelt, gestaltet eine regenerative, resiliente und zukunftsfähige Wirtschaft von morgen.

« KIS

Sabine Scheunert ist Vorsitzende der Geschäftsführung in Zentraleuropa bei Dassault Systèmes.

DIGITALE PLATTFORMEN BESCHLEUNIGEN SATELLITENBAU

Kurze Iterationszyklen sind in der Raumfahrt kritisch. Das Institut Ignacio da Riva nutzt Mevi, um Bauteile per KI-Geometrieerkennung sofort zu kalkulieren und in Tagen zu fertigen. Ohne administrative Hürden steigen Speed und Präzision für Missionen wie UPM-Sat 3 massiv – ein digitaler Warp-Antrieb für die europäische Satellitenentwicklung.

» VON TOBIAS HEMMANN

In der Luft- und Raumfahrt entscheidet die Geschwindigkeit von Iterationen über den Erfolg von Entwicklungsprojekten – insbesondere in der Satellitenentwicklung. Hier werden stetig Grenzen ausgetestet, fundamentale Neuheiten errungen und Produkte entwickelt, die selbst den kühnsten Fortschrittsgeanken die Grenzenlosigkeit menschlichen Erfindergeistes aufzeigen. Kein Wunder also, dass insbesondere hier Iterationszeiten und Fertigungsprozesse unter besonderen Vorzeichen stehen: Je schneller sich ein Konzept praktisch testen lässt, desto besser stehen die Chancen bei Förderanträgen für das jeweilige Projekt – und desto realistischer bleiben ambitionierte Missionszeitpläne.

UPM-Sat 3: Warum Agilität im All entscheidend ist

Wer sich in diesem Forschungsgebiet bewegt, dem ist auch das Instituto Universitario Ignacio da Riva, Universidad Politécnica de Madrid in Spanien ein Begriff. Das öffentliche Forschungsinstitut verfügt über rund 15 Jahre Erfahrung in hydrodynamischer Forschung und Satellitenentwicklung. Neben Windanalysen für große Infrastruktu-

IN DER LUFT- UND RAUMFAHRT ENTSCHEIDET DIE GESCHWINDIGKEIT VON ITERATIONEN ÜBER DEN ERFOLG VON ENTWICKLUNGSPROJEKTEN – INSBESONDERE IN DER SATELLITENENTWICKLUNG.

ren wie Brücken oder Stadien betreibt das Team ein umfangreiches Raumfahrtprogramm. Zu den aktuellen Projekten gehört beispielsweise der Satellit UPM-Sat 3.

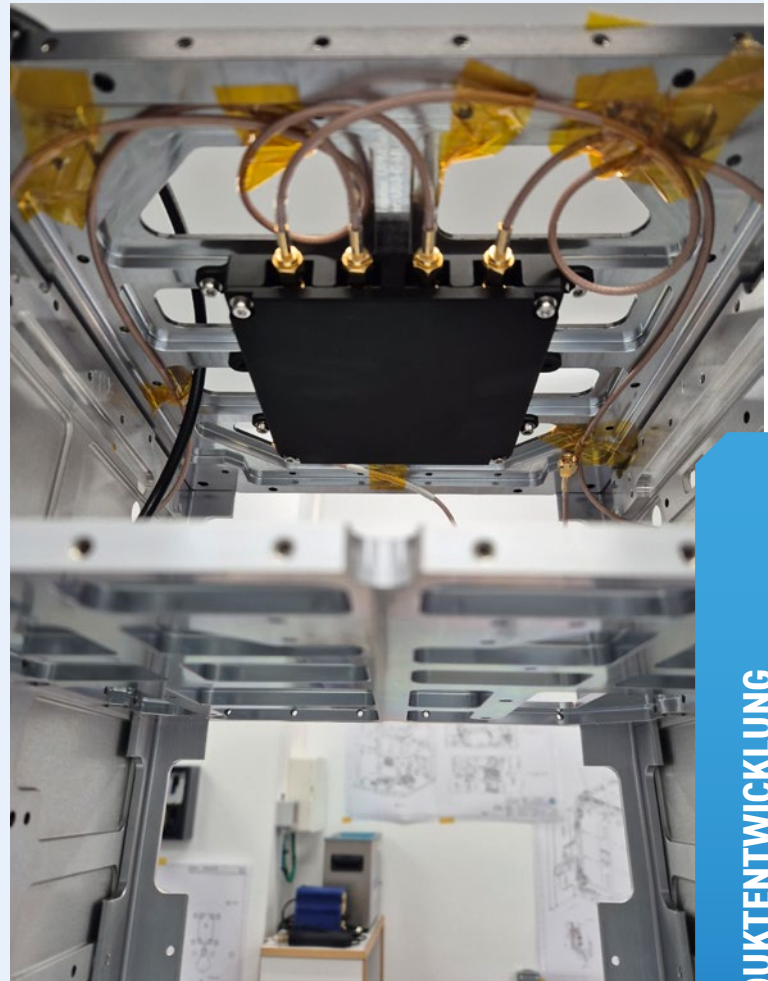
Gerade in der europäischen Luft- und Raumfahrt – insbesondere in der Satellitenentwicklung – verschafft eine agile Fertigung einen entscheidenden Wettbewerbs-

vorteil. Die Ingenieurinnen und Ingenieure des Instituto Universitario Ignacio da Riva standen jedoch vor einem typischen Problem: Zwischen digitalem Design und physischem Prototyp entstand immer wieder ein Engpass in der Fertigung.

Satellitenentwicklung trifft auf starre Beschaffung

Die Entwicklung von Satellitenkomponenten erfordert eine besonders flexible Forschungsumgebung. Designs bleiben selten lange unverändert. Stattdessen werden sie durch Tests, Simulationen und studentische Entwicklungsarbeiten kontinuierlich angepasst und verbessert.

Genau hier gerieten die bestehenden Fertigungsprozesse an ihre Grenzen. Intern verfügte das Institut lediglich über kleinere Maschinen und Fräsen. Deren mechanische Steifigkeit reichte jedoch

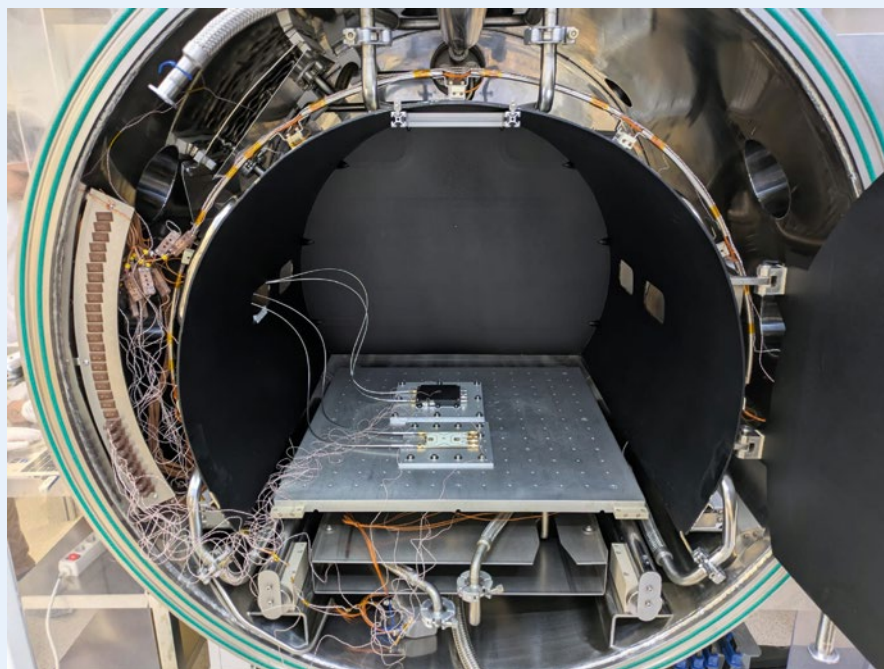


Die Komponenten entstehen heute per CNC-Fräsen auf Abruf aus Aluminium oder Edelstahl und erfüllen die engen Toleranzen der Raumfahrttechnik.

Bilder: Instituto Universitario Ignacio da Riva, Universidad Politécnica de Madrid

nicht aus, um raumfahrttaugliche Materialien wie Aluminium oder Edelstahl mit der erforderlichen Präzision zu bearbeiten. Zusätzlich mussten Forschende regelmäßig Zeit aufwenden, um Fertigungsprobleme zu beheben – Zeit, die eigentlich für anspruchsvolle Luft- und Raumfahrtforschung vorgesehen war.

Hinzu kam ein zweites Hindernis: die administrativen Anforderungen der öffentlichen Beschaffung. Als staatliche Universität unterliegt die Universidad Politécnica de Madrid strengen Compliance- und Dokumentationsvorschriften. Jede Designänderung löste einen neuen Angebotsprozess aus. Angebote mussten manuell eingeholt



Belastungsprobe für das All: Im Thermalkammertest (TVAC) werden die über Meviy gefertigten Hybrid-Baluns für den Satelliten UPM-Sat 3 unter extremen Vakuumbedingungen geprüft.

werden, was zu Verzögerungen und Budgetunsicherheiten führte. Lokale Werkstätten wiederum reagierten häufig zurückhaltend auf Einzelanfertigungen oder verlangten hohe Rüstkosten für einzelne Bauteile.

Diese Situation erhöhte das Projektrisiko deutlich. Ungeeignete Maschinen oder unzuverlässige Zulieferer führten immer wieder dazu, dass Prototypen die strengen Zertifizierungsanforderungen der Europäischen Weltraumorganisation ESA nicht erfüllten. Gleichzeitig kollidierten wöchentliche Designänderungen mit Beschaffungszyklen von mehreren Wochen – ein ernstes Problem für den Zeitplan des Satellitenprojekts UPM-Sat 3.

Meviy beschleunigt Satelliten-Prototyping

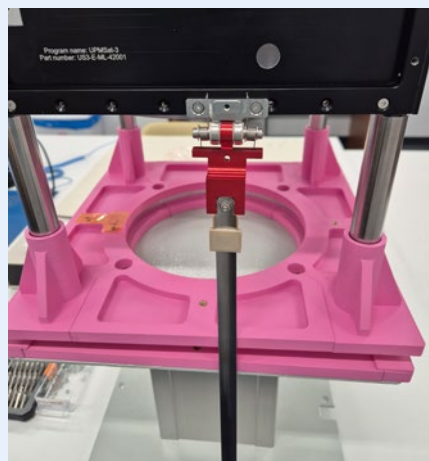
Das Team suchte deshalb nach einer Lösung, die digitale Konstruktion direkt mit der Fertigung verbindet – ohne die Verzögerungen klassischer Werkstattprozesse. Eine eigene Produktionslinie aufzubauen, kam dabei aus guten Gründen nicht in Frage. Dafür hätten sowohl spezialisierte CNC-Fachkräfte als auch hochpräzise Maschinen gefehlt. Auch lokale Werkstätten erwiesen sich als wenig geeignet, weil sie Einzelteile häufig ablehnten oder hohe Einrichtungskosten verlangten.

Die Forschenden testeten deshalb drei Online-Fertigungsplattformen. Entscheidend war schließlich die Qualität der gefertigten Teile sowie die Geschwindigkeit des Angebotsprozesses. Die Wahl fiel auf Meviy, vor

allem wegen der KI-gestützten, automatischen Angebotskalkulation nach dem Upload von STEP-Dateien, die eine sofortige Rückmeldung zu Preis, Lieferzeit und Fertigbarkeit ermöglicht.

» **WIR ARBEITEN ALLGEMEIN MIT VIELEN ITERATIONEN. JETZT AKTUALISIEREN WIR EINFACH DAS CAD-MODELL DIREKT AUF DER PLATTFORM UND ERHALTEN SOFORT EIN ANGEBOT, OHNE JEMANDEN KONTAKTIEREN ZU MÜSSEN.** «

IGNACIO TORRALBO GIMENO



Satellitenkomponenten müssen definierte thermo-optische Eigenschaften besitzen, insbesondere hinsichtlich Infrarot-Emissivität und solarer Absorption.

Mit diesem Ansatz können Ingenieure unmittelbar nach einer Designänderung sehen, wie sich diese auf Kosten und Lieferzeit auswirkt. Gleichzeitig erhalten sie Zugriff auf professionelle CNC-Fertigungskapazitäten sowie auf spezielle Oberflächenbehandlungen, darunter schwarze Eloxierung, die für das thermische Management von Raumfahrtkomponenten erforderlich ist.

Der neue Entwicklungsworkflow im Satellitenprojekt

Nach der Einführung von Meviy ersetzte das Institut die bisherigen manuellen Angebotszyklen durch einen digitalen Prozess. Die Ingenieure laden hierzu ihre STEP-Dateien direkt auf die Plattform hoch und erhalten – dank KI-gestützter Geometrieerkennung – sofort Feedback zu Preis, Lieferzeit und Fertigbarkeit. Wenn sich ein Design ändert, kann das CAD-Modell angepasst und noch innerhalb derselben Woche erneut bestellt werden – ein entscheidender Vorteil in Projekten mit studentischer Beteiligung und daraus resultierenden häufigen Iterationen.

Die Komponenten entstehen heute per CNC-Fräsen auf Abruf aus Aluminium oder Edelstahl und erfüllen die engen Toleranzen der Raumfahrttechnik. Parallel führt das Team weiterhin detaillierte 2D-Zeichnungen, um sicherzustellen, dass die Dokumentation den Anforderungen von ESA- und ISA-Standards entspricht.

Besondere Aufmerksamkeit gilt den thermischen Eigenschaften der Bauteile. Satellitenkomponenten müssen definierte thermo-optische Eigenschaften besitzen, insbesondere hinsichtlich Infrarot-Emissivität und solarer Absorption. Deshalb spezifiziert das Team für Aluminiumteile eine schwarze Eloxalschicht, die gezielt zur thermischen Kontrolle im Weltraum beiträgt – nicht vordergründig aus ästhetischen Gründen, sondern als funktionales Element der Satellitentechnik. Auch wirtschaftlich lässt sich der Prozess flexibel steuern. Für weniger dringende Laborbauteile nutzt das Institut häufig eine Lieferoption mit 25 Tagen, um das Budget effizient zu verwalten.

Messbare Ergebnisse in der Satellitenentwicklung

Die Umstellung auf die digitale Fertigungsplattform brachte sowohl operative als auch wirtschaftliche Verbesserungen. Durch den Wegfall administrativer Reibungsverluste und interner Fehlersuche stellte das Institut fest, dass extern gefertigte Bauteile häufig kostengünstiger sind als eine Eigenproduktion.



» BEI DER QUALITÄT, DIE DIE GRUNDVORAUSSETZUNG UNSERER PROJEKTE IST, IST ES FÜR UNS AM EINFACHSTEN AUF MEVIY ZU SETZEN. «

IGNACIO TORRALBO GIMENO

Ermöglicht wird dieser Umstand und die höhere Geschwindigkeit durch KI-basierte Analyseprozesse im Hintergrund: Die Plattform erkennt Geometrien, prüft Fertigbarkeit und kalkuliert automatisch, ohne dass ein Mensch auf der Dienstleisterseite eingreifen muss.

„Für uns hat sich komplett verändert, wie wir mit der Fertigung all dieser kleinen Teile umgehen“, erklärt Ignacio Torralbo Gimeno, Technical Lead am Instituto Universitario Ignacio da Riva. „Wir arbeiten allgemein mit vielen Iterationen. Jetzt aktualisieren wir einfach das CAD-Modell direkt auf der Plattform und erhalten sofort ein Angebot, ohne jemanden kontaktieren zu müssen.“

Auch die Qualität überzeugte das Team: „Bei der Qualität, die die Grundvoraussetzung unserer Projekte ist, ist es für uns am einfachsten auf Meviy zu setzen“, berichtet Ignacio Torralbo Gimeno weiter. „Wir haben drei Anbieter getestet – hier ist die Qualität höher als bei anderen Online-Plattformen. Dass wir sofort sehen können, wie sich Designände-

rungen auf den Preis auswirken, ist für unsere Mission darüber hinaus äußerst wertvoll.“

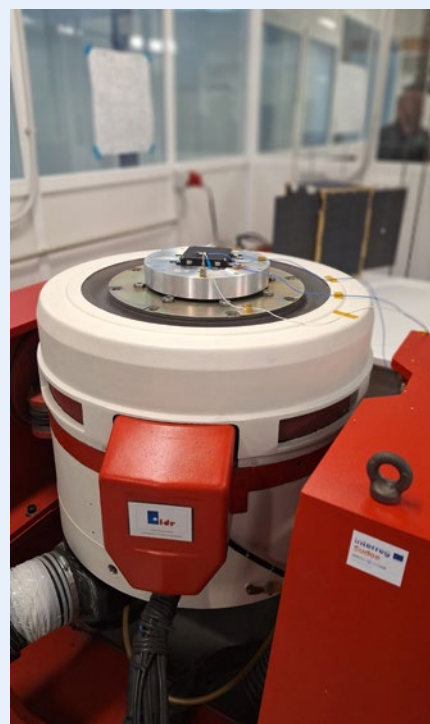
„Als Forschungsinstitut einer öffentlichen Universität ist Beschaffung normalerweise mit sehr viel Papierarbeit verbunden“, so Ignacio Torralbo Gimeno. „Heute sind die Kosten deutlich niedriger als früher. In manchen Fällen ist es sogar günstiger, Teile über die Plattform zu bestellen, als sie intern zu fertigen.“

Digitale Basis moderner Weltraumforschung

Der Fall des Instituto Universitario Ignacio da Riva zeigt, wie digitale Fertigungsplattformen hochpräzise Forschung unterstützen können. Ingenieure gelangen heute innerhalb weniger Tage statt Wochen vom Entwurf zum physischen Test. Gleichzeitig lassen sich Investitionen in teure CNC-Maschinen und spezialisiertes Bedienpersonal vermeiden.

Darüber hinaus erlaubt die sofortige Preisrückmeldung, Bauteilgeometrien oder Materialien bereits während der Konstruktion zu optimieren. Auch Einzelteile bleiben wirtschaftlich produzierbar, ohne von der Auslastung lokaler Werkstätten abhängig zu sein. Dass sich dieser Workflow auch auf geometrisch komplexere Bauteile ausweiten lässt (etwa durch die KI-gestützte automatische Erkennung freier Kurvengeometrien) zeigt, in welche Richtung sich KI-basierte Fertigungsplattformen weiterentwickeln: weg vom reinen Bestellprozess, hin zu einem intelligenten Werkzeug in der Konstruktionsschleife selbst.

„In hochpräzisen Branchen wie der Luft- und Raumfahrt ist der Zeitaufwand für manuelle Beschaffung ein erhebliches Innovationshemmnis“, betont Tobias Hemmann, Business Development Team Leader bei Misumi-Meviy. „Durch die Digitalisierung des Weges vom CAD-Modell zum physischen



Simulation der Startphase: Ein über Meviy gefertigter Hybrid-Balun für den Satelliten UPM-Sat 3 auf dem Vibrationstisch. Nur Bauteile mit höchster Fertigungspräzision überstehen die extremen mechanischen Lasten eines Raketenstarts.

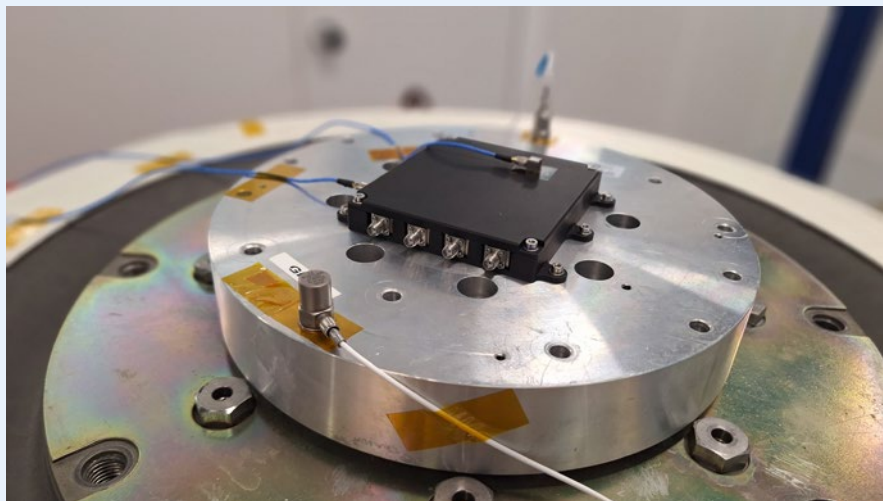
Bauteil können sich Ingenieurinnen und Ingenieure auf ihre Kernaufgaben konzentrieren, statt Zeit in administrative Prozesse zu investieren. Wenn sich Iterationszyklen von Wochen auf wenige Tage verkürzen, wird das zu einem entscheidenden Faktor für Wettbewerbsfähigkeit und Präzision im europäischen Engineering.“

Nächste Stufe: Thermo-optische Präzision für die ESA

Die Zusammenarbeit zwischen dem Instituto Universitario Ignacio da Riva und Meviy soll künftig weiter vertieft werden. Geplant ist eine gemeinsame Charakterisierung thermo-optischer Eigenschaften verschiedener Oberflächenbehandlungen. Ziel ist es, noch präzisere Daten für zukünftige Satellitendesigns zu gewinnen und den Fertigungsprozess noch enger an die strengen Anforderungen der ESA anzupassen.

Damit könnten zukünftige Designentscheidungen auf hochauflösenden experimentellen Daten basieren – ein weiterer Schritt, um Raumfahrtforschung effizienter, schneller und präziser zu machen und so weiter das Fundament des unbeirrbar menschlichen Fortschritts zu bereiten.

« TB



Durch den Wegfall administrativer Reibungsverluste und interner Fehlersuche stellte das Institut fest, dass extern gefertigte Bauteile häufig kostengünstiger sind als eine Eigenproduktion.

Tobias Hemmann ist Business Development Team Leader bei Misumi-Meviy.

VOM SILO ZUM INTELLIGENTEN ENGINEERING-ÖKOSYSTEM

Deutsche Unternehmen geraten unter doppelten Druck: Globale Wettbewerber verkürzen Entwicklungszyklen bei sinkenden Kosten, regulatorische Anforderungen steigen, und F&E-Budgets werden hinterfragt.

KI gilt als Ausweg, wird aber bislang reaktiv eingesetzt. So trifft Wettbewerbsdruck auf strukturelle Trägheit.

» VON DIRK MOLITOR, ALEXANDER ALBERS UND DANIEL SPIESS

Bottom-up, einzelne Pilotprojekte, ohne strategische Verankerung – so sieht der Einsatz von KI heute aus. Das Resultat: Flickenteppich statt strukturelle Wirkung. Das eigentliche Problem dabei ist nicht der Mangel an KI-Ideen, sondern die fehlende Anschlussfähigkeit der bestehenden Engineering-Umgebung. Genau dort entscheidet sich, ob KI ein lokaler Effizienzgewinn bleibt oder zum skalierbaren Hebel wird.

Das Kernproblem ist vielschichtig: Toolchains sind historisch gewachsen. Anforderungen, Architekturen, CAD, PLM, Simulationen und Testmanagement kommunizieren kaum miteinander. Daten liegen in proprietären Formaten vor, werden manuell transferiert und verlieren Kontext und Rückverfolgbarkeit. An diesen Bruchstellen setzen aktuelle KI-Piloten an, bleiben jedoch ohne Systemwirkung, solange die Grund-

voraussetzung fehlt: eine harmonisierte, maschinenlesbare Datenbasis. Reasoning, Tool-Interoperabilität, Kontextverwaltung und Multi-Agenten-Orchestrierung schaffen erstmals das Potenzial, komplexe Engineering-Workflows nicht nur punktuell zu unterstützen, sondern über mehrere Tools hinweg strukturierter zu steuern.

KI-gestütztes Systems Engineering als strategischer Hebel

Fragmentierung lässt sich nicht durch Piloten heilen, sondern durch eine methodische Grundentscheidung: Anforderungen, Funktionen, Architekturen und physische Komponenten konsistent miteinander zu verbinden. MBSE schafft dafür die Grundlage. Artefakte werden in einem konsistenten Modell verbunden: maschinenlesbar und konsistenzprüfbar. Auch SysML v2 gewinnt in diesem Zusammenhang an Bedeutung. Als formale, textbasierte Sprache erleichtert sie

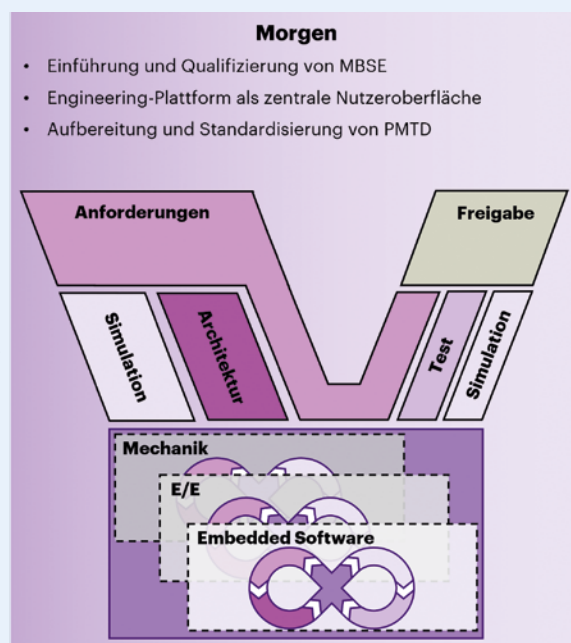
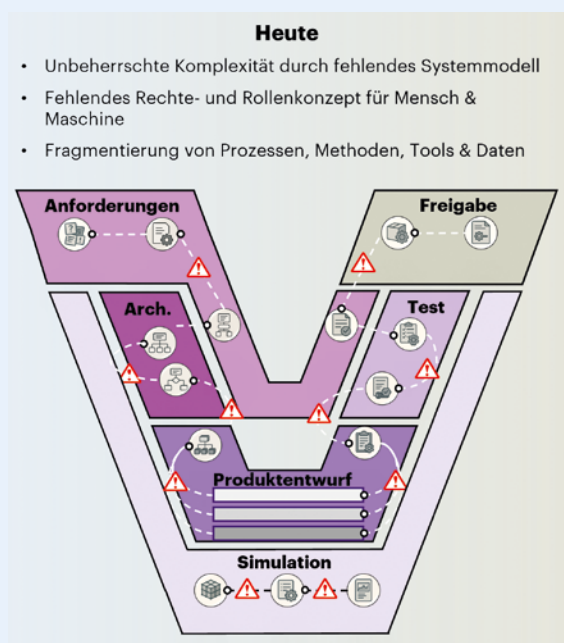
Versionierung, Verarbeitung und Einbettung von Systemmodellen in Pipelines.

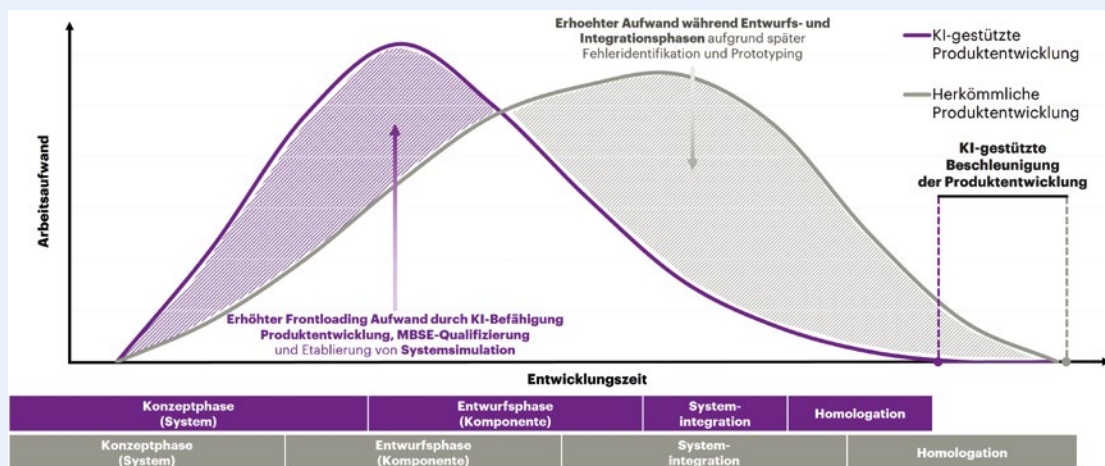
In der Softwareentwicklung sind CI/CD-Pipelines längst Standard. Für die mechanische Produktentwicklung geht es dabei nicht um eine direkte Übertragung, wohl

FRAGMENTIERUNG LÄSST SICH NICHT DURCH PILOTEN HEILEN.

aber um eine vergleichbare Entwicklungsrichtung: Mechanische Komponenten, E/E-Systeme und Software werden in Disziplinen-spezifischen Pipelines entwickelt. Besonders

Stärkung der linken Flanke durch MBSE, CI/CD-Pipelines auf Komponentenebene und simulationsgestützte Frühintegration.





Frontloading und MBSE reduzieren spätere Iterationskosten durch eine Verschiebung von Aufwänden in frühere Phasen.
Grafiken: Accenture

greifbar wird dieser Ansatz im simulationsgetriebenen Engineering. Wo Modelle, Randbedingungen und Zielgrößen ausreichend strukturiert vorliegen, lassen sich Simulationen zunehmend Pipeline-artig organisieren. Ergebnisse werden automatisiert gegen Zielgrößen ausgewertet und Erkenntnisse in den Entwurf zurückgeführt.

Repetitive und administrative Aufgaben übernehmen KI-Agenten. Der Ingenieur instruiert und entscheidet. Diese Rollentransformation setzt eine API-befähigte Toolchain voraus. Jedes Tool muss programmatisch durch Agenten steuerbar sein, und eine zentrale Plattform dient als einheitliche Arbeitsumgebung und Orchestrierungsschicht. Dabei übernimmt diese Plattform drei Funktionen zugleich: Sie dient als gemeinsame Arbeitsumgebung für Ingenieure, als Integrationsschicht zwischen bislang getrennten Tools und als Orchestrierungsebene für agentische Workflows.

Erste Orchestrator-Agenten zeigen bereits, wie das in der Praxis aussehen kann. Über Chat-Interaktion parametrisieren sie verschiedene Tools, stoßen Arbeitsschritte an und führen Ergebnisse in den jeweiligen Entwicklungskontext zurück. Ein Beispiel sind Simulationsabläufe, bei denen ein Agent Eingaben vorbereitet, einen Lauf startet und die Resultate direkt gegen Zielgrößen auswertet.

Die beschriebene Transformation hat unmittelbare Auswirkungen auf die Kostenstruktur der Produktentwicklung. KI-gestützte Methoden gehen nicht nur mit weniger Aufwand einher, sondern verlagern diese in andere Entwicklungsphasen: mehr Investition in frühe Phasen, weniger in späte Korrekturen.

Die klassische Regel gilt unverändert: Fehler, die in der Konzeptphase erkannt werden, kosten einen Bruchteil späterer Korrekturen. MBSE und KI-gestützte Entwicklung verschieben den Erkennungszeitpunkt systematisch

nach vorne. Gleichzeitig reduzieren automatisierte CI/CD-Pipelines den manuellen Koordinationsaufwand zwischen Disziplinen erheblich. Das Ergebnis: kürzere Durchlaufzeiten und geringere Fehlerraten in der Validierungsphase.

Technologie braucht Verankerung

KI-Transformation in F&E ist keine IT-Initiative, sondern eine Führungsaufgabe. Ohne strategische Verankerung auf Geschäftsleitungsebene verpufft auch die beste Technologie. Unternehmen benötigen ein KI-Steuerungsgremium mit F&E-Vorstandsanbindung sowie bereichsinterne KI-Verantwortliche. Rechte- und Rollenkonzepte müssen neu definiert werden: Welche Entscheidungen darf ein Agent autonom treffen? Welche Daten dürfen genutzt werden?

IN DER SOFTWAREENTWICKLUNG SIND CI/CD-PIPELINES LÄNGST STANDARD.

Gleichzeitig reicht es nicht, nur Technologie einzuführen. Unternehmen müssen auch klären, wie neue Arbeitsweisen organisatorisch verankert werden: Wer verantwortet domänenübergreifende Entscheidungen? Welche Artefakte sind führend? Gerade in regulierten Umfeldern entscheidet diese Klarheit darüber, ob KI skaliert.

Die Einleitung einer solchen Transformation erfordert eine Verankerung unterschiedlicher Handlungsfelder in der F&E-Strategie:

→ **Zentrale Engineering-Plattform aufbauen:** Eine digitale Arbeitsumgebung als domänenübergreifende Benutzeroberfläche, die als Orchestrierungsschicht für Agenten dient.

- **Mensch-Agenten-Interaktion vorbereiten:** Hochprioritäre Anwendungen identifizieren, Rechte- und Rollenkonzepte entwickeln, Ingenieure gezielt schulen.
- **API-First-Toolchain sicherstellen:** Programmatische Steuerbarkeit als Beschaffungskriterium etablieren; für Legacy-Tools Migrationspfade definieren.
- **Datenarchitektur und Product Knowledge Graph aufbauen:** Proprietäre Formate entkoppeln, Wirkketten zwischen Artefakten im Knowledge Graph abbilden.
- **Prozesse auf KI-Workflows adaptieren:** Entwicklungsabläufe an Produktstruktur und Mensch-Agenten-Interaktion ausrichten.

Die Konvergenz von MBSE und leistungsfähiger KI-Orchestrierung zeichnet eine klare Richtung: Produktentwicklung wird kontinuierlicher, digitaler und systemisch integrierter. Ingenieure werden zu Systems Thinkern, die intelligente Pipelines steuern, statt Einzelaufgaben auszuführen. Was heute Pilotprojekt ist, wird in wenigen Jahren Industriestandard sein. Wer jetzt die strukturellen Voraussetzungen schafft, entwickelt nicht nur effizienter, sondern schneller und resilienter.

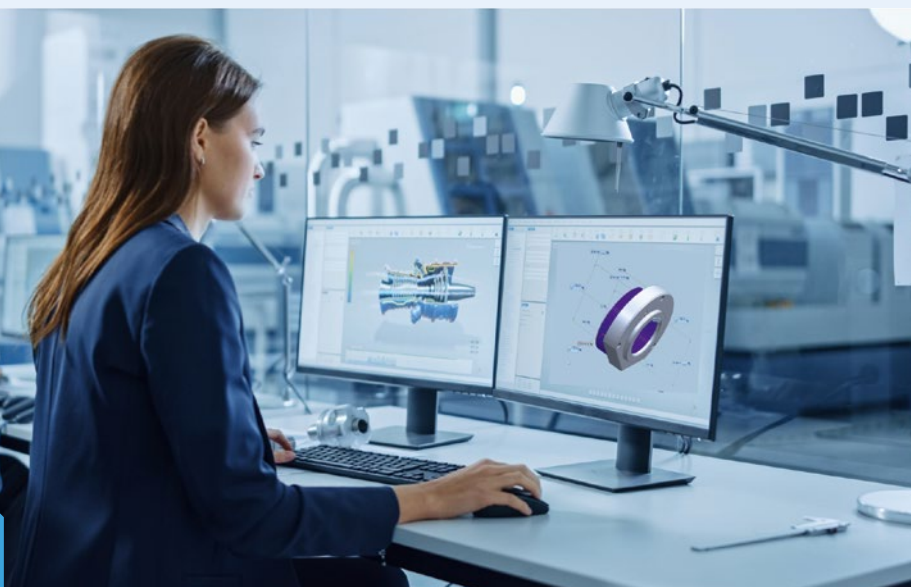
In der industriellen Praxis zeigen sich dafür bereits belastbare Muster. Führende Unternehmen bauen integrierte Engineering-Umgebungen auf, reduzieren Toolbrüche und schaffen besseren Zugriff auf Produktinformationen. Der gemeinsame Nenner ist klar: Nicht ein weiterer KI-Pilot schafft den Durchbruch, sondern eine integrierte Technologiearchitektur, in der Prozesse, Methoden und Tools intelligent zusammenspielen.

« KIS

Dr. Dirk Molitor ist Associate Manager Engineering Digitization and PLM bei Accenture.
Dr. Alexander Albers ist Senior Manager Engineering Consulting bei Accenture.
Daniel Spiess ist Managing Director Engineering Consulting bei Accenture.

MIT KI VON DER ZEICHNUNG ZUM INTELLIGENTEN CAD-MODELL

Die Zeichnung ist nicht totzukriegen – aber nun lassen sich wenigstens PMI und Annotationen ohne manuellen Aufwand extrahieren und digital weiterverwenden. Dafür sorgt die Software Classmate Draw von Simus Systems mit künstlicher Intelligenz (KI) und spart der Industrie damit Entwicklungsschleifen, Nacharbeiten und manuelle Pflege. » **VON THOMAS TOSSE**



Oft werden wichtige Fertigungsinformationen auf digitalen Zeichnungen ergänzt.

Zeichnungen in TIFF- oder DXF-Formaten dienen als Angebotsgrundlage im Einkauf, als Anweisung für Arbeitsvorbereitung und Fertigung, zur Kalkulation und als Vorgabe für die Qualitätssicherung. Sie enthalten oft mehr Informationen als das 3D-Modell, von dem sie meistens abgeleitet werden. Die Gründe dafür sind vielfältig: So werden die Product Manufacturing Information (PMI) am 3D-Modell selten vollständig eingepflegt – oder gehen bei Datenübergaben verloren.

Auf Basis von Zeichnungen werden in weiteren Stufen der Prozesskette, etwa in Einkauf oder Arbeitsvorbereitung, Entscheidungen getroffen, wichtige Informationen geändert oder hinzugefügt – wie etwa Toleranzen, 3D-Annotationen wie Gewindeinformationen, Materialspezifikationen, Anforderungen bezüglich Oberflächengüte und (partielle) Nachbehandlungen. In der Qualitätssicherung werden Sollvorgaben, Messpunkte und Verfahrenswege definiert.

Hoher Aufwand für Datenpflege und Rückfragen

An manchen Stellen bietet die 2D-Zeichnung mehr Nutzen als das 3D-Modell. So erfasst man am Flachbildschirm in der Fertigung oder an der Werkzeugmaschine alle Angaben auf einen Blick.

DATENINKONSISTENZEN FÜHREN ZU FERTIGUNGSFEHLERN UND VERURSACHEN DADURCH HOHE ZUSATZKOSTEN.

Für die Programmierung der CNC-Bearbeitung oder der 3D-Koordinatenmessmaschine sollten Zeichnung und 3D-Modell bereitgestellt werden. Unterschiede in den gelieferten Daten werden zum Anlass von Rückfragen und Fehlern. Und selbst wenn ein PDM-System alle Modelle und Zeichnungen akribisch zuordnet und archiviert, bleibt die Datendurchgängigkeit auf der Strecke.

Nach einer Schätzung des National Institute of Standards & Technology (NIST) verursacht die fortgesetzte Nutzung der 2D-Dokumentation den US-Herstellern Zusatzkosten in Höhe von 5,2 Milliarden US-Dollar pro Jahr. Sie entstehen durch Nacharbeit, Fertigungsfehler und Qualitätsprobleme. Einen wesentlichen Anteil haben Dateninkonsistenzen zwischen Zeichnung und CAD-Modell, die in manuellen Prüf- und Abstimmungsprozessen beseitigt werden müssen. Bei klassischer diskreter Fertigung in Maschinenbau, Luftfahrt- und Automobilindustrie verteuern diese Inkonsistenzen die Herstellkosten um ein bis drei Prozent, verursachen zusätzliche Entwicklungszyklen, verzögerte Produktionsfreigaben, höheren Ausschuss und mehr Qualitätssicherungen.

Digitale Zwillinge übernehmen

Schon heute erstellen viele Produktentwickler daher zwei Versionen des digitalen Zwillings: Der digitale Zwilling des geplanten Produkts wird jenem des gefertigten Produkts gegenübergestellt. Bei Ersatzteilbestellungen, Neuauflagen und Weiterentwicklungen zahlt sich der Aufwand aus. Zudem entscheiden sich immer mehr Unternehmen für die „Model Based Definition“ (MBD). Dabei lösen durch PMI angereicherte 3D-Modelle die separaten Zeichnungen vollständig ab.

Zeichnungserkennung mit künstlicher Intelligenz

Dank künstlicher Intelligenz lässt sich der Aufwand zur Beseitigung der Differenzen zwischen digitaler Zeichnung und 3D-Modell nun drastisch reduzieren – unabhängig davon, für welchen Weg sich ein Unternehmen entscheidet. Denn die Software Classmate Draw erübrigt ab sofort die manuelle Datenerfassung. Ein eigens entwickeltes und trainiertes neuronales Netz erkennt automatisch alle relevanten Zeichnungsinformationen. Die Software „liest“ den Schriftfeldblock und

die Annotationen, interpretiert die Inhalte und speichert sie strukturiert ab.

Dazu gehören Passungen, Form- und Lage-toleranzen (GDT), Gewinde-, Material- und Oberflächenangaben. Alle Bemaßungen werden in eine standardisierte Datenstruktur gebracht. Im Hintergrund schafft die Software zu jeder Zeichnungsdatei eine Datenbasis, die in Zukunft in gängige CAD-, CAM-, PDM- und ERP-Systeme übernommen werden kann. Bisher führte der einzige Weg in diese Systeme unweigerlich über eine Tastatur. Mit Classmate Draw hat man nun einen weiteren Baustein für durchgängig digitale Prozesse. Das Ergebnis ist ein intelligentes, angereicherte Modell im herstellereigenen S3D-Format, dass sich in eine Step-Datei überführen lässt. Dieses Modell liefert die ideale Basis für digitale Prozesse in Konstruktion, Fertigung, Qualitätssicherung und Beschaffung. Die Prozesssicherheit steigt – auch ohne zeitraubende Rückfragen. Davon profitiert die abteilungsübergreifende Zusammenarbeit.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten

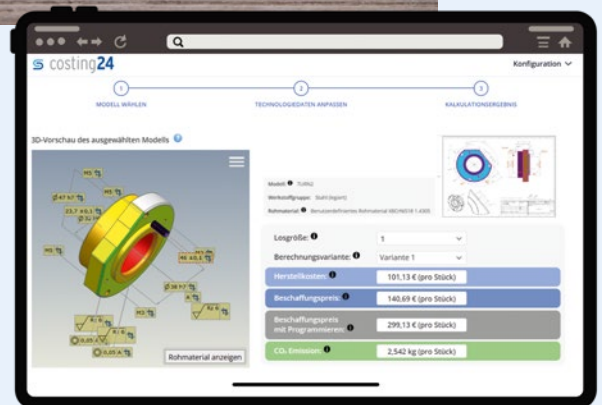
Der Nutzen der KI-basierten Zeichnungserkennung entfaltet sich sofort – allein oder mit weiteren Modulen der Software. Bei der voll-



Solche Annotationen und Product Manufacturing Information (PMI) erkennt Classmate Draw mit künstlicher Intelligenz.

automatischen Analyse und Klassifikation von 3D-Modellen werden Beschreibung, Klassifizierung und Suchkriterien der Modelle durch die Informationen aus der automatischen Zeichnungserkennung nun noch genauer. Eine bessere geometrische Ähnlichkeitssuche fördert die Wiederverwendung von Bauteilen. Über eine funktionale Oberfläche finden Benutzer im Schnellverfahren gesuchte Eigenschaften, Geometrien und Bauteile mitsamt einer Vorschau.

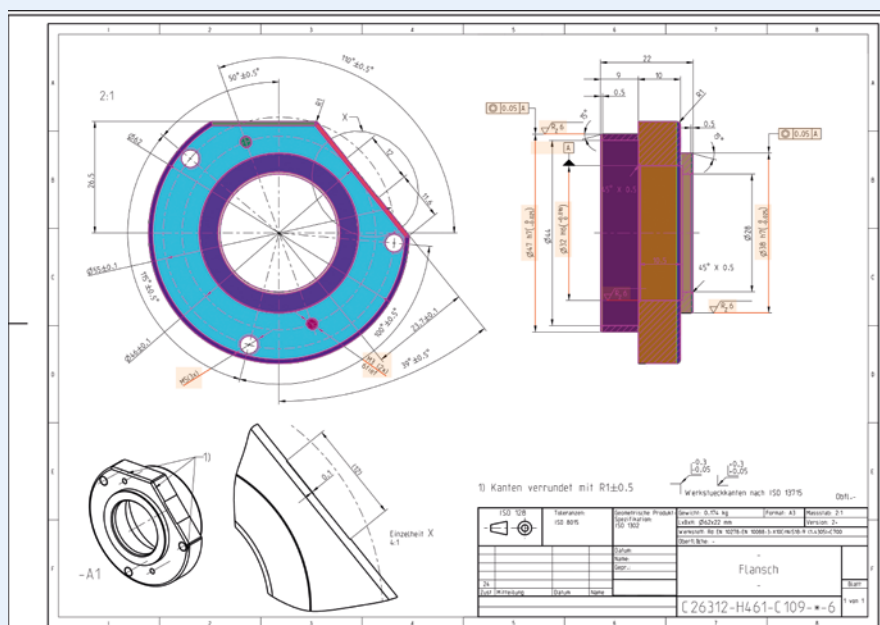
Die Informationen aus der automatischen Zeichnungserkennung verfeinern direkt die



So fließen die Informationen auch in die Kalkulationslösungen ein und erhöhen die Genauigkeit der Herstellkostenberechnung.

Bilder/Screenshots: Simus Systems

VIELE PRODUKTENTWICKLER ERSTELLEN ZWEI VERSIONEN DES DIGITALEN ZWILLINGS: EINE FÜR DAS GEPLANTE UND EINE FÜR DAS GEFERTIGTE PRODUKT.



classmate Draw ordnet die Informationen der digitalen Zeichnungen automatisch den richtigen Features des 3D-Modells zu.

Ergebnisse jeder Kalkulation der Herstellkosten: Die Online-Kalkulation Costing24 übernimmt nun auf Mausklick Kostenfaktoren, die bisher in den Annotationen verborgen waren. Geforderte Materialien oder Toleranzen werden dadurch sofort im Viewer sichtbar. Erstmals fließen diese Informationen ohne manuelle Eingaben in die Kalkulationslösungen ein. Dies gilt für alle Kalkulationslösungen des Unternehmens. Sie arbeiten nun genauer, weil sie mehr relevante Informationen zielgerichtet berücksichtigen können. Davon profitieren Einkäufer und Arbeitsvorbereiter in den Unternehmen, aber auch Zulieferer und Fertigungsdienstleister.

Produktivitätsschub durch KI

Während andere Entwickler KI-Funktionen ankündigen, beweist Classmate Draw, dass Künstliche Intelligenz heute bereits an den Wurzeln der Wertschöpfung Nutzen bringt. Die smarten Lösungen schaffen einen weiteren Baustein für durchgängig digitale Prozesse und echte Produktivitätsgewinne. **« KIS**

Dr. Thomas Tosse ist Inhaber der Agentur Hightech Marketing.

PRODUKTDATEN SIND DIE BASIS

Mit agentenbasierter KI entsteht erstmals die Möglichkeit, komplexe Produkt- und Prozesszusammenhänge nicht nur zu analysieren, sondern aktiv zu verstehen und eigenständig zu handeln. Doch welches Potenzial steckt konkret hinter diesem Ansatz und wie entwickelt sich seine Reife in der Praxis?

» VON DR. FLORIAN HARZENETTER

Künstliche Intelligenz hat in der industriellen Praxis eine neue Entwicklungsstufe erreicht. Während erste Anwendungen auf punktuelle Automatisierung oder Datenanalyse zielten, geht agentenbasierte KI deutlich darüber hinaus: Sie kann Aufgaben im Kontext komplexer Produkt- und Prozessstrukturen interpretieren, Handlungsschritte ableiten, vorbereiten und eigenständig ausführen.

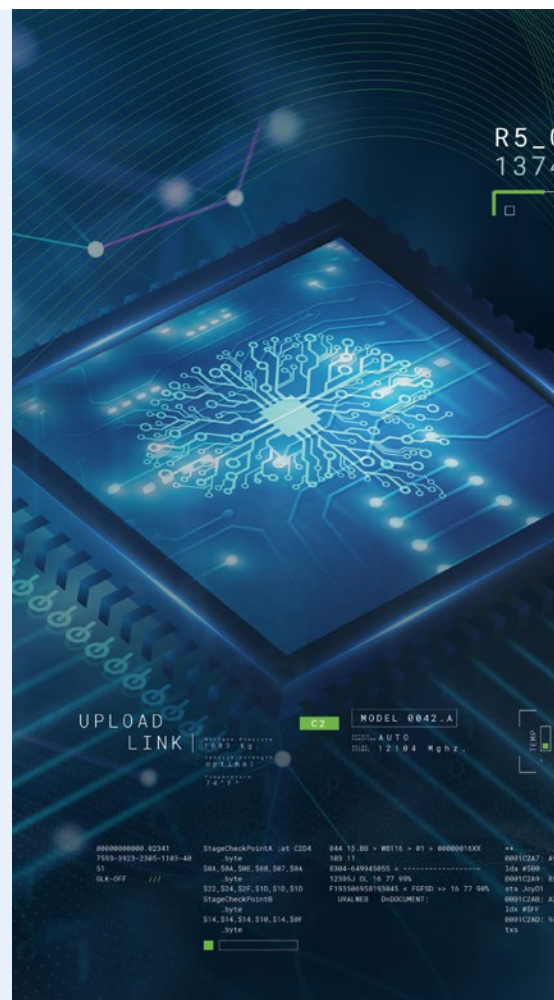
Das kann zum Beispiel die Analyse von Änderungen in Stücklisten und Arbeitsplänen sein, die Ableitung fertigungsgerechter Anpassungen oder eine automatisierte Erstellung bzw. Aktualisierung von Arbeitsanweisungen. KI-Agenten können Qualitäts- oder Abweichungsdaten aus der Produktion auswerten und an vorgelagerte Prozesse zurückspielen. So können sie für eine bessere Abstimmung zwischen Entwicklung und Fertigung sorgen und damit für weniger Fehler,

mehr Effizienz, kürzere Reaktionszeiten und eine spürbare Entlastung der Teams von manuellen Abstimmungs- und Analyseaufgaben.

Von der Automatisierung zur Kontextintelligenz

Im Unterschied zu klassischer regelbasierter Automatisierung analysieren KI-Agenten Informationen kontextsensitiv. Dadurch können sie Abhängigkeiten erkennen und in ihre Entscheidungslogik einbeziehen. Zudem sind KI-Agenten interoperabel, sie arbeiten also nicht innerhalb einer Anwendung, sondern können Daten und Prozesse zwischen verschiedenen Systemen verknüpfen.

Technisch stützen sie sich dabei auf drei zentrale Bausteine: vektorbasierte Datenmodelle zur Einbindung unstrukturierter Inhalte, semantische Schichten zur Übersetzung natürlichsprachlicher Anfragen in Systemabfragen sowie offene APIs, um systemübergreifend Aktionen auszulösen.



Drei Reifestufen agentenbasierter Unterstützung

In der industriellen Praxis lassen sich KI-Agenten in drei Reifestufen beobachten:

Stufe 1 – Beraten: Indem KI-Agenten spezifische Informationen liefern, Dokumente zusammenfassen und Empfehlungen geben, ermöglichen sie Effizienzsteigerungen und eine schnellere, datenbasierte Entscheidungsfindung. Derartige KI-Agenten lassen sich schon mit geringen Investitionen umsetzen, Voraussetzung ist die Integration mit den relevanten Datenquellen.

Stufe 2 – Unterstützen: Diese KI-Agenten unterstützen nicht nur, sondern führen einzelne Teilaufgaben aktiv aus. So können sie Prozesse optimieren und Fehler reduzieren. Entscheidungen werden datenbasiert vorbereitet, bleiben aber letztlich beim Menschen. Diese Agenten erfordern eine tiefere Integration in Unternehmenssysteme, ein ausgefeilteres Prompt-Engineering und eine KI-gesteuerte Entscheidungsunterstützung.

KI sollte nicht isoliert betrachtet werden, sondern als integraler Bestandteil einer durchgängigen Produktdatenstrategie im Sinne eines Intelligent Product Lifecycle.





Stufe 3 – Automatisieren: In klar definierten Szenarien führen KI-Agenten eigenständig Aufgaben aus, dabei passen sie sich dynamisch an veränderte Daten und Prozesse an. Das kann die betriebliche Effizienz erheblich steigern. Transparenz und Governance sind dabei jedoch essenziell. Zudem braucht es hierfür Agenten-Architekturen, ein hochentwickeltes Prompt-Engineering und ggf. auch spezialisierte Machine-Learning-Modelle.

PLM als strukturierte Datenbasis für KI

Für KI-Agenten aller drei Stufen gilt: Ihre Wirksamkeit hängt entscheidend von der Verfügbarkeit strukturierter, konsistenter und kontextualisierter Daten ab. Die Realität ist jedoch von heterogenen Systemlandschaften, Medienbrüchen und historisch gewachsenen Dokumentenstrukturen geprägt. Der Schritt von dokumentenzentrierten Arbeitsweisen hin zu teilezentrierten, durchgängig verknüpften Produktdatenmodellen ist daher nicht nur ein Effizienzthema, sondern eine strategische Voraussetzung für den KI-Einsatz.

Genau darin liegt die Stärke von PLM- (Product Lifecycle Management) und ALM- (Application Lifecycle Management) Systemen. Indem hier Produktdaten, Stücklisten, Änderungsprozesse, Anforderungen und Freigaben entlang des gesamten Lebens-

PLM- (Product Lifecycle Management) und ALM-Systeme (Application Lifecycle Management) verwalten Produktdaten und Prozesse entlang des gesamten Lebenszyklus. Das macht sie zum idealen Fundament agentenbasierter KI.

Bilder: PTC

zyklus verwaltet werden, können KI-Agenten aktuelle und belastbare Daten abrufen und in den Kontext des Gesamtsystems setzen. Das macht sie zum Fundament agentenbasierter KI und bringt Intelligenz in den Produktlebenszyklus.

IM UNTERSCHIED ZU KLASSISCHER REGELBASIERTER AUTOMATISIERUNG ANALYSIEREN KI-AGENTEN INFORMATIONEN KONTEXTSENSITIV.

Intelligent Product Lifecycle: Daten übers ganze Unternehmen intelligent nutzen

Das beschreibt PTC mit dem Konzept des Intelligent Product Lifecycle. Er beginnt bei den Produktdaten in der Entwicklung und nutzt diese systematisch weiter für die Fertigung und Beschaffung bis hin zum Service.

So entsteht eine konsistente Datenbasis, die Silos überwindet und Rückverfolgbarkeit sowie Rückkopplungsschleifen ermöglicht, etwa von der Fertigung oder dem Service zurück in die Konstruktion.

Die Produktdatenbasis ist hier nicht nur als Dokumentationsinstrument zu sehen, sondern als strategische Infrastruktur. Denn je besser diese Daten strukturiert, verknüpft und qualitätsgesichert sind, desto größeren Nutzen entfalten sie für unternehmensweite Prozesse und desto wirkungsvoller kann agentenbasierte KI darauf aufsetzen.

Einführung als Transformationsprojekt

Die Integration agentenbasierter KI ist jedoch nicht nur ein technologisches Vorhaben. Sie ist ein kultureller Wandel, der neue Fähigkeiten sowie veränderte Rollen, Prozesse und organisatorische Strukturen erfordert. Als Einstieg empfehlen sich deshalb klar definierte und abgegrenzte Pilotprojekte mit eingeschränktem Risikoprofil. So können Unternehmen Erfahrungen sammeln und schrittweise skalieren.

Ein durchdachtes Change-Management hilft Mitarbeitenden dabei, KI als Unterstützung zu betrachten, die ihnen ermöglicht, Routineaufgaben abzugeben, ungehindert (zusammen) zu arbeiten und besser informierte Entscheidungen zu treffen. Zudem müssen Schulungen und Verfahren sicherstellen, dass KI effektiv, aber auch verantwortungsvoll eingesetzt wird.

Außerdem ist regulatorische Compliance entscheidend. KI-Systeme müssen erklärbar und transparent sein und den aktuellen Regularien wie DSGVO, dem EU AI Act sowie Cybersecurity-Richtlinien und -Anforderungen entsprechen.

Ausblick: KI als Verstärker industrieller Kompetenz

Auch KI-Agenten sind kein Allheilmittel. Doch sie können mehr Agilität, Effizienz und Innovationsfähigkeit ermöglichen. Entscheidend hierfür ist es, KI nicht isoliert zu betrachten, sondern als integralen Bestandteil einer durchgängigen Produktdatenstrategie im Sinne eines Intelligent Product Lifecycle. Fertigungsunternehmen, die ihre Produktdaten auf diese Weise nutzbar machen, profitieren nicht nur durch operative Effizienzgewinne, sondern legen auch den Grundstein für eine KI-gestützte Weiterentwicklung der gesamten Organisation. « RT

Dr. Florian Harzenetter
ist Global Advisor Industrials bei PTC.

MEHR KONTROLLE ÜBER DATEN, WENIGER RISIKO

Europa erlebt gerade eine stille Zeitenwende im Umgang mit Daten. Laut aktuellem Bitkom Cloud Report halten 78 Prozent der deutschen Unternehmen Deutschland für zu abhängig von US-Anbietern. Und das Analystenhaus Gartner geht davon aus, dass bis 2030 mehr als 75 Prozent der europäischen Unternehmen ihre virtuellen Workloads in Lösungen überführen, die geopolitische Risiken gezielt reduzieren. Zum Vergleich: Im Jahr 2025 haben das weniger als fünf Prozent getan.

» VON ANDREAS DANGL

Der US Cloud Act macht das Thema greifbar: Er verpflichtet amerikanische Unternehmen, gespeicherte Daten auf Anfrage an US-Behörden herauszugeben – selbst wenn sich die Daten physisch in Europa befinden. Damit verliert jede Organisation, die auf US-basierte Cloud-Dienste setzt, ein Stück ihrer Kontrolle über vertrauliche Informationen. Digitale Souveränität ist damit keine abstrakte For-

derung, sondern eine ganz konkrete Frage der Selbstbestimmung.

In industriellen Umgebungen geht es bei digitaler Souveränität um weit mehr als Datenschutz im klassischen Sinne. Konstruktionsdaten, Stücklisten, Prüfprotokolle, Audit-Trails und Validierungsnachweise bilden das operative Rückgrat technischer Prozesse. Sie sind unmittelbar mit regulatorischen Anforderungen, Zertifizierungen und Haftungsfragen verknüpft.

Cyberangriffe auf industrielle Steuerungssysteme, gezielte Sabotage oder Datenmanipulation in Lieferketten haben in den vergangenen Jahren reale wirtschaftliche Schäden verursacht. Wer heute noch nicht beantworten kann, wo die eigenen Daten liegen, wer darauf zugreift und wie Systeme sie verarbeiten, nimmt ein erhebliches unternehmerisches Risiko in Kauf.

IN INDUSTRIELLEN UMGEBUNGEN GEHT ES BEI DIGITALER SOUVERÄNITÄT UM WEIT MEHR ALS DATENSCHUTZ IM KLASSISCHEN SINNE.

Data Repatriation: Die Rückholung der Kontrolle

Immer mehr Unternehmen führen geschäftskritische Daten und Anwendungen aus internationalen Public-Cloud-Umgebungen zurück in rechtlich kontrollierbare, regionale Infrastrukturen. Dieser Prozess – Data Repatriation – ist jedoch kein simples „Lift and Shift“. Wer Daten zurückholt, muss gleichzeitig Datenklassifizierungen vornehmen, bestehende Dokumentations- und Freigabeprozesse neu abbilden und Integrationen zu ERP-, CRM-, PLM- oder Produktionssystemen sicherstellen.

Besonders im DMS- und QMS-Umfeld zeigt sich die Komplexität: Revisionssichere Archivierung, lückenlose Nachvollziehbarkeit entlang der gesamten Qualitätskette und klare Zugriffsrechte – all das muss auch in der neuen Infrastruktur durchgängig funktionieren. Ein präzises Rollen- und Berechtigungskonzept regelt, wer welche Daten



Eine souveräne Datenstrategie schafft Resilienz gegenüber äußeren Einflüssen und sichert den langfristigen Erfolg.

Bild: © hkama/stock.adobe.com

einsehen, bearbeiten oder freigeben darf. Jede Änderung lässt sich nachvollziehen, jeder Bearbeitungsschritt dokumentieren – über den gesamten Lebenszyklus eines Dokuments, auch in der Zusammenarbeit mit Lieferanten und Kunden entlang der Supply Chain.

Künstliche Intelligenz: Potenzial mit Verantwortung

Künstliche Intelligenz (KI) verändert das industrielle Datenmanagement grundlegend. Automatisierte Klassifizierung technischer Unterlagen, intelligente Suchfunktionen oder mehrsprachige Dokumentenprüfungen steigern Effizienz und Qualität spürbar.

Large Language Models wie ChatGPT oder Claude demonstrieren die Leistungsfähigkeit generativer KI. Diese Systeme analysieren, strukturieren und formulieren Inhalte auf Basis umfangreicher Trainingsdaten neu.

Gleichzeitig bleibt oft unklar, wo Systeme eingegebene Informationen verarbeiten oder speichern. In vielen Szenarien verlassen Daten den europäischen Rechtsraum. Unternehmen verlieren dadurch Transparenz über Verarbeitungsprozesse und schaffen potenzielle Compliance-Risiken.

Ein souveräner KI-Einsatz setzt deshalb auf klar abgegrenzte, kontrollierbare Umgebungen. Mandantenreine Modelle arbeiten innerhalb abgeschotteter Infrastrukturen ohne Internetanbindung. Sie greifen ausschließlich auf Daten der jeweiligen Organisation zu und geben keine Informationen nach außen weiter. Unternehmen kombinieren auf diese Weise Geschwindigkeit und Automatisierung mit maximaler Datensicherheit.

Vor allem bei sensiblen Anwendungsfällen wie automatisierter Vertragsprüfung, technischer Risikobewertung oder regulatorischer Dokumentation entscheidet die Architektur der KI-Anwendung über Rechtssicherheit und Vertrauenswürdigkeit.

Mandantenreine KI: Geschwindigkeit ohne Datenverlust

Die Antwort auf dieses Dilemma liegt in mandantenreinen KI-Modellen. Sie arbeiten innerhalb abgeschotteter Umgebungen ohne Verbindung zum Internet, lernen ausschließlich aus den Daten der jeweiligen Organisation und geben keine Informationen nach außen. So kombiniert KI Geschwindigkeit mit Sicherheit – und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit, ohne das Unternehmenswissen zu gefährden.

Konkret bedeutet das: KI-gestützte Dokumentenprüfungen, automatische Überset-



Die Sicherstellung von digitaler Souveränität sorgt für den Schutz sensibler Industriedaten.

Bild: © FG Trade via GettyImages

zungen technischer Unterlagen und intelligente Klassifizierung von Prüfdokumenten laufen vollständig innerhalb der kontrollierten Unternehmensumgebung ab. Kein Datenpunkt verlässt den definierten Rechtsraum. Das schafft die Grundlage für rechtssichere KI-Nutzung, auch bei hochsensiblen Informationen – etwa in der Rüstungs-, Medizintechnik- oder Automobilindustrie.

Europäische Cloud als Fundament

Digitale Selbstbestimmung beginnt bei der Infrastruktur. Vollständig in Europa betriebene Cloud-native-Plattformen unterliegen dem europäischen Rechtsrahmen und verpflichten sich zu Transparenz, Überprüf-

(Level 3) machen Datenschutz und Informationssicherheit messbar. Regelmäßige Audits schaffen Transparenz und Nachvollziehbarkeit – ein wesentlicher Aspekt, um Vertrauen innerhalb globaler Lieferketten zu festigen.

Die Möglichkeit, den Datenstandort gezielt zu wählen, stärkt das Vertrauen in die eigene digitale Infrastruktur und verhindert strukturelle Abhängigkeiten von außereuropäischen Anbietern.

Souveränität als Wettbewerbsvorteil

Datensicherheit und digitale Souveränität sind weit mehr als technische Schutzmechanismen. Sie stehen für Eigenständigkeit, Innovationskraft und die Fähigkeit, Verantwortung für das eigene Wissen zu übernehmen. Wer Datenhoheit, Compliance und Effizienz miteinander verbindet, legt den Grundstein für eine starke, selbstbestimmte und zukunftsfähige Industrie in Europa.

Europas Industrie gestaltet ihre digitale Zukunft nur dann erfolgreich, wenn sie Technologien nutzt, die Kontrolle und Fortschritt in Einklang bringen. Eine souveräne Datenstrategie – kombiniert mit mandantenreinen KI-Systemen auf europäischer Cloud-Infrastruktur – schafft die nötige Resilienz gegenüber äußeren Einflüssen und sichert den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg.

« RT

■ EIN SOUVERÄNER KI-EINSATZ SETZT AUF KLAR ABGEGRENZTE, KONTROLLIERBARE UMGEBUNGEN. ■

barkeit und Sicherheit bei Datenhaltung, Entwicklung und Betrieb. Unternehmen profitieren nicht nur von rechtlicher Klarheit, sondern auch von der technischen Flexibilität moderner Cloud-Architekturen.

Umfassende Zertifizierungen nach ISO 27001/27018, BSI C5 Testat, ISAE 3000 SOC2 Testat und dem EU Cloud Code of Conduct

Andreas Dangl ist Entrepreneur und Geschäftsführer von Fabasoft Approve.

Die CuMaster ist eine universelle Lösung für das Stanzen von Kupfer-, Alu- und Stahlschienen.



DEM KONKURRENZDRUCK STANDHALTEN

Die Kupferstanzmaschine CuMaster von Boschert bearbeitet sehr lange Kupfer-, Aluminium- und Stahlschienen hochdynamisch und sehr präzise. Hierbei setzt der Maschinenbauer auf Planetenwinkel- und Servowinkelgetriebe von Stöber sowie auf die neuen Zahnstangentreibe des Antriebsspezialisten. Im Vergleich zu Spindelantrieben sind diese flexibler, kompakter, schneller und dynamischer. » VON SILVIA FEDER

Die Anforderungen unserer Kunden sind deutlich gestiegen“, stellt Manuel Kunzelmann, Konstrukteur bei Boschert, schon seit längerem fest. „Sie erwarten nicht nur langlebige Maschinen in hoher Qualität. Wichtiger wird auch eine höhere Leistung bei einem niedrigen Preis.“ Dazu kommt, dass die Anlagen komplexer werden, da sie immer mehr Möglichkeiten bieten sollen. Das Unternehmen passt seine Maschinen konsequent an die Herausforderungen der Kunden an. Kunzelmann: „Durch den steigenden Konkurrenzdruck steht uns dafür allerdings immer weniger Zeit zur Verfügung.“

Mit seinen 125 Beschäftigten fertigt Boschert in Lörrach im Südschwarzwald Stanzmaschinen, die unter anderem bei Blechverarbeitern und Schaltschrankbauern zum Einsatz kommen. Das badische Unternehmen ist weltweit tätig: Die Anlagen finden in Europa ebenso erfolgreich Absatz wie in Asien oder den USA. Zu den neuesten Entwicklungen gehört die CuMaster. Diese Kupferstanzmaschine eignet sich für Materialdimensionen bis 310 × 20 × 6.000 Millimeter. „Zum Einsatz kommt die hochdynamische



Durch eine robuste Lagerungstechnik und eine hochwertige Verzahnungstechnologie sind die Servowinkelgetriebe extrem belastbar und kipps stabil.

und flexible Baureihe, um Kupfer-, Alu- und Stahlschienen zu bearbeiten“, beschreibt Konstrukteur Kunzelmann, „zum Beispiel für Stromschienen im Transformatorenbau, der Solarstromerzeugung oder bei Windkraftanlagen – sprich: wenn hohe Ströme übertragen werden müssen.“ Die Entwicklung dieser Anlage begann bereits 2020, Anfang 2024 wurde der erste Prototyp ausgeliefert. „Bis heute haben wir 15 Maschinen verkauft“, sagt Kunzelmann. „Ein sehr schönes Ergebnis. Damit erreichen wir in der aktuell wirtschaftlich angespannten Lage eine gute Grundauslastung.“

Gemeinsam Qualität leben

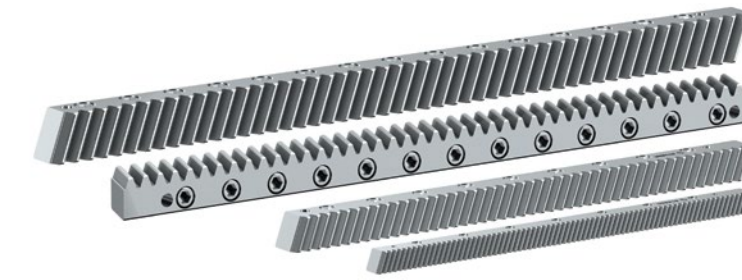
Nicht alles kann das Unternehmen im eigenen Haus fertigen. Deshalb setzt der Maschinenbauer auf ausgewählte Lieferanten. „Wichtig für uns ist es, dass diese unseren Weg partnerschaftlich mitgehen und Qualität genauso leben wie wir“, erläutert Kunzelmann. Die Zulieferer kommen aus dem nahen europäischen Umfeld – und natürlich direkt aus Deutschland, so wie Antriebsspezialist Stöber aus dem knapp 160 Kilometer von Lörrach entfernten Pforzheim. „Die CuMaster ist unser erstes gemeinsames Projekt“, sagt Alexander Schmidt, Area Sales Manager bei Stöber. „Ich kannte Boschert noch aus meiner vorherigen Tätigkeit. „Wir sind uns seitdem immer wieder begegnet. Als ich von diesem Projekt erfuhr, nahm ich Kontakt auf.“ Und der Maschinenbauer wusste von der hohen Qualität der Komponenten, der fachlichen Kompetenz des Antriebsspezialisten und vor allem vom sehr guten Preis-Leistungs-Verhältnis. „Relevant für uns ist auch, dass uns Stöber alles aus einer Hand liefern kann“, betont Kunzelmann.

Charakteristisch für die CuMaster sind die hohe Geschwindigkeit und Dynamik bei präziser Arbeitsweise. Genau das macht diese

Stanzmaschine so wettbewerbsfähig. Mit ihrer enormen Auswahl an Werkzeugen haben Anwender zahlreiche Optionen. „Die Maschine besitzt insgesamt acht Werkzeugstationen“, erklärt Kunzelmann. „Zur Verfügung stehen Ein-, Drei- und Achtfach-Tools.“ Im Werkzeugträger befindet sich eine Station, mit der sich Kupferbauteile bis 200 x 20 Millimeter in einem Zug trennen lassen. Der Stanzkopf bringt wahlweise in schneller Geschwindigkeit 22, in langsamerer Geschwindigkeit 60 Tonnen auf das Werkstück auf. Für Umformungen wie Sicken oder Tiefziehungen rüstet Boschert die Maschine mit bis zu drei absenkbaren hydraulischen Matrizen aus. Dynamische Spannzangen führen das Material durch die Anlage. „Für die Achs-Positionierung haben wir zuvor Spindelantriebe eingesetzt“, sagt Kunzelmann. Damit waren die Konstrukteure jedoch nicht flexibel, da diese Komponenten sich nicht längenunabhängig verbauen lassen. Sie erforderten zudem sehr viel Wartung. Für die CuMaster waren sie auch nicht kompakt genug. „Wir lieferten für diese Aufgabe unsere neuen Zahnstangentriebe“, sagt Alexander Schmidt. „Diese bieten wir in verschiedenen Baureihen, modular und mit zahlreichen Längen an. Damit können wir individuell auf spezifische Anwendungen eingehen.“

Montagefreundliche Zahnstangen

Das Besondere an den neuen Zahnstangentrieben ist, dass ein Verstimmen optional wird. Die Zahnstange darf sich bei Krafteinwirkung durch das Ritzel nicht verschieben. Deshalb stellen Marktbegleiter dies in der Regel neben der Presskraft über die Schraubenbefestigungen mit Passstiften an beiden Enden der Zahnstange sicher. Dabei müssen allerdings die Bohrungen für die Passstifte und



Das Besondere an den neuen Zahnstangen: Die doppelte Bohrung sichert die Komponente gegen mögliches Verschieben.

deren Nachbearbeitungen mit einer Reibahle im angeschraubten Zustand direkt an der Maschine erfolgen. „Gerade bei komplexen Anlagen mit vielen Anbauteilen wie bei der CuMaster ist diese Arbeit äußerst umständlich und dauert“, weiß Schmidt. „Wir lieferten unsere Präzisionszahnstangen mit der doppelten Anzahl an Bohrungen. Statt wie üblich alle 125 befindet sich alle 62,5 Millimeter eine Bohrung für die Verschraubung.“ Damit verdoppelt sich die Anpresskraft der Komponente am Maschinenkörper. Gleichzeitig maximiert dies die Montagefreundlichkeit.

■ DIE BAUREIHE ZR ERMÖGLICHT HOHE VORSCHUB- GESCHWINDIGKEITEN. ■

„Die Baureihe ZR kennzeichnet große, schrägverzahnte Ritzel mit Lochkreis. Dies ermöglicht hohe Vorschubgeschwindigkeiten“, beschreibt Schmidt. Und da die Ritzel ohne zusätzlichen Flansch montiert sind, wirkt sich das auf das Preis-Leistungs-Verhältnis aus. Dazu kommt die gute Antriebssteifigkeit bei gleichbleibender Genauigkeit und geringerem Bauraum. Ebenso entfällt der hohe Wartungsaufwand. „Die Entwicklung dieser Komponenten schreitet immer weiter voran. Mit Blick in die Zukunft fiel uns die Entschei-

dung für die Zahnstangentriebe deshalb auch nicht schwer“, resümiert Kunzelmann. Der Umstieg von den Spindelantrieben auf die Zahnstangentriebe lief reibungslos.

Noch mehr Leistungsdichte

Stöber lieferte zudem Planetenwinkel- und Servowinkelgetriebe für die Gewindegewinde-Einrichtung. Sein Servowinkelgetriebe bietet der Antriebsspezialist nun nicht mehr nur zwei-, sondern auch einstufig an. Die neu designte Baureihe hat eine robuste Lagerungstechnik und eine hochwertige Verzahnungstechnologie. Damit sind diese extrem belastbar und kippsicher. Die einstufige Version mit den Übersetzungen zwei oder vier ermöglicht im Vergleich zur zweistufigen Variante auch eine wesentlich höhere Drehzahl am Abtrieb. In dreistufiger Ausführung ist ein Übersetzungsbereich bis 400 verfügbar.

„Durch den platzsparenden Antrieb profitieren wir von weniger Gewicht, einem hohen Drehmoment und daraus resultierend von einer gesteigerten Leistungsdichte“, berichtet Kunzelmann. Je nach Anwendung und Kundenoptionen arbeiten die Komponenten teilweise synchron, teilweise einzeln zusammen. „Wir legten die Antriebslösungen gemeinsam mit Boschert und Schneider Electric aus, die die Servoantriebe mit den Reglern geliefert hat“, berichtet Schmidt. Die Inbetriebnahme führte der Kunde selbst durch.

„Wir sind mit dem Gesamtpaket sehr zufrieden“, freut sich Kunzelmann. „Insbesondere durch die höheren Endgeschwindigkeiten und Dynamiken der Antriebe sind unsere Stanzmaschinen deutlich wettbewerbsfähiger.“ Verantwortlich dafür sind unter anderem die höhere Steifigkeit und Präzision der Zahnstangentriebe. Begeistert ist er auch von der Zusammenarbeit. Diese sei „einwandfrei“, die Betreuung auf höchstem Level und die Lieferung erfolgte innerhalb kürzester Zeit. Bei Problemen bekomme das Unternehmen sofort unkomplizierte Hilfe. Es funktioniere einfach – egal, ob es um neue Projekte gehe, um Herausforderungen oder Optimierungen.

« KIS

Silvia Feder ist Head of Marketing bei Stöber Antriebstechnik.



Die Zahnstangentriebe der Baureihe ZR kennzeichnen große, schrägverzahnte Ritzel mit Lochkreis. Dies ermöglicht hohe Vorschubgeschwindigkeiten.

Bilder: Stöber Antriebstechnik



Das digitale Wellgetriebe ist smart, spielfrei und bauraumneutral.

Bild: © Inna/stock.adobe.com;
© MH/stock.adobe.com;
Nabtesco Precision Europe

SPIELFREIE WELLGETRIEBE MIT KOMPAKTER INTELLIGENZ

Das digitale Wellgetriebe von Nabtesco integriert smarte Sensorik bei gleichen Abmessungen wie ein Standardgetriebe und bietet damit eine bauraumneutrale Lösung für die intelligente Automatisierung. Das eröffnet neue Möglichkeiten in Bezug auf Performance, Konstruktion, Zustandsüberwachung, Prozessoptimierung, Kosteneffizienz sowie Maschinenbeziehungsweise Roboterverfügbarkeit. » VON JENNIFER HAGMEYER

Werden Getriebe mit externen Sensoren ergänzt, führt dies in der Regel zu einer größeren Bauform und zusätzlichem Platzbedarf. Doch es geht auch anders: Das digitale Wellgetriebe der Nabtesco Precision Europe bleibt trotz integrierter Sensorik genauso kompakt wie ein Standardgetriebe mit vergleichbaren Leistungsdaten. Es lässt sich ohne Einschränkungen in Maschinen oder Roboter einbauen und trägt entscheidend zu Performance-Optimierungen, Effizienzsteigerungen, Ressourcenschonung und mehr Wirtschaftlichkeit bei.

Digitales Wellgetriebe ohne zusätzlichen Platzbedarf

„Die Kombination aus bauraumneutral integrierter Sensorik und KI-Funktionalität ist weit mehr als ein technischer Trend – sie markiert einen entscheidenden Meilen-

stein in der Weiterentwicklung moderner Antriebstechnik. Die direkte Integration der Sensorik und Elektronik ohne zusätzlichen Platzbedarf ist der nächste logische Schritt, um mechanische Leistungsfähigkeit und digitale Intelligenz optimal miteinander zu vereinen“, so Jonas Kinzel, Product Manager

— DIE MEHRKOSTEN FÜR KI-UNTERSTÜTZTE GETRIEBE WERDEN ANDERSWO KOMPENSIERT. —

Wave Gears bei Nabtesco. Die Vorteile liegen auf der Hand: Bekannte Design-Richtlinien, Schnittstellen und Vorgehensweisen bleiben bestehen, Gewicht und Abmessungen verändern sich nicht, vorhandene Systeme können ohne großen Aufwand nachgerüstet werden. Das Ergebnis sind kompaktere, leichtere und zugleich leistungsfähigere Maschinen.

Präzise Live-Daten für Condition Monitoring und Predictive Maintenance

Das digitale Wellgetriebe ist eine zentrale Komponente zukunftsorientierter Smart-Factory-Architekturen. Sensoren ermitteln Drehmoment, Temperatur sowie Vibration. Zusammen mit Erfahrungswerten aus der Praxis lassen sich so verlässliche Rückschlüsse auf den Zustand des Getriebes ziehen. Die integrierte Electronic Evaluation Unit (EEU) übernimmt die Auswertung der Daten und sendet diese direkt über das Bussystem an die übergeordnete Steuerung. Der Betreiber erhält Handlungsempfehlungen und kann frühzeitig auf sich ändernde Parameter reagieren und entsprechende Maßnahmen einleiten.

Gezielte Prozessoptimierung, reduzierte Betriebskosten

Die kontinuierliche Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) ermöglicht die Be-

rechnung der realen Getriebelebensdauer, die Bestimmung des Getriebefehlers, die Erkennung von Überlast, ungeeigneten Betriebspunkten sowie Missuse-Fällen und schafft die Voraussetzungen für nachhaltige Optimierungsstrategien und vorausschauende Wartungskonzepte (Predictive Maintenance). Das Ziel: Ausfallzeiten minimieren, Prozesse effizienter gestalten und die Lebensdauer von Getrieben und damit Maschinen, Anlagen und Robotern verlängern.

Digitale Getriebe zahlen sich aus

„Natürlich ist die initiale Investition in bauraumneutral integrierte, KI-unterstützte Getriebe höher als bei klassischen Lösungen. Doch diese Mehrkosten werden auf mehreren Ebenen kompensiert: durch eingesparte Materialien, kleinere und leichtere Antriebe, weniger Energieverbrauch sowie reduzierte Wartungskosten. Hinzu kommen die Benefits, die die höhere Ausfallsicherheit, die bessere Planbarkeit von Wartungs- und Serviceeinsätzen, die längere Lebensdauer und die höhere Prozesssicherheit mit sich bringen“, betont Jonas Kinzel und macht deutlich: „Summa summarum ergeben sich so deutliche Kostenvorteile.“

Modulare Wellgetriebe in exzellenter Qualität

Die digitalen Wellgetriebe werden am Standort von Ovalo in Limburg (Lahn) nach Automotive-Standard (IATF-Zertifizierung 16949) produziert und zeichnen sich durch absolute Spielfreiheit, hervorragende Wiederholgenauigkeit, vollständige Wartungsfreiheit, 100 Prozent Rückverfolgbarkeit (Traceability) sowie eine hohe Drehmomentkapazität (bis zu 15 Prozent höher im Vergleich zu herkömmlichen Wellgetrieben) aus – und das bei kleinen Abmessungen und geringem Gewicht. Sie können zusätzlich individuell ausgelegt und Performance, Geometrie, Material sowie Schnittstellen exakt auf die jeweilige Applikation abgestimmt werden, bei Bedarf inklusive Funktions-, Bauteil- und Systemintegration.

100 Prozent Performance, null Prozent Kompromiss

Die Basis bildet ein flexibler Produktbaukasten mit einer großen Auswahl an Baugrößen, Bauformen, Werkstoffen und Zusatzbauteilen wie Motoren, Lagern, Wellen, Dichtungen, Gehäuse, Sensorik, Bremsen und ECUs. Auch Getriebe-Eigenschaften lassen sich anpassen, beispielsweise Rücktreibmoment, Überlastfähigkeit, Übertragungsgenauigkeit, Hauptlagerung, Wirkungsgrad, Gewicht und Massenträgheitsmoment. So müssen Kunden keine Kompromisse



Das digitale Wellgetriebe ist eine Plug&Play-Lösung für die intelligente Automatisierung.

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



Wellgetriebe bieten absolute Spielfreiheit, eine außerordentliche Übertragungsgenauigkeit und eine hohe Torsionssteifigkeit.

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

bei der Konstruktion ihrer Maschinen und Roboter eingehen. Das Motto: Nicht die Applikation muss an das Getriebe angepasst werden, sondern das Getriebe an die Anforderungen.

Spielfreie Plug&Play-Lösungen für digital vernetzte Antriebssysteme

Mit den sensorisierten Wellgetrieben bietet der Hersteller spielfreie Plug&Play-Lösungen für hochpräzise, platzsparende und zugleich digital vernetzte Antriebssysteme. Gerade bei kollaborativen Robotern, in sehr wartungsintensiven Automatisierungsanlagen oder in Branchen wie der Medizintechnik zahlt sich die Kombination aus Intelligenz und Kompaktheit aus. Die digitalen Getriebe sind kleiner und leichter als herkömmliche sensorisierte Antriebslösungen. Das reduziert sowohl das Gewicht als auch die Belastung des Gesamtsystems – perfekt für Cobots oder chirurgische Roboter, wo es auf jeden Millimeter und jedes Gramm ankommt. Auch bei der Nachrüstung bestehender Anlagen punktet das bauraumneutrale Konzept: Mechanische Schnittstellen bleiben unverändert. Es genügt, die Verkabelung anzupassen, um Wartungskonzepte mit Condition Monitoring oder Predictive Maintenance umzusetzen.

— DIE MECHANISCHEN SCHNITTSTELLEN BLEIBEN UNVERÄNDERT. —

Fit für die digitale Zukunft

Getriebe sind das Herz von Maschinen und Robotern und geben das Tempo bzw. den Takt in der Fertigungsindustrie vor. Damit werden sie zu einem wichtigen Eckpfeiler bei der Digitalisierung. Wer sie jedoch weiterhin ausschließlich mechanisch betrachtet, lässt die Chancen ungenutzt, die moderne datenbasierte Lösungen eröffnen. „Die bauraumneutrale Integration von Sensorik und KI-Funktionalität ins Getriebe ist kein Nice-to-have, sondern eine Investition in Effizienz, Flexibilität und Wettbewerbsfähigkeit. Wer diesen Schritt geht, schafft die Basis für die nächste Evolutionsstufe der industriellen Automatisierung“, hebt Jonas Kinzel hervor.

Das digitale Wellgetriebe ist als Getriebe-Set Plus, Getriebe-Unit, Hutgetriebe (Hat type gear; HTG), Topfgetriebe (Cup type gear; CTG) sowie mit Hohlwelle oder Vollwelle verfügbar. Die Kalibrierung erfolgt in Limburg an der Lahn, eine Kalibrierung durch den Kunden in der Zielapplikation ist nicht notwendig.

« KIS

Jennifer Hagmeyer ist Team Lead Marketing bei Nabtesco Precision Europe.

RECHNEN, BEVOR ES TEUER WIRD: SIMULATION AM HLRS

Bauteile im Rechner testen statt im teuren Windkanal: Das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) verbindet Simulation und KI für Wissenschaft und Industrie. Mit neuen Systemen wie „Hunter“ und Initiativen für den Mittelstand senkt das HLRS Hürden für Supercomputing. So entstehen datenbasierte Innovationen – schneller, effizienter und nachhaltiger als je zuvor. » VON SOPHIA HONISCH

Die zentrale Einrichtung der Universität Stuttgart wurde 1996 als erstes Bundeshöchstleistungsrechenzentrum gegründet. Heute betreibt das HLRS Höchstleistungsrechner für Wissenschaft, Industrie und öffentliche Einrichtungen. Sie helfen, Strömungen, Materialien, neue Antriebskonzepte, Klimaveränderungen oder Produktionsprozesse zu simulieren und zu verstehen, bevor teure Entwicklungen in der Realität beginnen.

Für die digitale Fertigung ist das sehr wichtig: Simulationen verkürzen Entwicklungszeiten, KI erkennt Muster in Messdaten, Visualisierung macht Ergebnisse greifbar und Höchstleistungsrechnen ist in Kombination mit all diesen Werkzeugen extrem wertschöpfend. Es liefert zwar keine fertige Antwort auf Knopfdruck, schafft aber die Grundlage, auf der Ingenieurinnen und Ingenieure datenbasierte Entscheidungen treffen können.

Hybride Workflows: Wenn Simulation auf KI trifft

Das HLRS agiert besonders stark in den Ingenieurwissenschaften. Dazu zählen Automobil- und Luftfahrttechnik, Energie, Materialforschung, Biomedizin, Klima- und Wettermodelle sowie industrielle Datenanalyse. Unternehmen nutzen die Rechner nicht nur für klassische Simulation. Immer häufiger kombinieren sie Rechenmodelle mit KI. So entstehen hybride Arbeitsabläufe: Simulationen erzeugen Trainingsdaten, KI beschleunigt Berechnungen und Datenanalyse bewertet Varianten. Der wahre Wert liegt im Verstehen und der Kombination der technischen Möglichkeiten.

Diese Entwicklung verändert auch die Rolle eines Rechenzentrums. Früher stand oft die Frage im Vordergrund, wie viele Rechenoperationen ein System schafft. Heute geht es stärker darum, wie gut sich Simulation, KI und Datenanalyse in einen Arbeitsablauf ein-

fügen. Ein Unternehmen will nicht nur eine größere Rechnung starten, sondern Varianten vergleichen, Messdaten einbinden, Modelle trainieren und Ergebnisse so darstellen, dass Konstruktion, Fertigung und Management sie nutzen können.

■ DAS HLRS SCHULT JÄHRLICH RUND 1.000 TEILNEHMENDE IN THEMEN WIE PARALLELES PROGRAMMIEREN, VISUALISIERUNG, LEISTUNGSOPTIMIERUNG, DATENANALYSE UND WISSENSCHAFTLICHEM RECHNEN. ■

Dafür braucht es Rechner, die beides leisten: klassische Simulationen mit hoher Genauigkeit und KI-Verfahren mit großen Datenmengen. Außerdem müssen sie effizient laufen. Denn Strom, Kühlung und Flächenbedarf setzen auch dem Supercomputing klare Grenzen. Neue Systeme müssen deshalb nicht nur schneller rechnen – sie müssen Rechenleistung besser pro Watt liefern und Nutzende beim Umstieg auf beschleunigte Architekturen unterstützen.

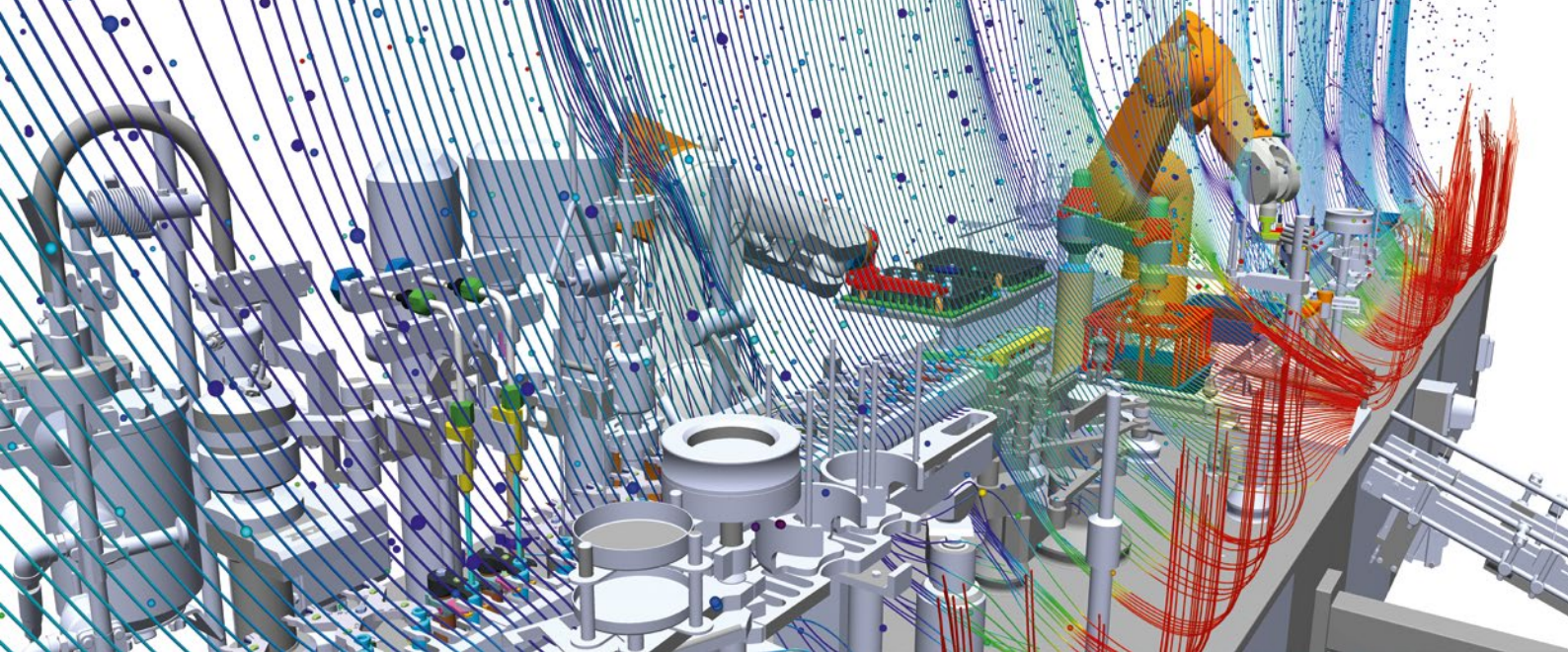
Hunter und Herder: Der Weg zur GPU-Zukunft

Genau an dieser Stelle setzt der aktuelle Ausbau des HLRS an. Mit dem Supercomputer Hunter hat das HLRS Anfang 2025 ein neues System in Betrieb genommen. Hunter erreicht 48,1 Petaflops theoretische Spitzenleistung und ist damit fast doppelt so schnell wie sein Vorgänger Hawk. Zugleich braucht das System bei Spitzenleistung deutlich weniger (nur ein Fünftel) der Energie. Möglich machen das AMD Instinct MI300A APUs, direkte Flüssigkeitskühlung und ein dynamisches Power-Capping. Eine



Der Supercomputer Hunter zog im Januar 2025 ins HLRS ein. Seine theoretische Spitzenleistung liegt bei 48,1 Petaflops – er ist damit fast doppelt so schnell wie sein Vorgänger Hawk.

Bild: HLRS/Julian Holzwarth



Auf Höchstleistungsrechnern erstellte Visualisierungen machen Ergebnisse greifbar und ermöglichen Interaktionen damit. Bild: HLRS

neue Generation von Technologie in Zusammenarbeit mit optimierten Kühlungsverfahren und einer in Zusammenarbeit mit dem Hersteller optimierten Lösung zur Energieeffizienz. Gleichzeitig ist Hunter für die Nutzer auch ein Zwischenschritt. Während bislang die Rechensysteme des HLRS hauptsächlich CPU-basiert waren, bereitet das Team rund um Hunter nun die Nutzer und deren Anwendungen und Arbeitsweisen auf eine GPU-beschleunigte Zukunft vor.

Diese Zukunft heißt am HLRS ab Ende 2027 Herder. Der nächste große Supercomputer wird deutlich mehr Leistung bringen. Er zieht in das neue Rechenzentrumsgebäude HLRS III, das sich aktuell im Bau befindet. Dort wird Abwärme nicht verpuffen, sondern zum Beispiel Gebäude auf dem Universitätscampus Vaihingen heizen. Das zeigt: Höchstleistung und Energieeffizienz müssen zusammen geplant werden, dann kann man den besten Nutzen daraus ziehen, im Fall des HLRS III bedeutet das eine Reduzierung der CO₂-Emissionen von Gasnutzung des Campus von bis zu 50 Prozent.

HammerHAI senkt Hürden für industrielle KI

Neben dem Ausbau des Supercomputers ist ein weiterer Schwerpunkt künstliche Intelligenz. Mit HammerHAI koordiniert das HLRS die erste deutsche AI Factory der Initiative der EuroHPC Joint Undertaking. Sie wird Start-ups, Mittelstand, Industrie und Forschung den Zugang zu sicherer KI-Infrastruktur erleichtern. HammerHAI setzt auf Rechenleistung in Deutschland, Beratung, Schulungen und Werkzeuge für den gesamten KI-Lebenszyklus. Dazu gehören Training,

Inferenz, Datenmanagement und der Weg vom Prototyp über die Umsetzung bis hin zur Skalierung. Voraussetzungen dafür werden mit dem im Herbst 2026 kommenden KI-optimierten HammerHAI Supercomputer geschaffen, der eine KI-Inferenzleistung von bis zu 15 Exaflops erreichen wird.

Für die Fertigung ist das mehr als ein IT-Thema. KI kann Qualitätsdaten auswerten, Ersatzmodelle für Simulationen bauen, Wartung vorhersagen oder Varianten im Entwurf vergleichen. Viele kleinere Unternehmen besitzen aber weder eigene KI-Rechner noch

sind Erfolgsgeschichten: bessere Produkte, schnellere Entwicklung, neue Services. FFplus knüpft an die Fortissimo-Projektreihe an, die seit 2013 mehr als 130 Experimente mit über 330 Partnern durchgeführt hat. Viele davon zeigten, dass Supercomputing eben nicht nur spezialisierten Konzernen hilft. Vor allem kleinere Betriebe können profitieren, wenn sie eine klare Aufgabe und dafür eine Anschubhilfe haben: um etwa ein Werkzeug zu optimieren, einen digitalen Zwilling verbessern oder ein KI-Modell für eine Nische zu trainieren.



Das HLRS bietet Rechenleistung und Expertise für Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft. Bild: HLRS

große KI-Teams. Genau hier setzt HammerHAI an: Es soll Hürden senken, ohne Datenschutz und Kontrolle aus der Hand zu geben.

FFplus bringt Supercomputing in den Mittelstand

Eine weitere wichtige Aktivität für KMUs und Start-Ups ist das Programm FFplus. Diese europäische Aktivität bietet offene Ausschreibungen, um Budget für das Testen und den Einbau von Höchstleistungsrechnern und generative KI in Geschäftsmodellen der KMUs und Start-Ups zu testen. Wer ausgewählt wird, erhält Zugang zu Rechenressourcen, technischer Hilfe und Anschubfinanzierung. Ziel

Mit dem weiteren EU-geförderten Projekt EXCELLERAT P2 (arbeitet das HLRS zudem an fortgeschrittenen HPC-Anwendungen für das Engineering. Das europäische Exzellenzzentrum verbindet HPC, Datenanalyse und KI. Es zeigt damit, wohin sich technische Software entwickelt: weg von einzelnen Rechenläufen, hin zu durchgängigen Arbeitsketten. Konstruktion, Simulation, Messdaten und KI rücken enger zusammen. Im Fokus stehen hierbei Fertigung, Energie, Luftfahrt und Automobilindustrie.

« TB

Sophia Honisch ist Head of Public Relations am Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS).

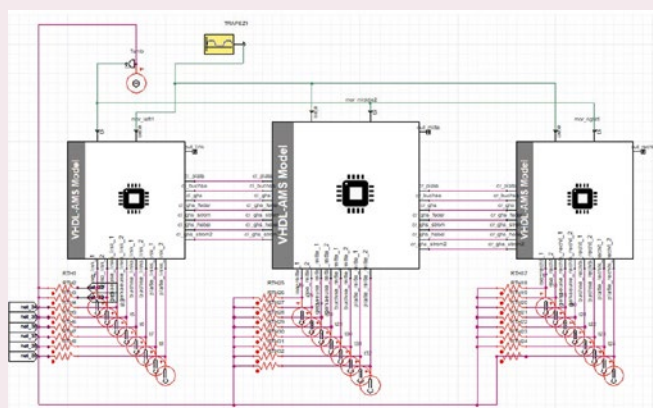
WENIGE FREIHEITSGRADE, MEHR FREIHEITEN

Sind bei 3D-FEM-Modellen mit einer Million Freiheitsgraden nur wenige Informationen relevant, können sie in kleine Reduced Order Models (ROMs) exportiert werden. Wie dies in Ansys geht, zeigt ein Beispiel von Wago: Kunden können im E-Shop Steckverbinder selbst durch thermoelektrische Simulationen bewerten, was Mitarbeitende in der Simulationsabteilung und im Vertrieb entlastet. » VON ALEXANDER KUNZ

Wir hatten die Herausforderung, dass sich unsere kleine Simulationsabteilung neben der Produktentwicklung verstärkt mit Anfragen von Kunden und Kollegen aus Vertrieb und Produktmanagement beschäftigen musste“, beschreibt Wilhelm Rust, Simulationsingenieur bei Wago, den Auslöser eines wegweisenden Projektes. Denn auch interne Simulation-as-a-Service-Leistungen basieren auf großen 3D-FEM-Modellen und sind entsprechend rechenintensiv. Zwei Wochen Bearbeitungszeit kamen da schnell zusammen.

Die Lösung in drei Schritten

Dem Simulationsteam war klar, wo es ansetzen musste: an den Modellgrößen. Weil es auch wusste, welche sehr ähnlichen Fragestellungen viele Kunden haben, wird heute aus jedem fertigen 3D-FEM-Modell ein reduziertes Modell mit den kundenrelevanten elektrothermischen Eigenschaften exportiert. Dieses kann unkompliziert für die thermoelektrische Evaluierung der Stecker und Klemmen eingesetzt werden – vom Produktmanager, vom technischen Support oder vom Kunden selbst. Vorhandenes Simu-



Reduced Order Model der für die Konnektivität entscheidenden elektrisch-thermischen Eigenschaften.

Bilder: Wago

lationswissen wird so an anderer Stelle im Produktlebenszyklus genutzt: an der Schnittstelle zur individuellen Kundenanwendung.

Das Kundenteam dachte noch einen Schritt weiter: Das Modell wurde weiter automatisiert, trainiert und online im E-Shop integriert. Heute können Kunden völlig autonom, 24/7 und mit wenigen Klicks die Eignung der Bauteile überprüfen.

Ansyes-Modelle im Webshop: Wie geht das im Detail?

So einfach und intuitiv die Ansyes-Modelle heute online genutzt werden können – ihr Weg aus der Berechnungsabteilung in den E-Shop war steinig. Denn mit dem Projekt

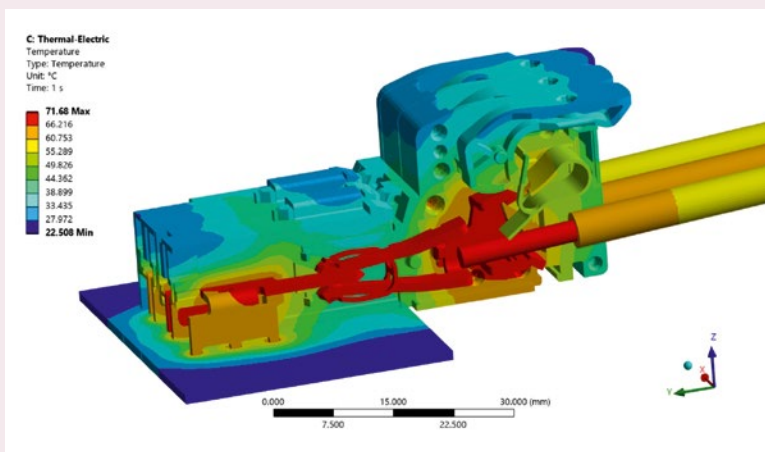
betrat der Kunde Neuland, sowohl intern als auch in der Branche. „Wir sind explorativ gestartet“, beschreibt Wilhelm Rust das Vorgehen, „wir wussten anfangs eigentlich gar nicht, wie alles ablaufen wird.“

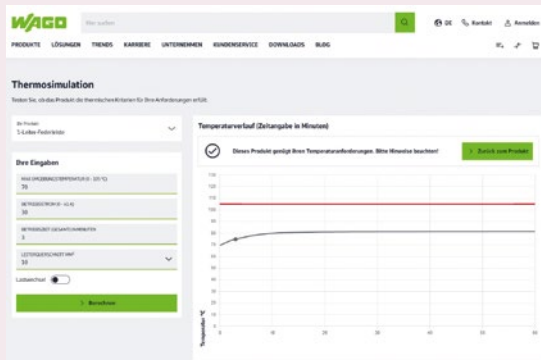
Vom 3D-FEM-Modell zum 1D ROM

Für die Simulationsspezialisten ging es vor allem darum, wie sie aus dem 3D-FEM-Modell ein geeignetes reduziertes Modell exportieren. Im Austausch mit Cadferm kristallisierte sich die Spezialsoftware „Model Reduction inside Ansys“ (MORiA) samt Schulung, Einweisung und Support als die Lösung heraus, die dem Kunden weiterhilft.

Denn MORiA eignet sich besonders für thermische, mechanische und thermomechanische Fragestellungen. MORiA, das vom Anbieter in Kooperation mit dem Steinbeis Transferzentrum Niedersachsen entwickelt wurde, nutzt die hocheffiziente Krylov-basierte Modellordnungsreduktion in Verbindung mit einem Reduktionsansatz aus der Elektrotechnik, der die Ein- und Ausgänge des Systems nutzt und deren Verhältnis, die Übertragungsfunktion, aufgreift. Mit MORiA können so die üblichen eine Million Freiheitsgrade von thermomechanischen, thermoelektrischen oder piezoelektrischen Modellen in Ansys Mechanical automatisiert auf die entscheidenden 100 reduziert und in

3D-FEM-Modell eines Steckverbinders von Wago: detailliert, aber groß und rechenintensiv.





Simulation im Wago E-Shop.

Systemsimulationen genutzt werden. Über einen APDL-Workflow behält der Anwender die volle Kontrolle bei der Reduktion.

Über den mit dem Hersteller entwickelten Workflow hat MORiA beim Kunden heute einen festen Platz im Entwicklungsprozess der Steckverbinder und Klemmen. „Durch den abschließenden Export der für die Kunden relevanten Parameter in ein 1D ROM

SIMULATIONSWISSEN WIRD AN WEITEREN STELLEN IM PRODUKTLEBENSZYKLUS GENUTZT.

können wir Kunden unmittelbar und mit wenig Aufwand an den Ergebnissen unserer Arbeit teilhaben lassen“, sagt Wilhelm Rust. Da ROM-Modelle keine Rückschlüsse auf die ursprünglichen vollständigen Modelle zulassen, gibt es dabei keine Einschränkung hinsichtlich IP- und Datenschutzfragen.

Volle Konzentration auf die thermische Erwärmung

Zurück zum Anwendungsfall: Für die Wago-Kunden ist die thermische Erwärmung der elektrischen Steckverbinder und Leiterplattenklemmen wichtig. Sie muss unter den in ihren Systemen wirkenden spezifischen dynamischen Lastprofilen, also Strom und Umgebungstemperatur, unter definierten Grenzwerten liegen und dies in einem möglichst kleinen Bauraum. Folglich enthält das jeweilige ROM die dafür entscheidenden Informationen.

Mit Ansys TwinBuilder und Machine Learning zur intuitiven Lösung

Mit Ansys TwinBuilder wird das ROM in einen Gesamtkontext implementiert, das heißt, es werden in kurzer Zeit eine große Anzahl an dynamischen Lastprofilen simuliert. Damit können händisch bereits viele verschiede-

ne Bestromungsmengen und wechselnde Umgebungstemperaturen betrachtet werden.

Noch komfortabler ist es für Kunden, wenn sie die Eignung der Wago-Produkte jederzeit eigenständig und schnell überprüfen können. „Umso mehr“, weiß Wilhelm Rust, „weil es Komponenten sind, die bei elektrischen Systemen nicht die Hauptrolle spielen. Wer eine Wallbox oder einen Wechselrichter konfigurieren will, möchte sich nicht

ewig mit dem Leiteranschluss beschäftigen“.

Damit die Modelle auch online im E-Shop von Kunden zur Evaluierung und Identifikation des geeigneten Produktes genutzt werden können, wurden sie durch Machine Learning trainiert. Wago ist mit zehn Produkten gestartet. „Wir waren wir in der Lage, für diese Produkte in verschiedenen Varianten insgesamt 20.000 Datensätze zu erzeugen. Das ist eine sehr gute Grundlage für ein Training des neuronalen Netzes, aus dem wir bereits weitere Varianten herausziehen konnten“, erklärt Wilhelm Rust diesen vermeintlich letzten Schritt.

Weitere Herausforderungen für die Umsetzung im E-Shop

„Vermeintlich“, denn auch mit den trainierten Modellen war man noch nicht ganz am Ziel. Wilhelm Rust: „Wenn man das Machine-Learning-Modell aufwändig für eine Online-Nutzung entwickelt und trainiert hat, muss es natürlich auch bereitgestellt werden. Das bedeutet: Die IT muss das Ganze prüfen und auf ihren Systemen einbinden. Und dann kommt die Website: Design, Datenpflege – das alles unterschätzt man als Ingenieur.“

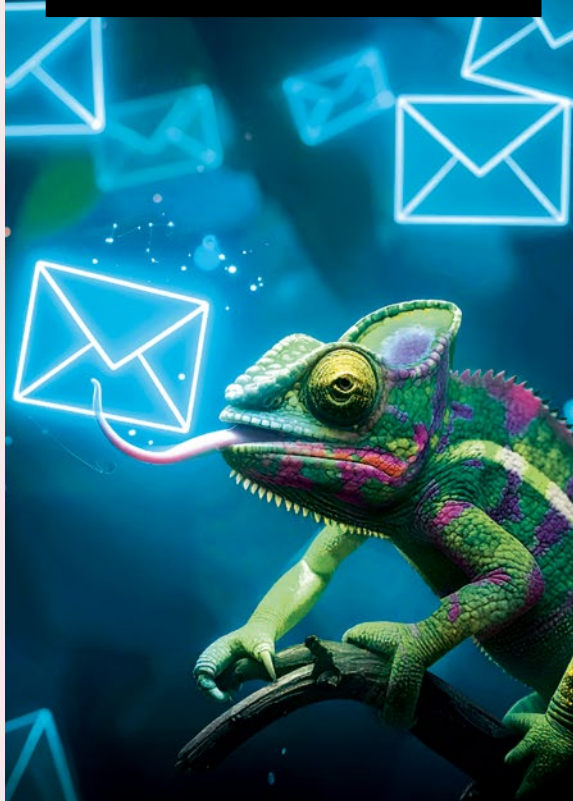
Im Frühjahr 2025 ist das Portal mit dem E-Shop schließlich mit den zehn Produkten aus der ersten Phase freigeschaltet worden. Weitere werden zügig folgen, denn Wago hat nun einen funktionierenden Workflow. In der Branche hat das Unternehmen damit ein Alleinstellungsmerkmal und ist gespannt auf die Resonanz aus dem Markt. Wilhelm Rust: „Es muss sich jetzt in die Planungsprozesse unserer Kunden integrieren. Die waren Datenblätter gewohnt, aber wir sind sehr optimistisch, dass sich die neue Möglichkeit, die letztendlich von uns Simulationsingenieuren initiiert wurde und auch uns sehr entlastet, etabliert.“

« KIS

Alexander Kunz ist Redakteur bei Cadferm Germany.

**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**

GLASFASER DRINGT IN RAUE UMGEBUNGEN VOR

Schmutz, Feuchtigkeit und Vibrationen galten lange als natürliche Feinde der Glasfaser. Trotz ihrer Vorteile blieben daher viele Anwendungen weiterhin der Kupferverkabelung vorbehalten. Mit robusten Steckverbindern kann die schnelle und leichte Glasfasertechnologie ihre Stärken nun auch in extremen Umgebungen ausspielen. ► **VON HARRY JACOB**



Neue Steckverbinder-Technologien überwinden die bisherigen Grenzen der Glasfaser und ermöglichen Highspeed-Datenübertragung an jedem Ort.

Das Wachstum der Datenübertragung beschleunigt sich weiterhin rasant. Gründe hierfür sind unter anderem die verstärkte Nutzung von Bild- und Videodaten, der zunehmende Einsatz von KI-Anwendungen und Cloud-Diensten sowie die fortschreitende Digitalisierung allgemein.

Eine maßgebliche Kennzahl für die Entwicklung des internationalen Datenaustausches liefert die jährliche Statistik des deutschen Internetknotens DE-CIX mit seinen weltweit verteilten Datenaustauschpunkten. Dieser verzeichnete im Jahr 2024 einen globalen Datenverkehr von 68 Exabyte, das ist ein Zuwachs von 15 Prozent gegenüber 2023 (59 Exabyte). Beim Tagesrekord gab es einen Anstieg von 22,36 auf 24,92 Terabit pro Sekunde, ein Plus von 11,4 Prozent.

Glasfaser: Hohe Bandbreiten, aber sehr empfindlich

Dieses enorme Wachstum ist nur möglich durch den zunehmenden Einsatz von Glas-

faser-Verbindungen, die hohe Bandbreiten bei niedriger Latenz zur Verfügung stellen. Fortschritte bei Übertragungsstandards und Steckverbindern ermöglichen zudem eine effizientere Nutzung der einzelnen Fasern sowie einer einfacheren Bündelung bei begrenztem Platzbedarf.

In Rechenzentren ist Glasfaser bereits Standard, und auch die Erschließung von Haushalten und Unternehmensstandorten wird zunehmend von Kupfer auf Lichtwellenleiter (LWL) umgestellt. Es gibt jedoch nach wie vor Bereiche, in denen sich die leichte und schnelle Verbindungstechnik noch nicht etablieren konnte – denn sie gilt in manchen Situationen als schwer zu handhaben.

Der Übergang von einer Faser zur nächsten ist empfindlich gegenüber Verschmutzungen und Feuchtigkeit. Ebenso können mechanische Belastungen und Vibrationen die Datenübertragung beeinträchtigen oder sogar unterbrechen. Auch hohe Temperaturen und häufige Steckzyklen galten bislang

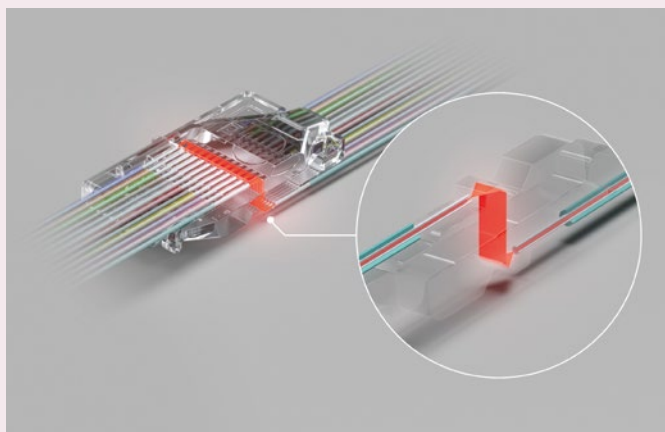
als Argumente gegen den Einsatz von Lichtwellenleitern.

In rauen Umgebungen setzen Anwender daher häufig auf die etablierte Kupferverkabelung. Dies ist beispielsweise in stark verschmutzten Umgebungen der Fall, wie sie unter anderem in manchen Bereichen der produzierenden Industrie auftreten.

Neue Steckverbinder-Technologien überwinden bisherige Grenzen

Ein erster Schritt hin zu unempfindlicheren LWL-Steckverbindungen gelang mit dem Prinzip der Strahlaufweitung. Dieses wurde mit dem EBO-Ferrulenkonzent (Expanded Beam Optical) weiter optimiert (siehe Kasten). Als Nächstes folgen robuste Steckverbinder-systeme der EBM-Serie (Expanded Beam Multifiber). Die nach gängigen Industrienormen entwickelten Steckverbinder S-RMC sowie MIL13 sind eine „Ruggedized“-Steckverbinder-Eigenentwicklung von Rosenberger Hochfrequenztechnik. Sie vereinen die robuste Signalübertragung EBO mit unempfindlichen und stabilen Gehäusen. Im Inneren befinden sich Ferrulen, die je nach Bedarf zwischen 2 und 16 Singlemode- oder Multimode-Fasern aufnehmen können. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden viele der bestehenden Bedenken gegenüber dem Glasfaser-Einsatz in rauen Umgebungen hinfällig:

- **Hohe Widerstandsfähigkeit:** Die robusten EBM-Steckverbinder sind für raue Bedingungen ausgelegt und halten bis zu 5.000 Steckzyklen stand
- **Stabile Verbindung:** Sie gewährleisten eine zuverlässige, verlustarme Konnektivität mit standardisierten Formaten (SC Footprint)
- **Plug-and-Play:** Sie ermöglichen eine schnelle, intuitive Installation ohne hohen Schulungsaufwand
- **Leicht und kompakt:** Das Steckerdesign ist auf hohe Leistung bei geringem Platzbedarf und Gewicht optimiert



Kollimationslinse zur Verbreiterung des Lichtstrahls und Reduzierung von Partikeleffekten.

Die daraus resultierenden Datenmengen lassen sich am besten mit LWL übertragen, die zudem einen Vorteil bei der Minimierung der Latenzzeiten bieten.

Fazit: Zukunftsfähige Alternative

Für Glasfaser sprechen unter anderem die hohen Bandbreiten, das geringe Gewicht und die Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Interferenzen (EMI). Ein Schwachpunkt war lange Zeit das Handling, insbesondere in rauen Umgebungen. Doch diese Einschränkungen gehören nun der Vergangenheit an.

Mit widerstandsfähigen Steckern, die eine unempfindliche Signalübertragung mittels Expanded-Beam-Optical-Technologie nutzen, bis zu 12 Fasern platzsparend vereinen und dazu noch in standardisierten Formfaktoren zur Verfügung stehen, sind LWL-Verbindungen nun auch in rauen Umgebungen uneingeschränkt einsatzfähig und können auch hier ihre Vorteile ausspielen.

Die Verbindung von Glasfaser und robusten Steckverbindern von Rosenberger erfüllt die spezifischen Anforderungen der produzierenden Industrie und bietet so eine zukunftsfähige Alternative, um die Leistungsfähigkeit der Datenetze auszubauen, gepaart mit einer „Mission-Critical“-Zuverlässigkeit.

Die Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit der Steckverbinder sowie deren unkompliziertes Handling eröffnen darüber hinaus Effizienzvorteile. Diese ergeben sich aus weniger ungeplanten Stillständen mit entsprechenden Folgekosten sowie einem geringeren Wartungsaufwand durch weniger Wartungsfälle und eine schnellere Behebung von Servicefällen.

« KF

Harry Jacob ist freier Journalist aus Augsburg.

→ Geringer Wartungsaufwand: Die EBM-Steckverbinder sind einfach zu reinigen und benötigen dazu kein Spezialwerkzeug

Herausforderung: Produzierende Industrie

In der Produktion sind Netzwerkkomponenten unterschiedlichen Herausforderungen ausgesetzt: extreme oder stark schwankende Temperaturen, Staub und Schmutz, Flüssigkeiten und Chemikalien, dazu Vibrationen

und mechanische Belastungen. Zugleich gibt es hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit. Denn ungeplante Ausfälle bzw. Stillstände der Anlagen ziehen hohe Kosten nach sich. Das Plug-and-Play-Design der EBM-Steckverbinder in kompakten Formfaktoren (S-RMC, MIL13) vereinfacht die Installation und minimiert die Wartung, was die Ausfallzeiten des Systems reduziert. Den begrenzten Verhältnissen im Schaltschrank und auf Schalttafeln trägt die platzsparende Konzeption mit 2 bis 16 Single- oder Multimode-Fasern in einem einzigen Stecker Rechnung.

Eine weitere Herausforderung stellt der steigende Bandbreitenhunger in den Fabriken dar. Die zunehmende Digitalisierung bedeutet auf der einen Seite, dass mehr Sensoren und Aktoren angebunden werden müssen, auch der Einsatz von Bild- und Video-Aufnahmen im Produktionsprozess steigt steil an. So müssen zunehmend größere Datenmengen, teils in Echtzeit, übertragen und verarbeitet werden. Damit einher geht eine wachsende Automatisierung, bis hin zu (teil-)autonomen Systemen, die wiederum zusätzliche Anstrengungen zur Wahrung von Safety und Security nach sich ziehen.

DAS PRINZIP DER STRAHLAUFWERTUNG

In rauen Umgebungen und im Outdoor-Einsatz ist die Zuverlässigkeit von Glasfaser-Verbindungen besonders herausfordernd. Traditionell erfolgt die Signalübertragung über physischen Kontakt (PC), wobei die Fasern exakt ausgerichtet und die Kontaktflächen absolut sauber sein müssen. Verschmutzungen oder Kratzer beeinträchtigen die Signalqualität, zudem reagieren solche Verbindungen empfindlich auf Vibrationen und mechanische Belastungen. Expanded-Beam-Technologien reduzieren diese Empfindlichkeit, indem sie den Lichtstrahl über Linsen aufweiten und kontaktlos übertragen. Dennoch bleibt eine präzise Ausrichtung erforderlich, da Abweichungen zu Signalverlusten führen können.

Das EBO-Steckkonzept (Expanded Beam Optical) erweitert diesen Ansatz: Speziell geformte Linsen lenken und fokussieren das Licht so, dass größere Toleranzen bei Ausrichtung und Zentrierung möglich sind. Dadurch bleiben Verbindungen auch bei Bewegung stabil, und Verschmutzungen schwächen das Signal nur geringfügig, statt es zu blockieren.



EBO-Technologie für zuverlässige Mehrfaser-Performance.

Bilder: Rosenberger

MQ15 BRINGT KOMPAKTE POWER IN DEZENTRALE ANLAGEN

Die Energieversorgung im Maschinenbau wird modularer. Mit dem MQ15 bietet Murrelektronik eine leistungsstarke Lösung für die dezentrale Installation direkt im Feld. Der kompakte Power-Steckverbinder überzeugt durch sein Schnellanschluss-System, industrielle Robustheit und herstellerübergreifende Kompatibilität. Das Ergebnis: schnellere Inbetriebnahmen, reduzierte Fehlerquellen und maximale Flexibilität für weltweite Anwendungen. » VON SEBASTIAN RICHTER



Antriebe, I/O-Module, Netzteile oder Frequenzumrichter sitzen direkt im Feld: Vor diesem Hintergrund gewinnt der MQ15-Steckverbinder an Bedeutung.

Die Energieversorgung in Maschinen und Anlagen verändert sich. Wo früher viele Funktionen zentral im Schaltschrank zusammenliefen, entstehen heute mehr und mehr dezentrale Strukturen. Antriebe, I/O-Module, Netzteile oder Frequenzumrichter sitzen näher am Prozess, direkt im Feld. Das verkürzt Leitungswege, macht Anlagen modularer und reduziert Installationsaufwand. Gleichzeitig steigen damit die Anforderungen an die Verbindungstechnik: Sie muss kompakt sein, hohe Ströme übertragen, schnell montiert werden können und unter rauen Industriebedingungen dauerhaft zuverlässig funktionieren.

Vor diesem Hintergrund gewinnt ein Steckverbinder an Bedeutung: MQ15. Immer mehr Anlagenplaner setzen auf diesen Power-Steckverbinder, um Asynchron- und

Drehstrommotoren bis 7,5 kW, Frequenzumrichter oder Netzteile mit Energie zu versorgen. Besonders in der Intralogistik, im Maschinenbau und in modularen Anlagenkonzepten ist der Bedarf hoch. Dort müssen viele Motoren auf engem Raum schnell, verwechslungssicher und servicefreundlich angeschlossen werden.

DER STECKVERBINDER MQ15 BRINGT POWER DORTHIN, WO SIE GEBRAUCHT WIRD - DIREKT INS FELD. KOMPAKT, ROBUST, NORMIERT UND MIT EINEM SCHNELLANSCHLUSS SCHNELL MONTIERT. ODER KURZ GESAGT: STECKEN, DREHEN, FERTIG.

Murrelektronik hat für diese Anforderungen eine umfangreiche MQ15-Produktfamilie entwickelt: Für Anwendungen, in denen hohe Leistung auf kleinem Bauraum gefragt ist und klassische Lösungen technisch oder wirtschaftlich nicht immer die passende Antwort sind. Der MQ15 überträgt hohe Ströme kompakt, ist standardisiert und lässt sich durch sein Schnellanschluss-System besonders effizient installieren.

Standardisierung schafft Planungssicherheit

Ein Grund für die wachsende Akzeptanz des MQ15 ist die Normung. Die Polbilder für AC- und DC-Anwendungen sind nach der internationalen Norm IEC 61076-2-116 standardisiert. Für Maschinenbauer ist das ein entscheidender Punkt: Standardisierte Steckgesichter schaffen herstellerübergreifende Kompatibilität und reduzieren Abhängigkeiten von proprietären Lösungen.

In der Praxis schafft das Planungssicherheit. Komponenten unterschiedlicher Hersteller lassen sich einfacher kombinieren, Maschinenkonzepte langfristig robuster auslegen. Gerade international agierende Unternehmen profitieren davon, wenn Anlagen für verschiedene Märkte, Standorte und Betreiberstandards entwickelt werden.

Zudem unterstützt die Standardisierung den Trend zur Modularisierung. Wenn Energieanschlüsse eindeutig definiert, mechanisch verwechslungssicher und international anerkannt sind, lassen sich Maschinenmodule leichter vormontieren, testen und später vor Ort verbinden. Der Steckverbinder wird so zu einem Baustein effizienter Anlagenkonzepte.

Schnellanschluss reduziert Montagezeit

Ein zentrales Merkmal der MQ15-Steckverbinder ist die Schnellverriegelung. Statt eines klassischen Schraubanschlusses genügt



Power für die dezentrale Automatisierung: Im System Vario-X von Murrelektronik sorgt der MQ15-Steckverbinder für eine schnelle und zuverlässige Energieversorgung direkt im Feld.

eine Vierteldrehung. Ein spür- und hörbares „Klick“ zeigt, dass die Verbindung korrekt verriegelt ist.

Der praktische Effekt ist erheblich: Die Montagezeit bei Neuinstallation, Service und Wartung lässt sich reduzieren. Bei einzelnen Steckstellen mag das zunächst nach einem Detail klingen. In Förderanlagen mit vielen Antrieben oder modularen Maschinen mit zahlreichen Power-Verbindungen summiert sich die Zeitersparnis jedoch schnell.

Gleichzeitig steigt die Prozesssicherheit. Das haptische und akustische Feedback gibt dem Monteur sofort Rückmeldung, dass die Verbindung hergestellt ist. Für Anwender entsteht eine Plug-and-play-Lösung, die Fehlerquellen reduziert und Inbetriebnahmen beschleunigt.

Robust für den industriellen Einsatz

Staub, Feuchtigkeit, Vibrationen, Schockbelastungen oder Reinigungsprozesse: Verbindungstechnik im Feld muss viel aushalten. Die MQ15-Steckverbinder sind für diese Bedingungen ausgelegt. Nach dem Verriegeln erfüllt die Verbindung Schutzart IP67 und ist damit staub- und wasserdicht.

Auch mechanisch sind die Steckverbinder auf industrielle Umgebungen abgestimmt. Sie sind schock- und vibrationsfest, hartver silberte Kontakte sorgen für geringe Übergangswiderstände und eine lange Lebensdauer. Die PUR-Vollumspritzung sorgt für eine zuverlässige Zugentlastung und schützt die Verbindung vor mechanischer Beanspruchung, dynamischen Belastungen und Manipulationen.

Besonderes Augenmerk liegt auch auf den Leitungen. PUR-Leitungen bieten hohe Flexibilität, sind schleppkettentauglich, flammwidrig sowie öl- und chemikalienbeständig. PVC-Leitungen stellen eine wirtschaftliche Alternative für weniger dynamische Anwendungen dar und sind ebenfalls chemikalienbeständig. Je nach Ausführung sind Wechselbiegezyklen bis zu zehn Millionen möglich. Der Temperaturbereich reicht von -50 bis +80 °C. Damit eignet sich die Produktfamilie auch für anspruchsvolle Bewegungs- und Umgebungsbedingungen.

Effiziente Energieverteilung und einfache Motoranbindung

In vielen Anlagen ist Bauraum knapp. Der MQ15 spielt hier seine Stärken aus: Er überträgt hohe Ströme, benötigt jedoch deutlich weniger Platz als größere Power-Steckverbinder. Wenn deren Leistungsreserven nicht erforderlich sind, bietet er eine technisch passende und wirtschaftlich attraktive Alternative. Murrelektronik setzt dabei auf robuste Hochleistungskunststoffe statt auf aufwendige Metallkomponenten – ohne Abstriche bei der industriellen Belastbarkeit.

Die MQ15-Produktfamilie eignet sich nicht nur für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Mit

Komponenten wie dem MQ15-h-Stück lässt sich Energie direkt im Feld verteilen. Motoren können einfacher verbunden, Abzweige ohne aufwendige Verdrahtung realisiert werden. Besonders beim Anschluss mehrerer Antriebe reduziert das Installationsaufwand.

Auch MQ15-Flanschsteckverbinder erweitern die Einsatzmöglichkeiten. Mit ihnen können Motoren steckbar ausgeführt oder entsprechend umgerüstet werden. Über das M20 × 1,5-Gewinde ist die Integration ohne Adapter und ohne mechanische Sonderlösungen möglich. Das vereinfacht Konstruktion und Montage und unterstützt standardisierte Maschinenplattformen.

Dass der MQ15 in der Praxis angekommen ist, zeigt sich insbesondere in der Intralogistik. Förderstrecken arbeiten mit vielen Antrieben, häufig in modular aufgebauten Anlagen. Hier sind schnelle Installation, einfache Wartung und robuste Verbindungstechnik entscheidend. Auch namhafte Motorenhersteller setzen bereits auf entsprechende Lösungen. Zudem nutzt Murrelektronik den MQ15 im dezentralen Automatisierungssystem Vario-X.

Für weltweite Anwendungen

Dank CE- und UL-Zulassung ist der MQ15 weltweit einsetzbar. Er ersetzt aufwendige Einzelverdrahtung durch eine steckbare, modulare Energieversorgung direkt im Feld. Das macht Anlagen flexibler und reduziert den Serviceaufwand. Als Lösung für die dezentrale Automatisierung ist der MQ15 kompakt, robust und normiert. Motto: stecken, drehen, fertig.

« TB

Sebastian Richter ist Global Director Product anagement, Global Business Unit Connectors, bei Murrelektronik.



Mit Komponenten wie dem MQ15-h-Stück lässt sich Energie direkt im Feld verteilen und damit Motoren einfacher verbinden sowie Abzweige ohne aufwendige Verdrahtung realisieren.

Bilder: Murrelektronik



Kommerziell genutzte Drohnen heben Automatisierungsprozesse in verschiedenen Marktsegmenten auf die nächste Stufe.

SMARTE KONNEKTIVITÄT FÜR DROHNEN

Unbemannte Luftfahrzeuge entwickeln sich zunehmend von Speziallösungen zu zentralen Bausteinen industrieller Automatisierung. Entscheidend für ihre Leistungsfähigkeit sind dabei nicht nur Sensorik und KI, sondern vor allem kompakte und skalierbare Verbindungstechnologien. Wie moderne Konnektivitätslösungen von Harting dazu beitragen, Effizienz und Designfreiheit kommerzieller Drohnen zu verbessern, zeigt dieser Beitrag. » VON NORBERT WEISS

Unbemannte Luftfahrzeuge (Unmanned Aerial Vehicles, kurz: UAVs) gewinnen in der heutigen, sich schnell entwickelnden digitalen Welt zunehmend an Bedeutung. Unternehmen sind bestrebt, die digitale Transformation ihrer industriellen Prozesse voranzutreiben, um Kosten zu senken und Arbeitsumgebungen zu verbessern. Ob zur Kartierung großer Flächen, zur intelligenten Hinderniserkennung oder für vollautomatische Vorgänge zur präzisen Ausbringung von Wasser, Düngemitteln und anderem: Kommerziell genutzte Drohnen und Quadcopter tragen dazu bei, Entwicklungen in der industriellen Selbststeuerung zu unterstützen und Automatisierungsprozesse in verschiedenen Marktsegmenten auf die nächste Stufe zu heben.

Verkabelungslösungen für kommerzielle Drohnen

Technologische Durchbrüche wie eine verbesserte Batterieleistung, fortschrittliche Bildsensoren und KI-gesteuerte autonome Funktionen haben die Einsatzmöglichkeiten von Drohnen in verschiedenen Branchen erheblich erweitert. Dies hat dazu geführt, dass sich bestimmte Anwendungen deutlich von Hobbygeräten hin zu regulierten, erfolgskritischen Plattformen in Landwirtschaft, Logistik, Inspektion, öffentlicher Sicherheit und vielen anderen Bereichen weiterentwickelt haben.

Größe (Size), Gewicht (Weight) und Leistung (Power) sind entscheidend, um die Leistungsfähigkeit, die Manövrierbarkeit und die Reichweite kommerzieller Drohnen zu optimieren. Branchenexperten bezeichnen dies als SWaP. Als Marktführer für Industriesteckverbinder

hat Harting den Bedarf an industrietauglichen Verbindungs- und Verkabelungslösungen erkannt. Der neue Harting Han MPC und der ICC 20 Drone Arm Connector (DAC) wurden in Übereinstimmung mit diesen wichtigen Anforderungen entwickelt. Das bestehende Angebot an Konnektivitätslösungen für Geräte und die zukünftige Produktion auf Basis der 3D-MID-Technologie tragen ebenfalls dazu bei, neue Potenziale für den automatisierten Flugbetrieb zu erschließen.

Kritische Einheiten flexibel verbinden

Drohnen und mobile Roboter, einschließlich humanoider Roboter, weisen eine gemeinsame Topologie von Verbindungspunkten auf. Die weit verbreiteten LiPo-Akkus, entweder als reguläre oder als zukunftsichere intelligente Einheiten mit Signalintegrität, versor-

gen das Power Distribution Board (PDB) mit Strom. Das PDB ist die zentrale Schnittstelle zwischen dem Akku und dem elektronischen Drehzahlregler (ESC). Der ESC sorgt für ein effizientes und zuverlässiges Energiemanagement, in dem er effektiv die Geschwindigkeit und die Drehrichtung des Elektromotors steuert, um einen reibungslosen Betrieb des Geräts zu gewährleisten. In der Industrie werden häufig 3-phasige bürstenlose Gleichstrommotoren (BLDC) verwendet, um einen geringen Wartungsaufwand und eine lange Lebensdauer zu gewährleisten.

Han MPC30 und MPC60 sind ideale Lösungen für Verbindungen zwischen diesen kritischen Einheiten, da sie eine hohe Signalintegrität gewährleisten. Zusätzliche Varianten wie verschiedene Gehäusetypen oder gerade und abgewinkelte Leiterplattenvarianten ermöglichen eine noch größere Flexibilität. Die Verbindung zwischen PCBs lässt sich mit dem har-modular PCB Steckverbindersystem äußerst flexibel gestalten.

Die Serie wurde entwickelt, um maximale Leistung in kompakten Baugrößen zu liefern: Der Han MPC30 unterstützt Ströme bis zu 30A unter Verwendung von Han-Yellock 4 mm² Crimpkontakten, während der Han MPC60 für unter Verwendung von Han C 10 mm² Crimpkontakten für bis zu 60A ausgelegt ist.

Der Spitzenstrom des Han MPC30 beträgt bis zu 180 A für 10 Sekunden und der des Han MPC60 bis zu 350 A für 10 Sekunden. Der Steckverbinder kann optional mit bis zu vier Har-Speed-Kontakten ausgestattet werden, was die Voraussetzung für eine zuverlässige DroneCAN-Übertragung ist.

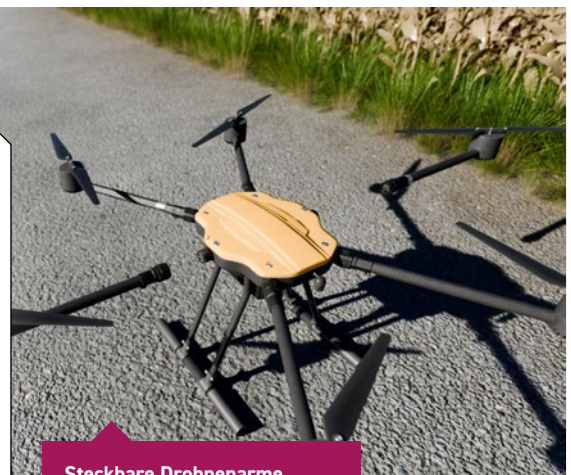
Steckbare Drohnenarme ermöglichen Skalierbarkeit

Modulare Architekturen und Plattformkonzepte entsprechen dem neuesten Stand der

VORTEILE AUF EINEN BLICK:

- Schutz kritischer Infrastrukturen durch Konnektivitätstechnik vom vertrauenswürdigen europäischen Marktführer für Industriesteckverbinder mit diversifiziertem weltweitem Vertrieb und Produktion
- Hohe Skalierbarkeit und effiziente Wartungsprozesse durch Modularität
- Zeitersparnis durch einfache Installation und beschleunigten Werkzeugwechsel
- Störungsfreie und stabile Video- und Signalübertragung
- Gewichts- und Platzersparnis von bis zu 50 % durch kleinere und leichtere Steckverbinder
- Stabile Verbindungen durch verschiedene Verriegelungssysteme zur Vermeidung des Verlusts von Teilen
- Maßgeschneiderte Lösungen auf der Grundlage Ihrer Anforderungen

Technik und gewähren eine hohe Flexibilität der Maschinen. Dies gilt auch für UAVs. Die Ergänzung zusätzlicher Drohnenarme für den Transport höherer Lasten und der Wechsel von Werkzeugen sind gängige Verfahren, um unterschiedliche Aufgaben bewältigen zu können. Die notwendige Modularität wird durch Plug-in-Schnittstellen ermöglicht. Fest verdrahtete Drohnenarme können sich auch bei der Wartung kommerzieller Drohnen schnell als Engpass erweisen. Die Fehlersuche gestaltet sich zeitaufwändig und ist oft auf Spezialisten angewiesen, die bestehende Verbindungen trennen müssen. Der ICC 20 DAC bietet da viele Vorteile gegenüber fest verkabelten Lösungen: Die Drohnenarme lassen sich einfach einstecken und wie-



Steckbare Drohnenarme lassen sich einfach einstecken und wieder entfernen.

der entfernen, wenn defekte Arme ersetzt oder ein Austausch zwischen verschiedenen Varianten gewünscht wird.

Störungsfreie Video- und Signalübertragung

Kommerzielle Drohnen benötigen zuverlässige Verbindungen für Kamerasensoren und Sensoren zur Messung der Nutzlast. Harting bietet schock- und vibrationsfeste Lösungen mit Datenraten bis zu Cat. 8.2 (40 Gbit/s) sowie störungsfreie Glasfaserlösungen an. Robuste Kameraverbindungen können mit dem Harting ix Industrial oder der zukunftsicheren Single Pair Ethernet (SPE) Lösung T1 Industrial hergestellt werden.

Zusätzliche Platz- und Gewichtseinsparungen möglich

Mit der 3D-MID-Technologie können Antennen dreidimensional konstruiert und direkt in Geräterstrukturen integriert werden. Dadurch lassen sie sich präzise in kompakte oder komplexe Gehäuse einpassen, wodurch der verfügbare Platz effizient genutzt wird. Die Möglichkeit, Antennen genau dort zu platzieren, wo sie benötigt werden, unterstützt Hochfrequenzanwendungen und trägt dazu bei, eine zuverlässige drahtlose Verbindung auch in schwierigen Umgebungen aufrechtzuerhalten. 3D-MID bietet Flexibilität beim Design und Gewichtersparnis und erfüllt damit sowohl Leistungs- als auch Integrationsanforderungen.

« KF

Norbert Weiß ist Teamleader Marketing Service bei der Harting Technologiegruppe.



Drohnen kommen in Landwirtschaft, Logistik, Inspektion, öffentlicher Sicherheit und vielen anderen Bereichen zum Einsatz.

Bilder: Harting



Da Schaltschränke und Bedienpanels nur durch autorisiertes Fachpersonal geöffnet werden dürfen, erleichtern Service-Schnittstellen Diagnose, Wartung, Reparatur und die Anpassung von Geräteeinstellungen. Bild: © Mikhail/stock.adobe.com (generiert mit KI)

MODULARE KONNEKTIVITÄT AUF KLEINSTEM RAUM

Mit dem patentierten Panelcon-Keystone-System bietet Lütze eine kompakte und flexible Lösung für industrielle Service-Schnittstellen. Ob RJ45, USB oder HDMI: Dank modularer Technik lassen sich Wanddurchführungen in Schaltschränken bis zu viermal platzsparender realisieren als bisher. Die robuste Bauform (IP69) und eine geringe Einbautiefe von nur 30 Millimetern machen das System ideal für moderne Maschinenkonzepte – inklusive smarter Cyber-Security-Optionen.

» VON REINHARD BRAUN

Technologisch haben sich Wanddurchführungen als Übergabepunkte in Panels, Schaltschränken und Bedienpulten seit Jahrzehnten bewährt, jedoch nur minimal weiterentwickelt. Viele Standards entsprechen noch dem Stand der 2000er Jahre. Mit Panelcon bietet Lütze ein zukunftsweisendes, modulares Wanddurchführungssystem auf Basis der Keystone-Technik: Je nach Anwendung wird das passende Modul in den Standardrahmen eingesetzt. Standardmäßig stehen 20 industrietaugliche Keystone-Module zur Verfügung, darunter RJ45 Cat.6A, USB 3.0A, USB 3.1C und HDMI. Das System überzeugt durch eine bis zu viermal kompaktere Bauweise als vergleichbare Lösungen. Besonders platzsparend sind die gewinkelten Ausführungen mit nur 30 mm

Einbautiefe gegenüber den sonst üblichen 70 bis 100 mm. Hinzu kommen einfache Montage, ein attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis und Einsatzmöglichkeiten im Anlagen- und Maschinenbau sowie in der Verpackungs- und Recyclingindustrie. Panelcon-Keystone-Module eignen sich auch für den Außenbereich.

Effizienter Zugriff im Servicefall

In der modernen Industrieproduktion sind Service-Schnittstellen an Schaltschränken und Bedienpulten unverzichtbare technische Übergabepunkte. Sie ermöglichen den Zugriff auf im Schrank verbaute Geräte, ohne das Gehäuse öffnen zu müssen. Da Schaltschränke und Bedienpanels nur durch autorisiertes Fachpersonal geöffnet werden dürfen, erleichtern solche Schnittstellen Diagno-

se, Wartung, Reparatur und die Anpassung von Geräteeinstellungen. Fehlercodes und Systemstatus lassen sich auslesen; zudem können Software-Updates beispielsweise über einen Laptop oder Tablet-PC per RJ45-Ethernet eingespielt werden.

Veraltete Standards behindern die Flexibilität

In der Praxis zeigt sich bei Neuinstallationen und Nachrüstungen von Schaltschränken oder Bedienpanels oft ein Paradoxon: Es kommen Lösungen zum Einsatz, die zwar seit zwei Jahrzehnten bewährt sind, technisch jedoch kaum noch als zeitgemäß gelten können. Die herkömmliche Schnittstellentechnik ist meist durch großformatige Einbausätze mit erheblicher Einbautiefe geprägt, was den wertvollen Platz im Gehäuseinneren stark

beansprucht. Ein wesentlicher Nachteil ist zudem der Mangel an Modularität: Da für jede Schnittstellenart – ob RJ45 oder USB-A – spezielle Einbausets inklusive gesonderter Rahmen und Gehäuse benötigt werden, fehlt ein einheitliches System. Dies führt letztlich zu hohen Kosten, da keine Standardbauelemente oder flexiblen Systembaukästen genutzt werden können, um unterschiedliche Anforderungen effizient abzudecken.

Schnittstellentechnik neu definiert

Lütze setzt mit den patentierten Panelcon-Schnittstellen und bewährter Keystone-Technik neue Maßstäbe in der Elektrotechnik: Ein universeller Standardeinbaurahmen deckt alle Einbauvarianten ab und nimmt unterschiedliche Module auf. Bei Bedarf lässt sich beispielsweise eine RJ45-Schnittstelle mit einem Handgriff gegen eine USB-C-Schnittstelle tauschen.

Für das industrielle Umfeld stehen die 20 gebräuchlichsten Schnittstellen zur Verfügung, darunter RJ45 Cat.6A, USB 3.0 (A/A, A/B, B/A), USB 3.1C und HDMI; weitere Keystone-Varianten sind auf Anfrage möglich. Die millionenfach bewährte Keystone-Technik bietet insbesondere hohe Flexibilität mit einem Modul für verschiedene Anwendungen, Vielseitigkeit mit mehr als hundert Schnittstellen und Anschlussarten sowie eine einfache und schnelle Montage.

Die kompakte Bauform der Panelcon-Keystone-Durchführungen ermöglicht eine platzsparende Installation mehrerer Anschlüsse nebeneinander. Die geringe Einbautiefe der



Die Panelcon-Wanddurchführungen in der hohen Schutzart IP 69 bieten durch verschiedene Keystone-Module – hier beispielhaft für USB 3.1C, USB 3.0A und RJ45 Cat. 6A – vielfältige Konfigurationsmöglichkeiten für den industriellen Einsatz.

Bild: Friedrich Lütze GmbH

gewinkelten Versionen nutzt den Schaltschrankraum effizient und erlaubt den Einbau in sehr schmale Gehäuse. Mit bis zu viermal kleineren Modulen gegenüber traditionellen Schaltschrank-Einbausätzen sinkt zudem der Materialbedarf in der Fertigung und damit der CO₂-Fußabdruck.

Industrielle Robustheit trifft auf durchdachte Details

Die Wanddurchführungen erreichen trotz kompakter Bauweise den hohen Schutzgrad IP 69. Der transparente Klappdeckel gibt sofort den Blick auf die Schnittstelle frei, rastet beim Öffnen bei ca. 110° ein und ermöglicht ungehinderten Zugang. Zum Schutz vor unberechtigtem Zugriff kann er plombiert werden; zusätzlich ist eine Beschriftung mit Standard-Bezeichnungsschild möglich.

Keystone-Einsätze sind mit geradem oder gewinkeltem Kabelabgang erhältlich. Bei der gewinkelten Ausführung führt das Kabel seitlich weg, wodurch die Einbautiefe auf nur 30 mm sinkt – gegenüber 70 mm bei der bisherigen geraden Version. So lässt sich die Schnittstelle auch in sehr flachen Bedienpanels ein-

setzen. Eine spezielle Variante erlaubt zudem das Ankleben eines Cat.6A-Patchkabels in individuell gewünschter Leitungslänge; Spezialwerkzeug ist hierfür nicht erforderlich.

Alle Keystone-Module von Lütze erfüllen industrielle Standards, sind hochwertig ausgeführt und auf mindestens 500 Steckzyklen ausgelegt. Neben ihrer Robustheit bieten sie hohen EMV-Schutz. Besonders das Cat.6A-Modul aus Zink-Druckguss gewährleistet hervorragende elektromagnetische Verträglichkeit. Vorkonfektionierte Keystone-Einbaumodule mit Kabeln sind in Standardlängen von 0,5 m, 1,5 m, 3 m und 5 m verfügbar. Für den dauerhaften und zuverlässigen Außen-einsatz werden UV-beständige Kunststoffe verwendet. Beim transparenten Klarsichtdeckel bleibt dadurch die Durchsicht über viele Jahre hinweg erhalten.

Maximale Sicherheit für USB- und Ethernet-Schnittstellen

Mit der zunehmenden Vernetzung von Maschinen steigt auch das Risiko von Cyberangriffen. Die EU-Maschinenverordnung 2027, der Cyber Resilience Act (CRA) und die NIS-2-Richtlinie verlangen strenge Sicherheitsmaßnahmen; Unternehmen müssen ihre Maschinen umfassend schützen.

Eine smarte Lösung zur Kontrolle von USB- und Ethernet-Schnittstellen, bietet dafür die ideale Absicherung. Die kompakte Cyber-Security-Box von Lütze wird zwischen Maschinensteuerung (SPS/IPC) und USB- oder Ethernet-Schnittstellen geschaltet. Standardmäßig blockiert sie den Zugriff; eine Freigabe erfolgt ausschließlich durch autorisiertes Personal, zum Beispiel per Passwort, Schlüsselschalter oder RFID.

« TB



Die Service-Schnittstellen mit Keystone-Technologie präsentieren sich hier in der Vorderansicht sowie in der Rückansicht (rechts) am Beispiel der konfektionierbaren Ausführung Panelcon RJ45 Cat.6A.

Bild: Friedrich Lütze GmbH

DIE HIGHLIGHTS DER LÜTZE CYBER SECURITY BOX

- Maximale Kontrolle von USB- und ETHERNET-Schnittstellen
- Verhindert unbefugten Zugriff und schützt vor Cyberangriffen
- Schnittstellen sind standardmäßig deaktiviert
- Modular und flexibel, anpassbar an verschiedene Einsatzszenarien
- Einfache Integration in bestehende Maschinen oder Anlagen
- Kompatibel mit NIS-2, CRA und der Maschinenverordnung 2027
- Freischaltung nur durch autorisiertes Personal, etwa per Software (SPS/IPC passwortgeschützt) oder zwischengeschaltetem Schlüsselschalter oder RFID-System

Reinhard Braun ist Produktmanager Connectivity bei der Friedrich Lütze GmbH.

Weniger Schnittstellen, weniger Aufwand: Mit dem B23 Hybrid-Steckverbinder von Binder lässt sich der Verdrahtungsaufwand in dezentralen Anlagen um bis zu 50 Prozent reduzieren.



MIT DEM B23-STECKVERBINDER ZUR SCHALTSTRANKLOSEN FABRIK

In kompakten Anlagen ist Bauraum wertvoll. Hybrid-Lösungen wie der B23 von Binder übertragen Leistung und Daten simultan über einen einzigen Anschluss. Das reduziert den Dokumentations- und Montageaufwand erheblich. Dank spezieller Schirmung bleibt die Signalqualität trotz hoher Ströme erhalten. Die einfache Feldkonfektionierung ohne Sonderwerkzeug macht das System zur wirtschaftlichen Antwort auf die Anforderungen moderner Automatisierung. » VON PHILIPP ZUBER

Dezentrale Steuerungsarchitekturen gehören heute zum Standard moderner Fertigungsanlagen. Steuerfunktionen verlagern sich aus dem Schaltschrank direkt an die Feldgeräte – Antriebe, Robotergelenke, fahrerlose Transportsysteme und modulare Fertigungszellen. Das spart Platz, erhöht die Flexibilität und verkürzt Signalwege. Die Verbindungstechnik steht dabei vor einem konkreten Problem: Wo bisher zwei separate Steckverbinder – einer für Leistung, einer für Daten – nebeneinander ans Gerät geführt wurden, ist in kompakten Maschinenkonzepten oft kein Platz mehr für beide. Jede zusätzliche Schnittstelle bedeutet mehr Montageaufwand, mehr Fehlerquellen, mehr Dokumentation. Hinzu kommt, dass zwei unterschiedliche Steckverbindertypen Lagerhaltung, Schulungsaufwand und Fehleranfälligkeit bei der Montage erhöhen. Faktoren, die im Serienmaschinenbau schnell ins Gewicht fallen. Die Frage lautet daher nicht ob, sondern wie Leistung und Kommunikation über einen einzigen Steckverbinder geführt werden können.

One-Cable-Automation: Konzept und Normierung

One-Cable-Automation, kurz OCA, bezeichnet die simultane Übertragung von elektrischer Energie und Kommunikationsdaten über einen einzigen Steckverbinder. Die technische Anforderung dabei: Eine geschirmte Ethernet-Datenübertragung muss in denselben Steckverbinder integriert werden, der auch Leistungsströme führt, ohne gegen-

MIT DEM B23 LÄSST SICH EIN TECHNISCH ANSPRUCHSVOLLER HYBRID-STECKVERBINDER MÖGLICHST UNKOMPLIZIERT EINSETZEN – IN DER ERSTINSTALLATION GENAUSO WIE BEIM STECKVERBINDERTAUSCH IM LAUFENDEN BETRIEB.

seitige Beeinflussung der Signale. Das ist konstruktiv anspruchsvoller als es klingt, weil Leistungsadern und hochfrequente Datensignale im selben Gehäuse elektromagnetisch verträglich gemacht werden müssen.

Die Normierungslandschaft hat diesen Bedarf aufgegriffen. Profinet-Richtlinien und die Spezifikation für Single Pair Ethernet sehen hybride Verkabelungslösungen ausdrücklich vor. Mit IEC 61076-2-118 ist ein herstellernunabhängiger Standard für hybride Rundsteckverbinder in Vorbereitung – eine wichtige Grundlage, damit unterschiedliche Systemkomponenten normkonform kombiniert werden können. Feldseitige Schnittstellen wie IO-Link bleiben über bestehende Verteilerlösungen einbindbar.

Die EMV-Frage: Trennung auf Modulebene als Lösungsweg

Das zentrale konstruktive Problem hybrider Steckverbinder ist die elektromagnetische Verträglichkeit zwischen Leistungs- und Datenkontakten. In der Praxis wird es durch physische Trennung auf Modulebene gelöst: Das Datenmodul sitzt in einem separaten, vollständig gekapselten Metallgehäuse innerhalb des Steckverbinders. Der Kabelschirm wird direkt an dieses Gehäuse angebunden – die Datensignale sind damit gegenüber den Leistungskontakten entkoppelt. Das erlaubt Ethernet-Übertragung nach Cat5 und

gleichzeitige Leistungsübertragung im selben Steckverbindergehäuse, ohne dass die Signalintegrität leidet oder die Baugröße zunimmt. Diese Entkopplungslösung ist als konstruktives Merkmal in IEC 61076-2-118 verankert und damit Referenz für alle Hersteller, die konforme Hybridsteckverbinder entwickeln.

Was OCA in der Anlage konkret verändert

Was OCA für eine Anlage bedeutet, zeigt sich am deutlichsten im Vergleich. Maschinenbauer, die auf dezentrale Steuerungsarchitektur umstellten, können durch hybride Steckverbinder ihren Schaltschrankumfang spürbar reduzieren; Kabel- und Installationskosten sinken um bis zu 50 Prozent. Statt Einzel-Steckverbinder pro Funktion wird pro Antrieb oder Achse nur noch eine einzige Schnittstelle benötigt – das vereinfacht Montage, Dokumentation und Ersatzteilhaltung gleichermaßen. Fertigungsmodulare lassen sich seither ohne Eingriff in den Schaltschrank tauschen, was Umbauzeiten erheblich verkürzt. Konkret heißt das: Statt acht verschiedener Steckverbinder an einer Roboterzelle genügen unter Umständen vier, mit halbiertem Verdrahtungsaufwand und deutlich übersichtlicherer Servicedokumentation.

Die Einsatzfelder reichen von der Robotik, in der ein Steckverbinder pro Gelenk Kabelgewicht und Biegeradien in Schleppketten reduziert, über Servoantriebe und fahrerlose Transportsysteme bis hin zur schaltschrankslosen Automatisierung, bei der dezentrale I/O-Systeme direkt an der Maschine betrieben werden. Die Faustregel dabei: Je mehr Achsen, Antriebe oder dezentrale Einheiten

eine Anlage hat, desto stärker skaliert der wirtschaftliche Vorteil.

Umsetzung des OCA-Konzepts mit Feldkonfektionierbarkeit

Der Rundsteckverbinder B23 von Binder setzt das OCA-Konzept in einem neunpoligen Steckverbinder um: vier Leistungskontakte plus PE für die Energieversorgung, vier Datenkontakte für geschirmte Ethernet-Kommunikation nach Cat5. Die Leistungsübertragung ist für Ströme bis 28 A bei bis zu 630 V spezifiziert, die Datenkontakte für bis zu 4 A und 50 V. Mit bis zu 100 Mbit/s Datenübertragungsrate deckt der B23 gängige industrielle Echtzeit-Ethernet-Protokolle ab und

HYBRIDE VERBINDUNGSTECHNIK WIRD MITTELFRISTIG ZUM STANDARD IN DER INDUSTRIELLEN AUTOMATISIERUNG: FÜR MASCHINENBAUER UND SYSTEMINTEGRATOREN BEDEUTET DAS WENIGER SCHNITTSTELLEN, SCHNELLERE INBETRIEBNAHME UND MEHR FLEXIBILITÄT BEI DER ANLAGENGESTALTUNG.

hat sich in EtherCAT-Applikationen bewährt. Schutzart IP67 und ein Temperaturbereich von –30 bis +85 °C machen ihn für typische Industrieumgebungen geeignet; die Zertifizierung nach IEC 61076-2-118 sichert die herstellerunabhängige Systemkompatibilität.

Besonderes Gewicht legt Binder auf die Feldkonfektionierbarkeit. Die Schraubklemm-Anschluss-technik ermöglicht Montage und Neukonfektionierung ohne Sonderwerkzeug direkt vor Ort und ohne dass der Steckverbinder in eine separate Servicestation muss. Im Servicefall, wenn eine Verbindung unter Zeitdruck erneuert werden muss, macht das einen praktischen Unterschied. Ergänzt wird das durch einen Bajonett-Schnellverschluss für eine schnelle, mechanisch sichere Verbindung. Binder bietet den B23 sowohl als feldkonfektionierbaren Kabelsteckverbinder mit Schraubklemm-Anschluss-technik als auch als Gerätestecker mit THT-Kontakten oder mit Litzenanschluss an, damit deckt Binder sowohl die Feldseite als auch die Geräteintegration ab.

« TB

Philipp Zuber ist Head of Product Management bei der Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG.

Die hybride Steckverbindung kombiniert Leistungsversorgung und Ethernet-Datenübertragung.

Bilder: Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG



HÄNG DICH AN DEN DIGITAL THREAD.

DER ROTE FADEN FÜR DEINE PROJEKTE.



Jetzt Magazin abonnieren und Projekte mit relevantem Wissen voranbringen:

www.digital-engineering-magazin.de/abonnement

DIGITALENGINEERING MAGAZIN

eine Marke vom

WIN
VERLAG

NETZWERKTECHNIK FÜR RAUE INDUSTRIEUMGEBUNGEN

Der kompakte, einteilige M12-Stecker PROconnect von Indu-Sol ermöglicht die schnelle, werkzeuglose Installation von Netzwerksteckern. Mit der Schutzart IP54 ist er auch für den rauen Industrieinsatz bestens geeignet.

Wer schon einmal auf einer Baustelle M12-Stecker konfiguriert hat, weiß, dass diese Aufgabe nicht nur zeit- aufwändig, sondern je nach Steckerart auch fehleranfällig sein kann. Man muss mehrere Einzelteile in der richtigen Reihenfolge zusammenfügen, ohne dass Kleinteile dabei herunterfallen oder vergessen werden. Je nach Bauart gilt es die Leitungen vorab auf die exakte Länge abzuisolieren. Oft ist nach dem Zusammenfügen der Steckereinzelteile von außen nicht sichtbar, ob die Leitungen im Stecker richtig kontaktiert wurden.

All diesen Herausforderungen begegnet der PROconnect-M12-Stecker von Indu-Sol. Der einteilige Stecker ermöglicht eine werkzeuglose Schnellinstallation und eignet sich dank kompakter Bauform für enge Einbausituationen (18,6 x 18,6 x 53 Millimeter – L x B x T). Mit der Schutzart IP54 ist er auch für den rauen Industrieinsatz bestens geeignet und eine hohe EMV-Festigkeit sorgt für störungsarme Kommunikation. Der Stecker ist ab sofort mit vier Polen und ab Mitte des Jahres auch mit acht Polen, also für Gigabit-Ethernet-Anwendungen, verfügbar.

Cleveres Installationskonzept spart Zeit und Fehler

Der PROconnect-M12-Stecker besteht aus einem einzigen Teil. Zur Installation wird



Der PROconnect M12 ist ein industrieller Steckverbinder, der dank innovativer Schneidklemmentechnik und einteiligem Steckerdesign eine schnelle, fehlerfreie und vollständig werkzeuglose Installation ermöglicht.

MIT DER SCHUTZART IP54 IST DER EINTEILIGE M12-STECKER AUCH BESTENS FÜR DEN RAUEN INDUSTRIEEINSATZ GEEIGNET.

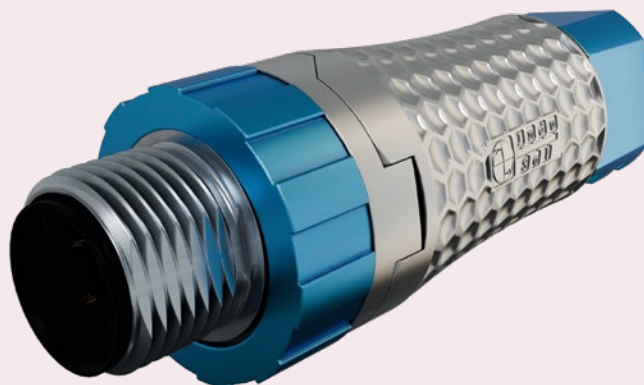
an einem Ende ein Schnellverschluss um 90 Grad gedreht. Nach dem Öffnen lässt sich die Steckerumhausung in Form von zwei „Flügeln“ nach außen klappen und die Anschlussklemmen sind gut erreichbar. Nun werden diese nach vorne gekippt und die vier Anschlussleitungen samt Isolierung

durchgesteckt. Überstehende Leitungen lassen sich anschließend am anderen Ende der Anschlussklemme bündig mit dem Seitenschneider abtrennen. Beim Zurückklappen werden die Leitungen per Schneidklemmentechnik kontaktiert.

Beim Stecker für achtadrige Leitungen gibt es auf der Unterseite eine zweite Anschlussklemme. Nach dem Kontaktieren der Leitungen werden die „Flügel“ wieder nach oben geklappt und mit dem Schnellverschluss sicher fixiert. Im Gegensatz zu herkömmlichen M12-Steckern lassen sich mit dieser patentierten Anschlusstechnik zirka 25 Prozent der Installationszeit einsparen; bei 50 bis 100 Steckern, die man in typischen Fertigungsanlagen vorfindet, kann das in Summe einen Personentag bedeuten. Die Netzwerkexperten sind bekannt für ihre aktiven Komponenten zur Netzwerküberwachung, werden aber zunehmend zum Gesamtlieferanten für zuverlässigen Netzbetrieb. Mit passiven Elementen wie dem PROconnect gehen sie einen weiteren Schritt in Richtung Vollsortiment für die Netzwerktechnik. « RT

Der kompakte und leistungsstarke Netzwerkstecker eignet sich ideal für Anwendungen im Maschinenbau, in der Automatisierungstechnik und im Anlagenbau.

Bilder: Indu-Sol



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

IM NÄCHSTEN HEFT

PRODUKTENTWICKLUNG IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

Die Automobilindustrie steht vor einem tiefgreifenden Wandel: Elektrifizierung, Digitalisierung und steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit verändern die Produktentwicklung grundlegend. In der kommenden Ausgabe beleuchten wir, wie moderne Engineering-Methoden, agile Prozesse und innovative Technologien den Weg vom Konzept zur Serie neu definieren – und welche Strategien Unternehmen jetzt brauchen, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

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



ANTRIEBSTECHNIK

Ob Elektromotor, Hybridlösung oder klassische Verbrennung: Die Antriebstechnik befindet sich im Spannungsfeld von Effizienz, Performance und Nachhaltigkeit. In der kommenden Ausgabe zeigen wir, wie innovative Systeme und Komponenten entwickelt, integriert und optimiert werden. Erfahren Sie, welche Technologien den Antrieb der Zukunft prägen und wie sich Entwicklungsprozesse dabei grundlegend verändern.

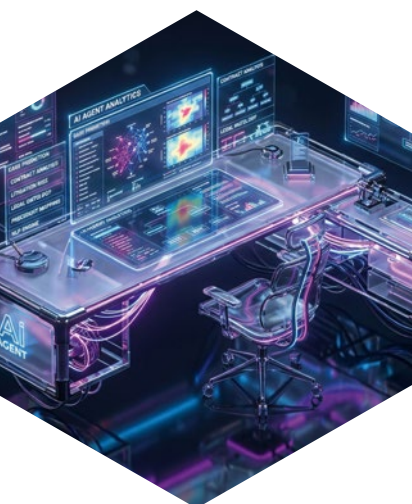
Bild: © keks20034/stock.adobe.com (generiert mit KI)



HARDWARE FÜR KONSTRUKTEURE: WORKSTATIONS (MOBIL & STATI- NÄR) UND GRAFIKLÖSUNGEN

Leistungsstarke Hardware ist das Rückgrat moderner Konstruktion. Ob mobile Workstations für flexibles Arbeiten oder stationäre Systeme für maximale Performance – die Anforderungen steigen stetig. In der kommenden Ausgabe lesen Sie, welche Lösungen sich für anspruchsvolle 3D-CAD-Anwendungen eignen, wie aktuelle Grafiktechnologien den Workflow beschleunigen und worauf Konstrukteure bei der Auswahl achten sollten.

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



WEITERE THEMEN IN DER KOMMENDEN AUSGABE:

- Virtual Reality (VR) in der Produktentwicklung
- Strömungssimulation
- Produktkonfiguration und CPQ
- Automatisierung

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:

Dr. Alexander Albers, Reinhard Braun, Vivian Bullinger, Andreas Dangel,
Silvia Feder, Jennifer Hagmeyer, Dr. Florian Harzenetter, Tobias Hemmann,
Sophia Honisch, Markus Hüffel, Harry Jacob, Wolfgang Klingauf, Alexander
Kunz, Jennifer Lang, Roswitha Menke, Dr. Dirk Molitor, Benedikt Rauscher,
Matthias Reiser, Sebastian Richter, Sabine Scheunert, Sven Seibert, Daniel
Spiess, Dr. Thomas Tosse, Norbert Weiß, Philipp Zuber

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
abovetrib@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: igus SE & Co. KG

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

Produktion und Herstellung:

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

Anschrift Anzeigen, Vertrieb und alle Verantwortlichen:



WIN-Verlag GmbH & Co. KG
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 Vervielfälti-
gung 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 Honorarvereinba-
rung ist die gesamte, technisch mögliche Verwertung der umfassenden
Nutzungsrechte durch den Verlag – auch wiederholt und in Zusammen-
fassungen – abgegolten. Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffent-
lichung 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 Ver-
lages 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 03/2025
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



Die DNA von Metrofunk

für Systemerhalt
hinter der Kulisse



Metrofunkkabel-Union GmbH

Motzener Str. 12,

D-12277 Berlin,

Tel. 030 79 01 86 0

info@metrofunk.de – www.metrofunk.de





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 X
NOW



win-verlag.de