

AUTOCAD

Fachmagazin für Konstruktion, Architektur und Planung

MAGAZIN

Bild: © patruilo/stock.adobe.com

Digitale Technologien für die Luft- und Raumfahrt

Wie sie Entwicklung und Geschäftsmodelle vorantreiben

PRAXIS

Tipps und Tricks:
Praxis-Know-how
für CAD-Anwender

FERTIGUNG

3D-Druck für schwere Lasten:
Warum ein kleines Bauteil gut
für zwölf Tonnen ist

MASCHINENBAU

Rotationsbremsen und
Strukturdämpfer für neuartigen
Mulchroboter

Abonnieren Sie den
WIN-verlagsübergreifenden

KI Newsletter!

Bleiben Sie auf dem Laufenden mit den neuesten Entwicklungen und Trends aus der Welt der Künstlichen Intelligenz. Unser kostenfreier Newsletter vom WIN-Verlag wird monatlich versendet und bietet Ihnen spannende Einblicke, exklusive Inhalte und Expertenmeinungen der verschiedenen Branchen.



**Melden Sie sich jetzt an und
verpassen Sie keine Ausgabe!**

Resiliente Entwicklungskonzepte in der Luft- und Raumfahrt

Liebe Leser,

die Covid-Pandemie hat die Schwachstellen globaler industrieller Lieferketten deutlich offengelegt. Doch schon die Diskussionen um Produktionskapazitäten und Lagerstätten Seltener Erden sowie der inzwischen wieder aufgehobene chinesische Exportstopp für Nexperia-Chips haben gezeigt, dass der Lerneffekt überschaubar blieb. Denn es ist schwierig, in zertifizierten Leiterplatten mal eben kurzfristig Chips anderer Zulieferer zu integrieren, auch wenn es sich um Massenprodukte handelt.

Auch die Luft- und Raumfahrt steht vor der Herausforderung, ihre Lieferketten abzusichern – und das inmitten enorm langer Programm- und Projektlaufzeiten sowie in einem zunehmend angespannten geopolitischen Umfeld. Der wachsende Anteil softwaredefinierter Funktionen führt zudem dazu, dass Unternehmen ihre Softwareentwicklung verstärkt ins eigene Haus verlagern müssen. In unserem Beitrag auf den Seiten 8 bis 11 lesen Sie, wie sich Entwicklungsteams diesen komplexen Anforderungen stellen und welche Trends die Branche in den kommenden Jahren prägen werden.

Fest steht: Starre, monolithische Entwicklungsansätze sind nicht mehr zeitgemäß. Wie unser Expertenge-



Andreas Müller

Chefredakteur

spräch auf den Seiten 16 bis 19 zeigt, entstehen stattdessen modulare „System-of-Systems“-Architekturen, die sich flexibel an neue Aufgaben und ein dynamisches Umfeld anpassen können. Model-Based Systems Engineering (MBSE) übernimmt dabei eine Schlüsselrolle, indem es Anforderungen, Simulationsergebnisse, Zertifizierungen und Systemarchitekturen in einem durchgängigen Digital Thread zusammenführt. Gleichzeitig eröffnen private New-Space-Akteure auch jungen Unternehmen neue Geschäftsfelder und fördern die Entstehung ungewöhnlicher Geschäftsmodelle.

INHALT 8/25

SZENE

06 News & Neue Produkte

BRANCHE: LUFT- UND RAUMFAHRT

- 8 Herausforderungen, Lösungen und Trends
Produktentwicklung in der Luft- und Raumfahrt
- 12 Luftüberlegenheit aus der Fabrikhalle
Additive Fertigung
- 14 Intelligenter, leichter und nachhaltiger fliegen
Wärmemanagement und additive Fertigung
- 16 Belastbare Technologien für komplexe Aufgaben
Expertengespräch zur Simulation in der Luft- und Raumfahrt

PRAXIS

- 18 Tipps & Tricks
Die AutoCAD-Expertenrunde
- 24 Standardisierte Textstile
ACM-TSTYLECLEANER.LSP
- 24 Blöcke auf Grundlage eines Basispunkts ausrichten
ACM_BD.LSP
- 25 Wir lassen uns ein Schema zeichnen ...
K_SYM2SCHEMA.LSP
- 25 Objekte drehen mit Layerfilter
ACM-LAYDREHEN.LSP
- 26 Den aktuellen Linientyp einstellen
ACM-LTYPSETZEN.LSP
- 26 Objekte aus Datei mit Layerfilter kopieren
OBJCOPYBYLAYER.LSP
- 27 Überschobene Schalung mit gefastem Oberbrett
FR_BV_UESFA.LSP
- 27 Luftperspektiveeffekt darstellen
ACM_LP.LSP

BRANCHE: LUFT- UND RAUMFAHRT

- 28 Wissenschaft und Industrie – eine Partnerschaft
Lineartechnik für die Orion-Rakete bei der EuRoC 2025

KONSTRUKTIONSBAUTEILE

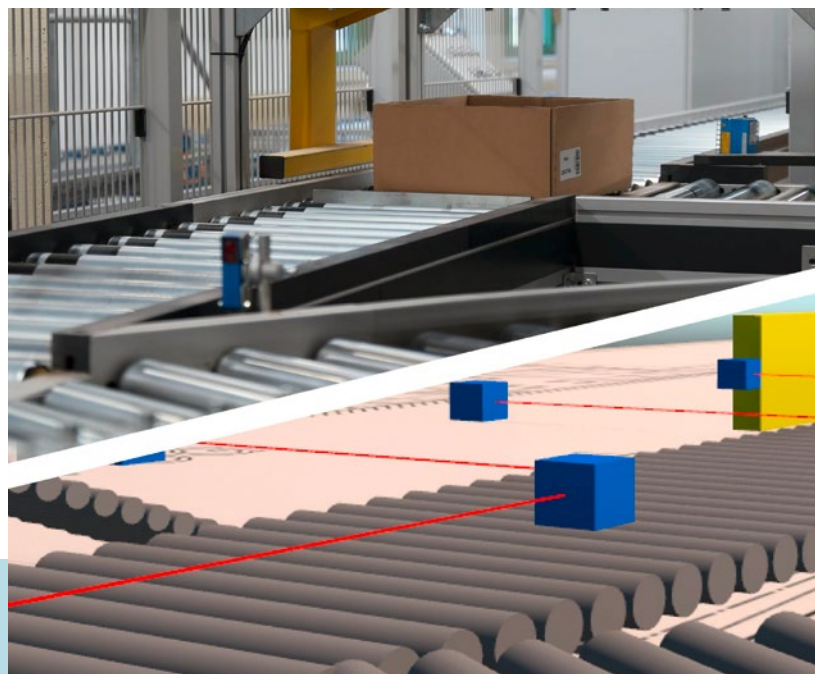
- 30 Clever mulchen mit Scarabaeus
Rotationsbremsen und Strukturdämpfer von ACE
- 33 Neue Produkte & News



BRANCHE: LUFT- UND RAUMFAHRT Zulieferer in der Luft- und Raumfahrtindustrie agieren in einem anspruchsvollen technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Umfeld. In unserem Schwerpunkt erfahren Sie, welche zentralen Konzepte dabei helfen, die hohen Anforderungen erfolgreich zu meistern. Bild: AMSL Aero



PRODUKTENTWICKLUNG: PLM-SYSTEME Product Lifecycle Management (PLM) gilt in Fertigungsunternehmen als zentrales Rückgrat, um Produkte vom ersten Entwurf an konsistent zu entwickeln und verbessern. Trends wie künstliche Intelligenz machen es noch leistungsfähiger. Bild: © Murrstock/stock.adobe.com





KONSTRUKTIONSBAUTEILE: MASCHINENELEMENTE

Komplexe Geometrien, hohe Präzisionsanforderungen und neue Materialien erschweren bislang die Serienproduktion von Axialflussmotoren. Neue modulare Maschinenkonzepte und spezialisierte Verfahren ebnen nun den Weg zur Großserienreife.

Bild: SWD AG



FERTIGUNG: Die ultimative Probe für die additive Fertigung: die Konstruktion und Herstellung eines Bauteils, mit dem ein zwölf Tonnen schweres gepanzertes Fahrzeug angehoben werden kann.

Bild: Ultimaker



54

DIGITALE FABRIK: Retrofit als ganzheitlicher Prozess: Der Arzneimittelhersteller Heel modernisiert Kommissioniersystem und Fördertechnik, um die Effizienz zu erhöhen und Zukunftssicherheit zu gewährleisten.

Bild: Heitec AG, Christopher Koch

- 34 Intelligente Antriebssteuerung neu definiert Maschinenleistung optimieren
- 36 Komplexe Antriebstechnik auf dem Weg zur Serienfertigung
Axialfluss-Komponenten für die E-Mobilität
- 38 Bereit für die Automatisierung der Zukunft
Multifunktionale Sicherheitsrelais PSRuni

PRODUKTENTWICKLUNG

- 40 Vom Entwurf bis zum Einsatz
Trends im Product Lifecycle Management
- 42 Einsatzbereit heißt datenbereit
PLM als Fundament industrieller Resilienz
- 44 Wissen im System, nicht nur in den Köpfen
PLM in der Praxis: Experten im Gespräch

FERTIGUNG

- 48 3D-Druck für schwere Lasten
Additive Fertigung bei der Königlich Niederländischen Marine

AUTOMATISIERUNG

- 50 Was auf die Industrie zukommt
Andreas Fuchs, Drivelock, über Cybersicherheit und digitale Souveränität
- 52 Vereint für die Automatisierung im Mittelstand
Michael Mayer-Rosa, Delta Electronics, und Johann Paulus, JP Industrieanlagen, im Gespräch

DIGITALE FABRIK

- 54 Retrofit als ganzheitlicher Prozess
Kommissioniersystem und Fördertechnik modernisiert
- 56 Wie Software den Materialfluss steuert
Mobilroboterprojekt

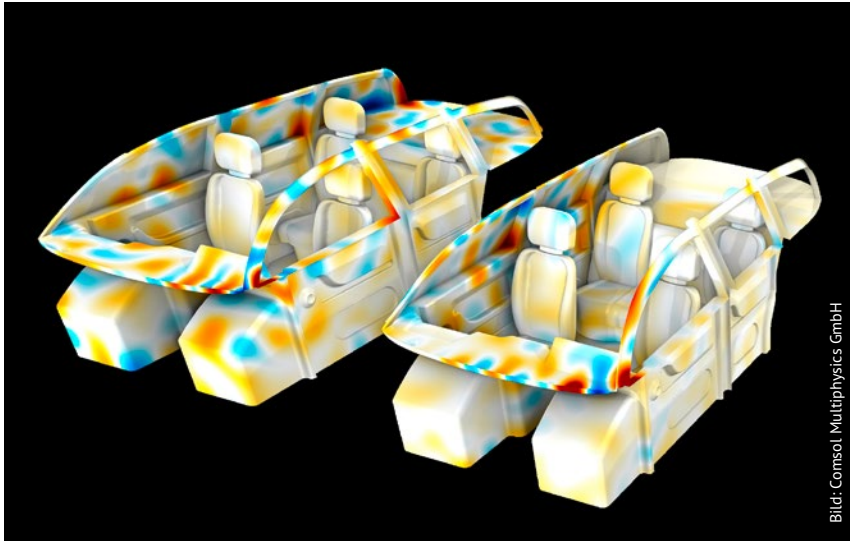
SERVICE / RUBRIKEN

- 57 Einkaufsführer
- 60 Applikationsverzeichnis
- 61 Schulungsanbieter
- 21 Tool-CD mit LISP-Programmen
- 62 Impressum / Vorschau

Für Abonnenten: LISP-Programme und Top-Tools für AutoCAD und Inventor finden Sie ab dieser Ausgabe online auf unserer Website. Dazu erhalten Sie ein gesondertes Schreiben.

REDAKTIONELL ERWÄHNT FIRMEN UND ORGANISATIONEN: AACE Stoßdämpfer S. 30-32, Airbus S. 14, ASML Aero S. 14, Altair S. 16, Ansys S. 17, Aras S. 42-43, 44; Autodesk S. 44, Brüggli Industrie S. 30-32, Bonfiglioli S. 34-35, Caracol S. 33, Comsol S. 6, 17; Contact Software S. 45, Conflux S. 14-15, Covestro S. 48, Dassault Systèmes S. 45, 46; Delta Electronics S. 52-53, Drivelock S. 50-51, Eplan S. 7, EVO Informationssysteme S. 56, Heel S. 54, Heitec S. 54-55, Heisab S. 54, JP Industrieanlagen S. 52-53, Königlich Niederländische Marine S. 48, Materialise NV S. 33, Mathworks S. 6, 18, Orcon S. 45, 46; Phoenix Contact S. 38-39, Politecnico di Milano S. 28-29, PTC S. 46, Revalize S. 47, Rollon S. 28-29, Siemens Digital Industries S. 7, Skyward Experimental Rocketry S. 29, SPIE BTAT S. 7, Stratasys S. 12-13, SWD S. 36-37, Tech Soft 3D, Timken S. 29, Ultimaker S. 48-49, Visual Components S. 6, Weidmüller S. 7

Simulationssoftware mit erweiterter GPU-Unterstützung



Akustiksimulationen in Innenräumen, wie die hier gezeigte Simulation einer Fahrzeugkabine, profitieren von der GPU-Beschleunigung durch Nvidia in Version 6.4. Dadurch sind schnellere und skalierbare Analysen möglich.

Bild: Comsol Multiphysics GmbH

Comsol, Anbieter von Modellierungs- und Simulationssoftware, veröffentlicht Comsol Multiphysics Version 6.4. Die neue Version bietet neue Features, erhebliche Leistungsverbesserungen und erweiterte Möglichkeiten für die Multiphysik-Mo-

dellierung und die Entwicklung von Simulations-Apps. Die aktuelle Version umfasst eine stark verbesserte Solver-Leistung durch den neuen Nvidia CUDA Direct Sparse Solver (cuDSS) für Nvidia-AI-Infrastruktur, das neue Granular Flow Module so-

wie ein neues Framework für zeitexplizite Dynamikanalysen.

Zusätzlich zu diesen wesentlichen Updates wurden die Workflows für Geometrie, Vernetzen und Visualisierung in Comsol Multiphysics verbessert. Die Produktivität konnte durch optionale, durch Sprachmodelle (Large Language Models, LLM) unterstützte Simulationen gesteigert werden. Über das Chatbot-Fenster können nun Verbindungen zu GPT-5, DeepSeek, Google Gemini, Anthropic Claude und anderen OpenAI-API-kompatiblen Modellen hergestellt werden. Dadurch ist eine interaktive, modellbezogene Hilfestellung möglich.

Fotorealistische Fabrikvisualisierung

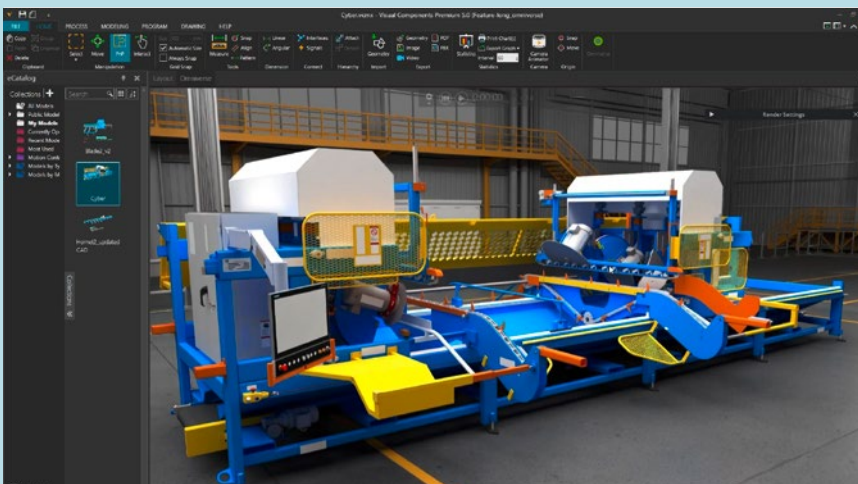
Visual Components und Nvidia stellen das neue Visual Components Omni Experience Add-on, dessen Veröf-

fentlichung für Anfang 2026 geplant ist, vor kurzem auf Nvidias Entwicklerkonferenz GTC DC vor. Das Add-on

basiert auf APIs von Nvidia Omniverse und erweitert die Simulationsplattform von Visual Components um einen Viewport – ein integriertes Fenster für fotorealistische Visualisierungen.

Hersteller und Systemintegratoren erhalten damit direkt in ihrer vertrauten Visual-Components-Umgebung eine immersivere Möglichkeit, ihre Fabriklayouts zu visualisieren, zu prüfen und zu präsentieren. Das Add-on soll die Abstimmung und Kommunikation mit Kunden vereinfachen und für mehr Sicherheit bei Design- und Investitions-Entscheidungen sorgen, indem ein gemeinsamer 3D-Raum bereitsteht, der Vorschläge leichter verständlich macht.

Die erste Version des Add-ons konzentriert sich auf das Echtzeit-Rendern, legt aber gleichzeitig auch die Basis für eine zukünftige Verwendung in Digital-Twin-Szenarien.



Das Visual Components Omni Experience Add-on bietet Herstellern und Systemintegratoren fotorealistische Echtzeit-Visualisierungen in einem integrierten Viewport.

Bild: Visual Components

Generativer KI-Assistent beschleunigt Entwicklung

Mit dem Matlab Copilot können Ingenieure, Wissenschaftler und Forscher künftig ihre Produktivität steigern und ihre Entwicklungsprozesse beschleunigen. Der KI-Assistent ist im aktuellen Matlab und Simulink Release 2025b (R2025b) verfügbar.

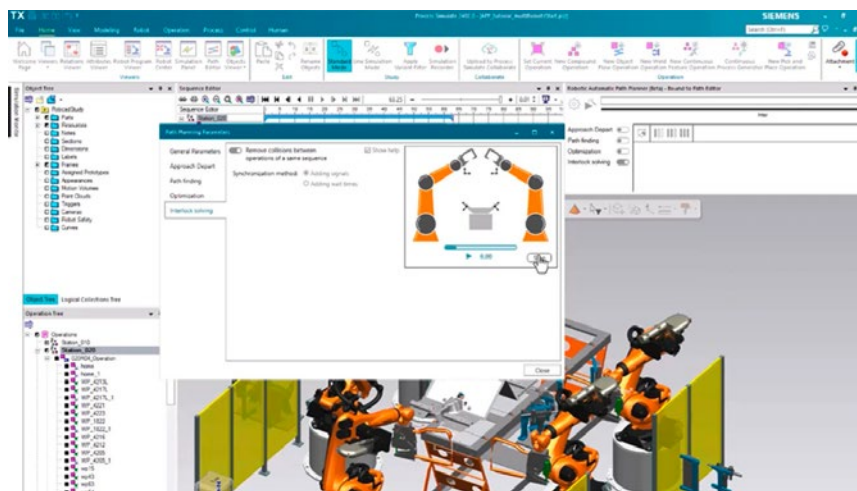
Der generative KI-Assistent Matlab Copilot dient der Optimierung von Codierung, Debugging und Lernprozessen innerhalb der Matlab-Umgebung. Zu den Funktionen für den gesamten Entwicklungsworkflow gehören:

- Chatten und lernen: Anwender können im Matlab Copilot-Chat Fragen stellen und erhalten Antworten, die

sich auf die MathWorks Dokumentation sowie praxisnahe Programmcode-Beispiele stützen.

- Intelligenter programmieren: Während Anwender im Matlab Editor Text eingeben, schlägt Copilot automatische Vervollständigungen und Codevorhersagen vor – oder generiert Code aus Beschreibungen in natürlicher Sprache.
- Verstehen und verbessern: Matlab Copilot erläutert unbekannten Code, fügt Kommentare hinzu, erklärt Fehlermeldungen und generiert sogar Tests mithilfe von Matlab Test.

Smart Factory mit automatisierter Roboterprogrammierung



Vorantreiben der digitalen Transformation (DX) in der Fertigung durch automatisiertes Robotertraining.

Siemens Digital Industries Software hat eine Vereinbarung über ein Technologiepartnerprogramm mit NEC unterzeichnet. Damit wollen die Unternehmen globale Lösungen für die Smart Factory im Bereich der 3D-Simulation von Robotern ausbauen. Die beiden Unternehmen werden gemeinsam eine Lösung zur Automatisierung der Roboterprogrammierung entwickeln, die den Digital-Twin-Service „NEC Robot Task Planning“ mit der Software Process Simulate aus dem

Tecnomatix-Portfolio von Siemens kombiniert, um Kunden aus der Fertigungsindustrie dabei zu unterstützen, ihre Arbeitsabläufe zu optimieren.

Die NEC Robot Task Planning-Software, die im Rahmen der BluStellar-Initiative von NEC bereitgestellt wird, verfügt über einen proprietären Algorithmus, der den koordinierten Betrieb mehrerer Roboter optimiert und mithilfe von KI automatisch Bewegungspläne für Roboter generiert. Bislang wurde die Bewegung mehrerer Roboter

Von CAD-Daten zu produktionsreifen Modellen

Maschinelles Lernen verändert ganze Branchen, aber CAD-Daten blieben bislang weitgehend unzugänglich. Aktuelle Tools erfordern improvisierte Skripte, anfällige Workflows und kostspielige Abhängigkeiten. Hoops AI von Tech Soft 3D soll dies ändern und bietet das erste Framework zum Erstellen von ML-Modellen mit CAD-Daten. Dieses neue Toolkit bietet Datenwissenschaftlern und Entwicklern eine sofort einsatzbereite Umgebung, um ihre Daten vorzubereiten, Experimente zu verwalten und ML-Modelle in großem Maßstab zu entwickeln.

Hoops AI baut auf der soliden Grundlage von Hoops Exchange auf, der CAD-Import-/Export-Bibliothek, die über eine Python-API direkten, hochpräzisen Zugriff auf mehr als 30 Dateiformate bietet, darunter Geometrie, Topologie, Baugruppen, PMI und Metadaten. Dadurch werden riskante Zwischenkonvertierungen vermieden und die Abhängigkeit von kostspieligen CAD-Systemen beseitigt.

Von hier aus automatisiert Hoops AI die Vorbereitung von Datensätzen in großem Maßstab mit Tools für die Visualisierung, Segmentierung und Bereinigung sowie mit Encodern, die CAD-Modelle in ML-fähige Formate konvertieren. Es verwaltet die Erfassung, Versionierung und Experimentverfolgung, um reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten, unterstützt durch eine integrierte Visualisierung für Einblicke in jeder Phase.

manuell von erfahrenen Ingenieuren mithilfe eines als „Teaching“ bezeichneten Prozesses geplant. Dieser Prozess ist äußerst komplex. Infolgedessen kommt es zu vielen Verzögerungen bei der Inbetriebnahme von Produktionslinien, die mehrere Roboter einsetzen. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurde NEC Robot Task Planning nahtlos in die Benutzeroberfläche von Process Simulate integriert, sodass Benutzer die Erstellung von Roboterbewegungsplänen mit einem einzigen Klick ausführen können, was den Arbeitsaufwand für das Teach-In erheblich reduziert. Diese Funktion ergänzt die derzeit in Process Simulate verfügbaren Tools für die automatische Pfadplanung und Roboterprogrammierung.



Herausforderungen, Lösungen und Trends

Zulieferer in der Luft- und Raumfahrtindustrie agieren in einem anspruchsvollen technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Umfeld. Im folgenden Artikel erfahren Sie, welche zentralen Konzepte dabei helfen können, die Anforderungen erfolgreich zu meistern und langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.

VON ANDREAS MÜLLER

Hohe Sicherheits- und Qualitätsanforderungen, lange Entwicklungszyklen, komplexe Lieferketten und erhebliche Investitionsbedarfe stellen Zulieferer in der Luft- und Raumfahrt vor komplexe Aufgabenstellungen. Die Kunden dieser Unternehmen sind in der Regel große Serien- oder Großprogrammkunden – etwa Airframe-OEMs wie Airbus und Boeing oder zentrale Akteure der Raumfahrt und Satellitenherstellung. Die Programme zeichnen sich durch sehr lange Entwicklungs- und Lebenszyklen aus, die sowohl technologische Entscheidungen als auch Investitions- und Kapazitätsplanungen langfristig definieren.

Gleichzeitig gelten in der Luft- und Raumfahrt besonders hohe Anforderungen an Sicherheit, Qualität und Zertifizierung – von strikten Lufttüchtigkeitsstandards

über umfassende Qualitätsmanagementsysteme bis hin zu dokumentierten Prozessen (Design Assurance wie DO-254 und DO-178C, vgl. [1]). Deren Einhaltung wird regelmäßig auditiert.

Ein weiteres Merkmal liegt in der technischen Komplexität der Produkte und Lösungen und ihrer Integration in das Gesamtsystem eines Flugzeugs oder Trägersystems begründet. Mechanische, elektrische, elektronische und softwareseitige Anforderungen greifen ineinander und erfordern eine enge Abstimmung über Schnittstellen und Systemarchitekturen hinweg. Gleichzeitig bewegen sich Zulieferer in globalisierten, fragmentierten Supply Chains mit mehreren Ebenen (Tier-1 bis Tier-3), was hohe Anforderungen an Transparenz, Rückverfolgbarkeit und Risikomanagement in sich birgt.

Herausforderungen in der Produktentwicklung

Eine der größten Hürden besteht im erheblichen Up-front-Investment, das häufig bereits in sehr frühen Phasen eines Programms erforderlich ist. Noch bevor erste Auftragserlöse fließen, müssen Zulieferer in Werkzeuge, Prüfstände und Qualifizierungsmaßnahmen investieren. Die strengen Sicherheits- und Qualitätsanforderungen verstärken diesen Aufwand, da Komponenten umfangreiche Tests durchlaufen müssen und oft als „flight proven“ gelten sollen. In der Raumfahrt ist der Aufwand nochmals höher, da die Stückzahlen gering sind und die Zuverlässigkeitsanforderungen sehr hoch liegen. Dort gibt es andererseits keine luftfahrtbehördlichen Zertifizierungsprozesse wie FAA- oder EASA-Luft-



Simulationsanbieter Altair bietet Lösungen für KI-gestütztes Engineering, intelligente Fertigung und fortschrittliche Konnektivität.

tüchtigkeitszulassungen, doch hat die ESA ebenfalls Entwicklungsprozesse und Product Assurance sowie Softwareprozesse, insbesondere bei Class-A-Missionen, die sehr strikt sind [2]). Insgesamt kann das bestimmte Aufwände reduzieren, während Terminverschiebungen – wie in großen Launcher-Programmen – zusätzliche Risiken erzeugen. Für mittelständische Unternehmen erweist sich das frühe Investitionsvolumen oft als kritische Hürde.

Lange Projektlaufzeiten

Zwischen Konzeptphase, Design, Qualifizierung und erster Lieferung vergehen in der Luftfahrt oft viele Jahre; für elektronische Hardware sind Entwicklungszyklen von fünf Jahren und mehr keine Ausnahme. Zulieferer müssen lange in Vorleistung gehen, qualifizierte Mitarbeiter binden und oftmals bestimmte Komponenten frühzeitig einlagern (zum Beispiel Halbleiter mit maximal 10 bis 15 Jahren garantierter Verfügbarkeit bei Programmlebenszyklen von mehr als 30 Jahren). Ein Manager eines namhaften Zulieferers, zuständig für die Entwicklung von Electronic Hardware, führt dazu aus: „Die Lebensdauerzyklen von Chip-Technologien sind kürzer als die von Flugzeugmodellen. Es lohnt sich, rechtzeitig über Bevorratung und Langzeitlagerung nachzudenken.“

In der Raumfahrt verstärken längere Qualifizierungszyklen, geringe Produktionsvolumina und aufwändige Testkampagnen diese Effekte. Viele Programme sind anspruchsvoll getaktet, fallen in der Praxis aber häufig hinter den Zeitplan zurück. Terminverschiebungen oder kurzfristige Änderungen durch OEMs erhöhen sowohl Zeitdruck als auch technisches und wirtschaftliches Risiko.

Häufige Änderungen

Das Änderungsmanagement ist ein zentraler Komplexitätsfaktor. Denn Änderungen sind praktisch unvermeidlich – sei es

durch technische Spezifikationen, nachgeschärfte Kundenanforderungen oder regulatorische Anpassungen. Zulieferer müssen Freigabeprozesse etablieren, Änderungen technisch bewerten, Kosten- und Zeitauswirkungen kalkulieren und sicherstellen, dass Serien- oder Vorserienfertigungen nicht beeinträchtigt werden. In der Luftfahrt kommen OEM- und behördliche Freigaben sowie hohe Traceability-Anforderungen hinzu.

In der Raumfahrt ist Änderungsmanagement aufgrund geringer Stückzahlen und hoher Qualifizierungskosten noch anspruchsvoller: Jede Änderung kann umfangreiche Verifikationen und Re-Qualifikationen auslösen. Methoden der digitalen Kontinuität – etwa Digital Twins oder integrierte Systemmodelle (S-DMU) – helfen, die Auswirkungen früh zu erkennen.

Kostenmanagement

Die Zulieferer stehen im Cost Engineering unter erheblichem Druck. OEMs fordern niedrigere Stückkosten, während Anforderungen an Funktionalität, Integrationstiefe und Qualität steigen. Es gilt, die Materialauswahl, die Fertigungstechnologien sowie die Prüf- und Testprozesse ständig zu verbessern. Cost Engineering beginnt immer in frühen Programmphasen, die Estimation-Qualität ist sehr wichtig. Hier kommen das Definieren von Target Costs, Aufwandsschätzungen, die Verwendung historischer Parameter, Life-Cycle-Cost-Analysen oder Betrachtungen der Total Cost of Ownership in Frage.

Zertifizierungen

Nicht zuletzt müssen Zulieferer eine Vielzahl an Zertifizierungen erfüllen. In der Luftfahrt gehören dazu Standards wie EN/

AS 9100, IPC- und WHMA-Normen sowie aviation-spezifische Entwicklungs- und Sicherheitsstandards für elektronische Hardware und Software, darunter ARP 4754/4761, DO-254 oder DO-178C. Für Bauteile kommen je nach Produkt zusätzliche Qualifikationen – etwa AEC-Q100 – hinzu, sofern ihre Zuverlässigkeit nachgewiesen werden muss. In der Raumfahrt gelten die ECSS-Standards der ESA sowie weitere Vorgaben, etwa für ASIC-/FPGA-Entwicklung (zum Beispiel ECSS-E-ST-20-40C, ECSS-Q-ST-60-03C), Softwarestandards oder produktspezifische Qualifizierungsregeln.

Hinzu kommen exportkontrollrechtliche Anforderungen wie ITAR oder Dual-Use-Regularien, deren Bedeutung aufgrund geopolitischer Entwicklungen weiter zunimmt. Für Sensorik und Elektronik in der Raumfahrt ist häufig ein „Flight-certified“-Status erforderlich, verbunden mit detaillierter Dokumentation, Lebensdauernachweisen und oftmals behördlicher Freigabe.

Lösungsmöglichkeiten

Entwicklungsmethodik:

Zulieferer müssen Methoden des Systems Engineering und der Software- und Hardwareentwicklung beherrschen, einschließlich Model-Based System Engineering (MBSE), Hardware/Software-Co-Design und der integrierten Betrachtung elektrischer, elektronischer und softwarebezogener Aspekte. Digitale Zwillinge, Simulationen und virtuelle Prototypen tragen dazu bei, die Risiken zu minimieren und können Qualifizierungskosten verringern (und nicht nur die).

In der Raumfahrt steigen die Anforderungen aufgrund extremer Umweltbedingungen – Vakuum, Strahlung, thermische Lasten – sowie hoher Zuverlässigkeitsvorgaben. Das erfordert Redundanzkonzepte und Fehlertoleranz über qualifizierende und robuste Architekturen.

Projektmanagement

Die klassischen Vorgehensmodelle wie die Wasserfall-Methodik dominieren weiterhin, da Nachweisführung, Rückverfolgbarkeit und Zertifizierbarkeit höchste Priorität haben. Der Trend zu agilen Methoden ist daher abgeflacht; hybride Modelle kommen jedoch in Software- und Elektronikbereichen zum Einsatz, etwa wenn Software- oder Elektronikmodule

iterativ entwickelt werden. Ein effizientes Projektmanagement muss Risiko- und Änderungsmanagement eng integrieren, Meilensteine der Qualifizierung präzise steuern und eine transparente Kommunikation entlang der gesamten Supply Chain sicherstellen. Gerade bei Elektronik- und Sensorkomponenten sind die Synchronisation mit OEM- oder Tier-1-Partnern, die Koordination mehrerer Lieferstufen und eine durchgehende Traceability entscheidend.

Software

Geht es darum Entwicklungsziele zu erreichen und tragfähige Ergebnisse zu erzielen, führt kein Weg an leistungsfähigen Softwarelösungen vorbei (lesen Sie dazu auch unseren Expertentalk auf den Seiten 16-19): PLM-, ERP- und ALM-Systeme, Simulationswerkzeuge (CAE/FEA/CFD/EMV), Digital Twins und S-DMUs sind Standard. Für Elektrik- und Elektronikprodukte kommen Tools für Simulationen, Harness-Design, Sensor-Modellierung und Embedded-Software hinzu. In der Raumfahrt ergänzen Missionssimulation, Radiation-Hardness-Analysen, Redundanzbewertungen und On-Orbit-Testtools die Entwicklungslandschaft.

Trends

Ein Schwerpunkt liegt in der Digitalisierung und Integration von Produkt-, Prozess- und Lieferkettendaten. PLM-Systeme, digitale Zwillinge, virtuelle Prototypen und S-DMUs verkürzen die Entwicklungszyklen. Sie ermöglichen es darüber hinaus, Risiken früher zu erkennen. Hybride Entwicklungsmethoden etablieren sich stärker. So werden klassische sequenzielle Modelle mit iterativen Elementen in Elektronik- und Softwarebereichen kombiniert.

Ein weiterer Trend betrifft die Resilienz der Supply Chain. Materialengpässe, geopolitische Spannungen und die strategische Bedeutung von Rohstoffen und Halbleitern erfordern Dual-Sourcing, höhere Lagerbestände und verbesserten Transparenzmaßnahmen. Insourcing bestimmter Technologien und, wo möglich, das Ausphasen von US- und China-Lieferketten können zudem die Beschaffungs- und Entwicklungsstrategien verändern..

Vernetzung von Subsystemen

Die zunehmende Elektrifizierung, die stärkere Vernetzung von Subsystemen, neue Sensorfusion-Konzepte und der Bedarf an leichteren, kompakteren Baugruppen – auch im Defence-Bereich – treiben Innovationen voran. Das macht softwarebasierte Funktionen noch wichtiger. Die Produkte und Lösungen kombinieren eingebettete Software, Konnektivität und intelligente Diagnose- oder Health-Monitoring-Funktionen. Entsprechend gewinnen Systemintegration und Systems Engineering weiter an Boden: Nur ein ganzheitlicher Entwicklungsansatz erfüllt die Anforderungen an Funktionalität, Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Nachhaltigkeit

Auch nachhaltige Lösungen rücken zunehmend ins Blickfeld, besonders in der Luftfahrt. Hier geht es vor allem um leichte Materialien, energieeffiziente Fertigungsprozesse, die Wiederverwendung von Werkstoffen und emissionsarme Produktionsverfahren. In der Raumfahrt gewinnt das Thema ebenfalls an Wichtigkeit – allerdings liegt hier der Schwerpunkt eher auf dem End-of-Life-Management der Raumfahrzeuge selbst, etwa durch Wiederverwertungs- oder kontrollierte De-Orbiting-Konzepte.

Geschäftsmodelle

Ein wichtiger struktureller Wandel betrifft zudem neue Geschäftsmodelle, insbesondere im Umfeld des „New Space“, wo private Unternehmen anstelle staatlicher Akteure wie NASA und ESA die Branche mit neuen Geschäftsmodellen und Technologien vorantreiben. Die neuen Marktteilnehmer verlangen kürzere Entwicklungs- und Markteinführungszeiten, hohe Flexibilität und oft geringere Stückzahlen. Für Zulieferer läuft das darauf hinaus, ihre Prozesse anzupassen, Entscheidungswege zu verkürzen und sich besser auf modulare oder kundenindividuelle Lösungen vorzubereiten. Im Gegensatz dazu arbeiten NASA oder ESA weiterhin mit großen, schwerfälligen Organisations- und Entscheidungsstrukturen – was die Dynamik im New-Space-Bereich zusätzlich vor Augen führt.

Sicherheit und Schutz vor Cyberangriffen

Schließlich nehmen Zertifizierung, Standardisierung und Cybersicherheit eine wachsende Rolle ein. Während Rückverfolgbarkeit und Qualitätsnachweise schon immer zentrale Anforderungen waren, tre-

ten zunehmend Aspekte wie DevSecOps (Development, Security und Operations müssen in der Softwareentwicklung von Anfang an berücksichtigt werden), Datensicherheit, Schutz vor Cyberangriffen und IT-Sicherheitsnormen in den Vordergrund – besonders bei Elektronik- und Sensorikkomponenten. Zulieferer sollten diese Anforderungen frühzeitig in ihre Entwicklungsprozesse integrieren, um sowohl regulatorische Vorgaben als auch die Erwartungen der OEMs zu erfüllen.

Fazit und Ausblick

Für Zulieferer in der Luft- und Raumfahrt kommt es darauf an, in der Produktentwicklung zwischen hohen Anfangsinvestitionen, langen Entwicklungs- und Programmzyklen, strengen Qualitäts- und Zertifizierungsanforderungen sowie einem zunehmenden Kosten- und Innovationsdruck einen vernünftigen Trade-off zu finden. Sie müssen diese komplexen Rahmenbedingungen beherrschen und zugleich wirtschaftlich tragfähige Entscheidungen treffen.

Vorausschauende Planung

Besonders entscheidend ist eine vorausschauende Planung der Up-front-Investitionen, da Programme oft viele Jahre vor dem ersten Umsatz beginnen und die zugehörigen Cashflows mitunter stark abgezinst werden müssen. Ohne signifikante NRE-Regelungen-Beteiligungen des Kunden (Non-Recurring Expenditures) lässt sich dieses Risiko kaum bewältigen – in der Raumfahrt ebenso wie in der Aviation. Gerade im Space-Bereich zeigt sich zudem, dass Projekte nicht selten genau so lange vorangetrieben werden, wie ESA- oder NASA-Mittel verfügbar sind, was die wirtschaftliche Planbarkeit weiter erschwert.

Realistische Kalkulation

Ebenso wichtig, insgesamt aber noch nicht durchgehend etabliert, ist eine realistische Kalkulation der Projektlaufzeiten, einschließlich Rückstellungen für Verzögerungen oder Änderungen, die in beiden Branchen eher die Regel als die Ausnahme sind. Ein robustes Änderungs- und Kostenmanagement bildet dafür das notwendige Fundament: frühe Verifikation von Änderungen, klar definierte Cost-Targets und eine konsequente Betrachtung der Life-Cycle-Kosten helfen, technische Risiken und wirtschaftliche Belastungen zu kontrollieren. Sie ermöglichen es dabei,

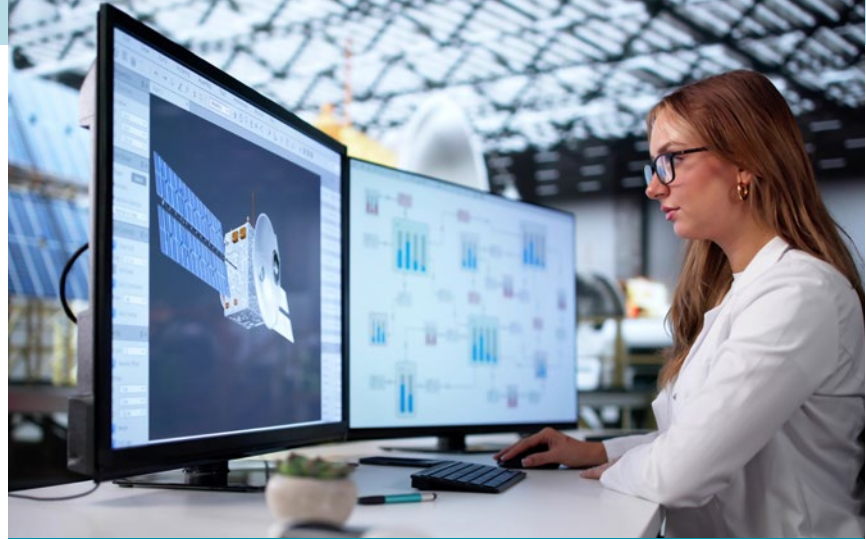
Änderungen auch wirtschaftlich sinnvoll abzubilden. „Bei Aufwandsabschätzungen konservativ vorgehen, Entwicklungsziele exakt definieren und Änderungsanforderungen genau tracken!“, empfiehlt der Manager für Electronic Hardware eines bekannten Zulieferers.

Moderne Entwicklungsansätze

Auf methodischer Ebene gewinnen moderne Entwicklungsansätze wie Model-Based Systems Engineering sowie digitale Zwillinge weiter an Bedeutung, denn sie reduzieren die Komplexität und verbessern die Transparenz der Prozesse. Unterstützt wird die Entwicklung durch etablierte Software-Werkzeuge – PLM- und ALM-Systeme oder sogar Anwendungen wie Jira für das operative Projektmanagement. Simulationsumgebungen sowie integrierte ERP-/PLM-Landschaften sind in fast allen Unternehmen der Branche mittlerweile Standard sind. Testcases lassen sich mittlerweile auch mit KI generieren.

Defence und New Space

Schließlich bleibt die konsequente Erfüllung der Zertifizierungs-, Qualitäts- und regulatorischen Anforderungen ein un-



In der Raumfahrt sind die Anforderungen aufgrund extremer Umweltbedingungen – Vakuum, Strahlung, thermische Lasten – sowie hoher Zuverlässigkeitsvorgaben besonders hoch.

erlässlicher Bestandteil jedes Entwicklungsprojekts. Gleichzeitig eröffnen sich neue Marktchancen: Der Verteidigungsbereich erlebt aufgrund der geopolitischen Lage einen deutlichen Aufschwung, und der New-Space-Sektor entwickelt sich zu einem attraktiven, dynamisch wachsenden Segment, das Zulieferern zusätzliche Perspektiven bietet.

Insgesamt zeigt sich: Wer Investitionen klug und vorausschauend plant,

Risiken beherrscht, seine Entwicklungsprozesse im Griff hat und regelmäßig modernisiert und regulatorische Anforderungen souverän erfüllt, kann auch in diesem anspruchsvollen Umfeld erfolgreich agieren.

anm ◀

[1] <https://airworthinesscert.com/do-254-and-do-178c-are-top-down-processes/>

[2] <https://ecss.nl/standards/active-standards/product-assurance/>

Bild: © Andrey Popov, adobe.stock.com

ANZEIGE

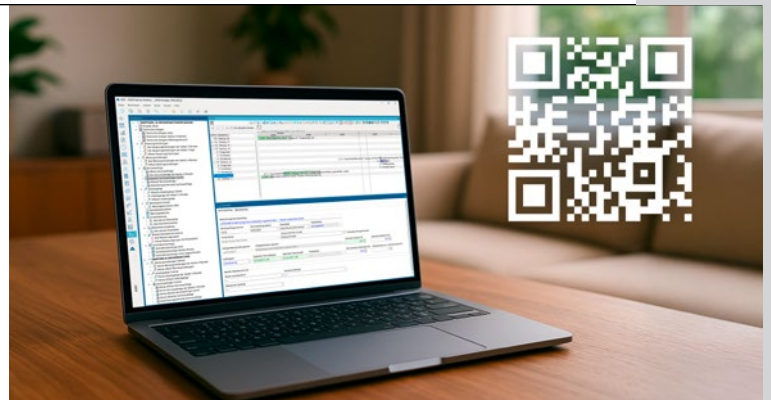
AXAVIA: Zentrale Plattform für vernetzte Engineering-Prozesse

Die AXAVIA Software GmbH aus Linz bietet mit AXAVIASeries eine modulare Softwareplattform, die den Unternehmensprozess in einer durchgängigen digitalen Umgebung abbildet, von der ersten Kundenanfrage über Angebotserstellung, Projektplanung, Beschaffung und Fertigung bis zur Auslieferung sowie nachgelagerten Wartung und Instandhaltung.

Alle Bereiche greifen dabei auf eine gemeinsame, konsistente Datenbasis zu. So entstehen transparente Abläufe ohne Unterbrechungen – für mehr Effizienz, Qualität und Nachvollziehbarkeit im gesamten Lebenszyklus eines Projekts.

Mit AXAVIASeries lassen sich Autodesk Inventor und AutoCAD Plant 3D nahtlos in eine zentrale Datenumgebung integrieren. Zeichnungen und Projektdateien werden strukturiert abgelegt, versioniert und über definierte Workflows freigegeben. Gleichzeitig stehen Stücklisten, Artikel- und Projektdaten in den nachgelagerten ERP-Modulen zur Verfügung. So fließen Informationen aus der Konstruktion ohne Brüche im Informationsfluss direkt in Beschaffung, Lager und Produktion ein.

Auf Basis der in AXAVIASeries erzeugten Konstruktionsdaten lassen sich auch Dokumentationen, Prüfberichte und Wartungspläne einfach ableiten. Die Datenhaltung schafft



eine lückenlose Informationskette und bildet die Grundlage für ein effizientes Lifecycle-Management. Dank der gemeinsamen Datenbasis entstehen in AXAVIASeries durchgängige und transparente Prozesse über alle Unternehmensbereiche hinweg. Alle Informationen stehen zentral und konsistent zur Verfügung – für klare Strukturen, schnellen Informationszugriff und einen vollständig digitalisierten Workflow auf einer einzigen Plattform.

AXAVIA SOFTWARE GMBH

Adresse: Hafenstraße 47-51, 4020 Linz

Telefon: +43 732 997049 0

E-Mail: office@axavia.com

www.axavia.com

AXAVIA



Bild: Oleksii Alekseyev/shutterstock.com

Luftüberlegenheit aus der Fabrikhalle

Unbemannte Luftfahrzeuge schnell produzieren und intelligent einsetzen zu können, ist für die moderne Kriegsführung unerlässlich. Dabei ist der Einsatz der additiven Fertigung entscheidend. **VON FOSTER FERGUSON**

Herkömmliche Lieferketten müssen in aktuellen geopolitischen Konflikten einem bislang unbekannten Druck standhalten. Geschwindigkeit, Anpassungsfähigkeit und lokale Produktion sind hier zu entscheidenden Erfolgsfaktoren geworden. Unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs) - einst das Produkt jahrelanger Entwicklungsprozesse - werden heute innerhalb von Wochen oder sogar Tagen entworfen, getestet und eingesetzt: Mit additiver Fertigung lassen sich kritische Systeme und Komponenten im Einsatzgebiet erneuern.

Das enorme Tempo der Aktivitäten treibt die künftige UAV-Entwicklung voran, und eine spannende Zeit weiterer Innovationen steht bevor.

Dynamische Militäreinsätze mit UAVs

Ermöglicht es die additive Fertigung den Streitkräften tatsächlich, schnell zu iterieren, komplexe Komponenten im Einsatzgebiet zu produzieren und auf sich ändernde Einsatzanforderungen in Echtzeit zu reagieren? Dazu muss man die jüngsten Einsätze von UAVs in laufenden Konflikten betrachten.

Die Ukraine stellt einen eigenen Mikrokosmos dieser jüngsten Entwicklungen dar. In den ersten Tagen des Krieges setzte die Ukraine UAVs in großem Maßstab ein und unternahm zahlreiche präzise Luftangriffe mit Bayraktar-TB2-UAVs aus türkischer Produktion. Die ukrainischen Streitkräfte konnten diese UAVs in der Anfangsphase der russischen Invasion in einem relativ unangefochtenen Luftraum einsetzen und erzielten dabei mehrere viel beachtete Erfolge.

Aus dem Ukraine-Konflikt lassen sich jedoch auch andere Lehren ziehen, besonders die, wie schnell sich die Umstände auf dem Schlachtfeld ändern können. Russland verstärkte zügig seine Luftabwehr entlang der fast 1.000 Kilometer langen Frontlinie, und so war die Bayraktar-Drohne schon bald deutlich seltener am Himmel zu sehen.

Neue UAV-Normalität

Nach Angaben des European Council for Foreign Relations (ECFR) folgte eine beispiellose Phase der UAV-Innovation auf beiden Seiten. Die russischen und ukrainischen Streitkräfte bemühten sich, neue Plattformen auf intelligenter Weise einzusetzen. Innerhalb weniger Monate wurden bis zu 100 verschiedene Typen unbemannter Luftfahrzeuge (UAVs) entwickelt und in Dienst gestellt. Diese UAVs reichten von handtellergroßen „First Person View“-Systemen (FPV) bis hin zu Modellen mit größerer Spannweite. Einige dieser UAVs wurden von etablierten Rüstungsunternehmen gekauft, während andere von der Ukraine und Russland selbst stückweise

Soldat und UAV-Operator startet eine Drohne.



Bild: Parilov/shutterstock.com

zusammengebaut oder auf Basis von zivilen Plattformen umgerüstet wurden. Nach Ansicht des ECFR haben die beeindruckend schnellen Innovationszyklen in der Anfangsphase des Ukraine-Krieges eine neue Normalität in der UAV-Entwicklung eingeleitet. Vorbei sind die Zeiten langwieriger Beschaffungsprozesse, die einem festgelegten Ablauf von Konzeption, Prototypenbau, Tests, Zulassung, Produktion und Markteinführung folgten.

An ihre Stelle ist ein schnelles Design- und Entwicklungsverfahren getreten, das für die Durchsetzung von militärischer Macht und die Abwendung von Niederlagen entscheidend ist. Allein im Jahr 2024 produzierte die Ukraine 1,3 Millionen UAVs verschiedener Typen, darunter Aufklärungs-, Kampf- und FPV-Kamikaze-Drohnen, was praktisch einer Verdoppelung der Produktion gegenüber dem Vorjahr entspricht.

Die Rolle der additiven Fertigung

Die additive Fertigung erwies sich in dieser intensiven Innovationsphase als entscheidend. Die ukrainischen Streitkräfte nutzten sie zur Herstellung von 3D-gedruckten UAV-Teilen, um handelsübliche UAVs für Präzisionsschläge und Panzerabwehrmissionen anzupassen. Durch das Hinzufügen von 3D-gedruckten Flossen und Stabilisatoren an vorhandene Munition konnte das Militär handelsübliche Systeme in taktische Mittel umwandeln, die Flexibilität und Vielseitigkeit in schnelllebigen Gefechtssituationen bieten.

Darüber hinaus hat der Konflikt in der Ukraine weltweit bei den Streitkräften das Interesse daran geweckt, wie die additive Fertigung die Flexibilität in künftigen Kampfsituationen steigern kann. Die US-Luftwaffe beispielsweise demonstrierte kürzlich die Montage und den Einsatz einer 3D-gedruckten Drohne innerhalb eines Zeitfensters von 24 Stunden. Andere Verteidigungsministerien, wie etwa das britische, haben ebenfalls mit der additiven Fertigung für die Produktion von Ersatzteilen für Luft-, Land- und See-gestützte Plattformen experimentiert.

Damit wird klar: Das Design und die Produktion von UAVs haben sich verändert. Von „traditionellen“ Mehrzweckdrohnen bis hin zu kleineren, wendigeren Angriffsdrohnen wird nun eine beschleunigte



Ein Taga UAV-Prototyp, gedruckt mit dem Stratasys J35 Pro.

Entwicklung und Produktion erwartet, um der dynamischen Natur der modernen Kriegsführung gerecht zu werden – wobei die additive Fertigung eine führende Rolle in dieser Entwicklung spielt.

Leichter und robuster

Die additive Fertigung spielt daher bei der Entwicklung von unbemannten Flugzeugen für verschiedene UAV-Plattformen eine zunehmend wichtige Rolle. Von kleinen, einfachen Aufklärungsgeräten mit begrenzter Reichweite bis hin zu Langstreckenplattformen, die für Aufklärung, Zielerfassung und Präzisionsschläge eingesetzt werden können, unterstützt die additive Fertigung Ingenieure, leistungsfähigere Bauteile in kürzerer Zeit zu entwickeln – und zugleich Herausforderungen in der Lieferkette sowie bei der Lagerhaltung zu überwinden.

Taga, ein auf Industriedesign spezialisiertes Unternehmen für Fertigungstechnik, ist ein typisches Beispiel dafür. Es hat einen Stratasys J35 Pro PolyJet 3D-Drucker eingesetzt, um die Entwicklung von Drohnen zu beschleunigen – insbesondere durch schnellere und effektivere Tests neuer Teile.

In einem Projekt entwickelte Taga ein Sicherheitsmerkmal für UAVs, um die Haltbarkeit von UAV-Rotoren zu verbessern. Der Rotor benötigte ein hohes Maß an Flexibilität, und die Ingenieure waren sich nicht sicher, welches Maß an Steifigkeit am besten ist. Mit dem J35 Pro hat Taga den Multimaterialdruck eingeführt. Die Kombination aus flexiblen und festen Materialien ermöglicht die Entwicklung von Prototypen, die unterschiedlichsten Produktanforderungen gerecht werden. Mit dem J35 Pro konnte man schnell vier



Bilder: Stratasys

Stratasys J35 Pro PolyJet 3D-Drucker. Die Zukunft der Luftüberlegenheit liegt nicht nur in der Luft, sondern auch in der Fabrikhalle.

verschiedene Muster mit unterschiedlichen Steifigkeitsgraden drucken. Den Kunden von Taga war es somit möglich, das geeignete Design zu testen und dann zu übernehmen.

Über dieses Beispiel hinaus hat sich die additive Fertigung in mehreren Schlüsselbereichen bewährt. Sie ermöglicht ein schnelles Prototyping und eine schnellere Iteration, sowie die Herstellung von leichten und hochfesten Strukturen. Darüber hinaus unterstützt sie die Anpassung an Kundenwünsche und die einsatzspezifische Anpassungsfähigkeit, wobei der Multimaterialdruck eingebettete Funktionen begünstigt. Die additive Fertigung führt auch zu einer lokalisierten Produktion und einer schnelleren Wartung, so dass beschädigte UAVs vor Ort repariert werden können. Die additive Fertigung stellt somit eine äußerst anpassungsfähige Technologie für die Konstruktion, die Entwicklung und den Betrieb von UAVs dar.

Fazit und Ausblick

Die jüngsten Konflikte haben die Gestaltung, Produktion und den Einsatz von UAVs grundlegend verändert. Der additiven Fertigung kommt eine entscheidende Rolle in dieser Dynamik zu. Die Fähigkeit, Designs schnell zu überarbeiten und zu skalieren, vor Ort zu fertigen sowie Unsicherheiten in der Lieferkette zu beseitigen, hat bei militärischen Einsätzen als wertvolles Merkmal erwiesen.

anm ◀

Der Autor, Foster Ferguson, ist Vice President Industrial Business bei Stratasys.



Das ZEROe-Projekt von Airbus konzentriert sich auf die Entwicklung eines kommerziell nutzbaren, vollelektrischen, wasserstoffbetriebenen Verkehrsflugzeugs.

Intelligenter, leichter und nachhaltiger fliegen

Das Ziel, Netto-Null-Emissionen zu erreichen, treibt die Luft- und Raumfahrt voran – von Antriebssystemen und Energiequellen bis hin zu den Materialien und Methoden für den Bau von Flugzeugen. Wo die Branche um die Dekarbonisierung wetteifert, hat sich die additive Fertigung (AM) als transformative Technologie herausgestellt. **VON MICHAEL FULLER**

Bei Conflux Technology sieht man additive Fertigung nicht nur als eine neue Methode zur Herstellung von Komponenten, sondern als einen grundlegenden Wegbereiter für intelligentere, leichtere und nachhaltigere Flüge. Die Arbeit des Unternehmens im Rahmen mehrerer Kooperationen – darunter Projekte mit Airbus, dem TheMa4HERA-Konsortium von Honeywell und AMSL Aero allein im letzten Jahr – zeigt, wie sich entsprechende Verfahren einsetzen lassen, um eine der größten technischen Hürden der Luft- und Raumfahrt für mehr Nachhaltigkeit zu überwinden: das Wärmemanagement. Unabhängig davon, ob sie mit Wasserstoff-Brennstoffzellen, Hybrid-Elektrosystemen,

nachhaltigem Flugkraftstoff oder Batteriepacks angetrieben werden, erzeugen Flugzeuge der nächsten Generation erhebliche Mengen an Wärme. Diese Wärme sicher und effizient zu managen, ohne unnötiges Gewicht oder Komplexität hinzuzufügen, ist eine Aufgabe, die sich direkt auf die Rentabilität einer nachhaltigen Luftfahrt auswirkt.

Wärmemanagement für eine nachhaltige Luftfahrt

Ein effektives Wärmemanagement ist zentral, da übermäßige Wärme sowohl die Leistung als auch die Sicherheit beeinträchtigen kann. In Wasserstoff-Brennstoffzellensystemen kann Überhitzung die Effizienz verringern und die Lebensdauer der Komponenten verkürzen, während in Batterie- oder Hybrid-Elektrokonfigurationen unkontrollierte Wärme zu einer verringerten Energiedichte, einer schnelleren Degradation oder sogar zu Sicherheitsrisiken führen kann. Herkömmliche Wärmetauscher sind oft durch konstruktive Einschränkungen begrenzt, was Kompromisse zwischen Gewicht, Größe und thermischer Leistung zur Folge hat. Die additive Ferti-

gung überwindet diese Einschränkungen und ermöglicht komplexe Geometrien und optimierte Strömungswege. Diese sorgen für eine effiziente Kühlung, ohne Gewicht oder Komplexität hinzuzufügen.

Diese Gestaltungsfreiheit der additiven Fertigung macht einen entscheidenden Unterschied. Mit entsprechenden Herstellungsverfahren lassen sich leichte, leistungsstarke Wärmetauscher herstellen, die mit herkömmlichen Methoden nicht zu produzieren wären. Conflux kann zudem sehr dünne Wände erzielen und für jedes Teil maßgeschneiderte Entpulverungsstrategien anwenden – und somit die Technologie bis an ihre Grenzen ausreizen. Das resultiert in Komponenten, die präzise für die Betriebsbedingungen jedes Systems optimierbar sind. Thermische Effizienz und Wärmeübertragung werden maximiert und gleichzeitig sinkt der Materialverbrauch.

Von Wasserstoff zu Hybrid

Im Wesentlichen erlaubt das den Ingenieuren, auf Leistung statt auf Prozesse zu achten; zentral für die Weiterentwicklung der Technologien, die einen sauberen Flugverkehr ermöglichen.

Bild: TheMa4HERA



TheMa4HERA: Förderung des hybrid-elektrischen Regionalflugverkehrs mit additiv gefertigten Wärmetauschern, die durch die Zusammenarbeit von 28 europäischen Partnern hinsichtlich Effizienz, Gewicht und Leistung optimiert wurden.

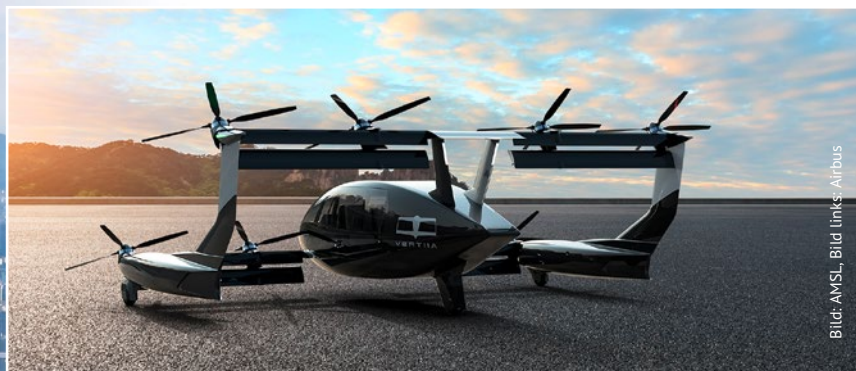


Bild: AMSL, Bild links: Airbus

Vertiia von AMSL Aero soll das weltweit effizienteste emissionsfreie Elektro-VTOL-Flugzeug mit großer Reichweite werden.

Die Kooperationen von Conflux veranschaulichen, wie additive Fertigung realen Nachhaltigkeits Herausforderungen im Luft- und Raumfahrtbereich begegnet.

Gemeinsam mit Airbus entwickelt das Unternehmen Wärmetauscher für das ZEROe-Programm. Diese weisen komplexe interne Kanäle auf, optimiert für die Kühlung von Wasserstoff-Brennstoffzellen. Diese nur mit additiver Fertigung realisierbaren Geometrien, erlauben eine effiziente Wärmeübertragung bei minimalem Gewicht. Im Rahmen des TheMa4HERA-Konsortiums entwickelt Conflux skalierbare Wärmetauscher für hybrid-elektrische Regionalflugzeuge und stellt gleichzeitig gemeinsame Erkenntnisse von 28 Partnern aus ganz Europa bereit, um die Energieeffizienz zu maximieren und den Materialverbrauch zu minimieren.

Die Partnerschaft mit AMSL Aero bringt diese Prinzipien in die regionale Luftmobilität ein. In Zusammenarbeit entsteht hier ein optimiertes Kühlsystem für Wasserstoff-Brennstoffzellen für Vertiia, das emissionsfreie Langstrecken-VTOL-Flugzeug von AMSL. Die von Conflux entwickelten Wärmetauscher bieten ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Gewicht, Volumen und aerodynamischer Leistung. Sie ermöglichen Flugstrecken von bis zu 1.000 Kilometern – eine beispiellose Reichweite für ein wasserstoffelektrisches VTOL-Flugzeug.

Über den Antrieb hinaus

Jedes dieser Projekte unterstreicht eine gemeinsame Vision: dass Innovation durch Zusammenarbeit für die Schaffung eines nachhaltigen Luftfahrt-Ökosystems unerlässlich ist. Während das Wärmemanagement das Geschäftsfeld von Conflux ist, geht das Nachhaltigkeitspotenzial

der additiven Fertigung über einzelne Komponenten hinaus.

AM ermöglicht eine lokalisierte Produktion, weniger Materialabfall und kürzere Lieferketten – zentrale Faktoren für einen kleinen ökologischen Fußabdruck bei der Entwicklung von Flugzeugen. Außerdem unterstützt es schnelle Iterationen und digitale Validierungen, sodass sich bessere Designs schneller testen und verfeinern lassen, ohne dass es kostspielige Werkzeuge oder überschüssiges Material dazu braucht.

Über die Effizienz hinaus kann AM zur Kreislaufwirtschaft beitragen: Teile lassen sich wiederaufbereiten, reparieren oder neu konstruieren, ohne dass ganze Baugruppen entsorgt werden müssen. Ihre Nutzungsdauer verlängert das, und der Ressourcenverbrauch reduziert sich. Die lokalisierte Produktion auf Abruf senkt nicht nur die CO2-Emissionen durch den Transport, sie stärkt vielmehr auch die Widerstandsfähigkeit der Lieferkette und macht die Flugzeugentwicklung anpassungsfähiger und nachhaltiger. Wirtschaftlich gesehen können schnellere Iterationen und weniger Abfall die Kosten für Hersteller und Betreiber senken. Somit können sie ein Modell schaffen, in dem sich Umweltverantwortung und Wirtschaftlichkeit gegenseitig verstärken.

Das Ergebnis ist ein neues Fertigungsparadigma, in dem Leistung, Effizienz und Nachhaltigkeit nicht mehr konkurrierende Prioritäten sind, sondern Teil desselben Designprozesses.

Fazit und Ausblick

Während Luft- und Raumfahrtunternehmen weltweit ihre Nachhaltigkeitsziele für 2030 und 2050 beschleunigt verfolgen, erweist sich die additive Fertigung als ein strategischer Vorteil.

Das Wärmemanagement ist vielleicht eine der größten Herausforderungen für eine nachhaltige Luftfahrt, aber auch eine der lohnendsten. Jeder Durchbruch bringt die Branche einen Schritt näher an eine sauberere, effizientere und vernetztere Zukunft für den Flugverkehr. Neue Möglichkeiten für Wasserstoff-, Hybrid-Elektro- und andere Antriebssysteme werden entstehen.

anm ◀

Der Autor, Michael Fuller, ist CEO und Gründer, Conflux Technology.



GESCHÄFTSFÜHRER (m/w/d)

FÜR ETABLIERTES AUTOCAD-SYSTEMHAUS GESUCHT

Am Markt sehr gut platzierter AutoCAD Applikationsentwickler mit großem Kundenstamm, langjähriger Erfahrung in der Entwicklung von AutoCAD-Applikationen, sucht für die weitere Entwicklung des Unternehmens einen Geschäftsführer dem es Freude bereitet ein Team von professionellen AutoCAD-Anwendern und Entwicklern zu führen.

Sie sollten über profunde Kenntnisse im Umgang mit AutoCAD verfügen und in der Lage sein Makros, Skripte und LISP-Programme selbst zu schreiben. Sie beraten potentielle- und Bestandskunden, kalkulieren Angebote und betreuen Projekte von der ersten Beratung bis zur Abschlussrechnung. Wenn Sie die Aufgabe anspricht, freuen wir uns über Ihre Kontaktaufnahme in Form einer .pdf-Datei an E-Mail 67xyFr@web.de

P.S. Falls Sie Interesse daran haben sollten, unser Team in andere Strukturen zu integrieren melden Sie sich ebenfalls unter E-Mail: 67xyFr@web.de.
(Vertraulichkeit wird zugesichert)



Belastbare Technologien für komplexe Aufgaben

In unseren Expertengipfel treffen diesmal Unternehmen aus der Welt der Simulation aufeinander. Die Spezialisten erläutern, wie Simulationstechnologien die Produktentwicklung in der Luft- und Raumfahrt prägen und beschleunigen.

VON ANDREAS MÜLLER



Paolo Colombo

Senior Director, Aerospace and Defense Strategic Initiatives and Ecosystem, Altair

1. Der Luft- und Raumfahrtsektor steht angesichts rasanter technologischer Entwicklungen und geopolitischen Spannungen vor großen Herausforderungen. Das führt zu schwer vorhersehbaren Engpässen und steigenden Rohstoff- und Bauteilpreisen, beeinträchtigt Lieferketten und zwingt Unternehmen dazu, noch schneller innovativ zu sein. Aus diesem Grund passen lange, starr definierte Programme nicht mehr in die Realität. Stattdessen entstehen modulare System-of-Systems-Architekturen, die schnell an neue, sich schnell ändernde Anforderungen angepasst werden können. Der Bedarf an Schnelligkeit beeinflusst Design, Zertifizierung, Industrialisierung und Upgrade-Zyklen. Firmen, die sich nicht weiterentwickeln, geraten ins Hintertreffen – gleich-

zeitig zeigen junge Unternehmen, dass sie trotz begrenzter Ressourcen immer häufiger erfolgreich mit etablierten Akteuren konkurrieren oder mit ihnen kooperieren.

2. Die Lösungen sind nicht neu, aber ihre heutige Reife und breite Zugreifbarkeit entlang der Lieferkette schon. Model-Based Systems Engineering (MBSE) ersetzt isolierte Dokumente durch vernetzte Systemmodelle, die Anforderungen, Architektur, Simulation, Zertifizierung und Produktionsplanung über einen so genannten ‚Digital Thread‘ verbinden. Das verbessert Rückverfolgbarkeit, reduziert Redesign-Schleifen und schafft eine gemeinsame Sprache für multidisziplinäre Teams.

KI-gestütztes Engineering beschleunigt diesen Prozess, indem es Konfigurationsräume erkundet, Strukturen optimiert und Routineverifizierung automatisiert. Präzise Simu-

Aus der Konvergenz von Simulation, Betriebsdaten und Analysen entstehen lernende digitale Zwillinge, die reale Daten direkt in technische Entscheidungen einfließen lassen.“

1. Wo sehen Sie aktuell die wichtigsten Herausforderungen in der Produktentwicklung in der Luft- und Raumfahrt – beispielsweise in Bezug auf Budget, Projektlaufzeiten, Zertifizierungen, Materialverfügbarkeit oder den Einsatz neuer Technologien?
2. Welche technologischen und organisatorischen Lösungen halten Sie für besonders richtungsweisend, um diese Aufgaben zu bewältigen?
3. Welche Kompetenzen und Formen der Zusammenarbeit in der Produktentwicklung werden in Zukunft entscheidend sein, um die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern?

lationen und KI verkürzen frühe Designphasen deutlich und ermöglichen schnelle Iterationen bei sich ändernden Anforderungen.

Aus der Konvergenz von Simulation, Betriebsdaten und Analysen entstehen lernende digitale Zwillinge, die reale Daten direkt in technische Entscheidungen einfließen lassen. So werden Fertigungsbeschränkungen oder Materialengpässe früh berücksichtigt und Störungen reduziert. Digi-

tal native Unternehmen nutzen diese Werkzeuge von Beginn an und erreichen dadurch Entwicklungsgeschwindigkeit und Flexibilität auf einem Wettbewerbsniveau wie große Luft- und Raumfahrtshersteller.

3. Erfolg erfordert heute mehr denn je qualifizierte Ingenieure, Techniker und Fachkräfte, ergänzt durch starke digitale Kompetenzen. Teams müssen in integrierten Umgebungen arbeiten, in denen Modelle, Daten und Simu-

Entwicklungszeiten verkürzen, Risiken frühzeitig erkennen und das Verhalten von Bauteilen und Systeme präzise vorhersagen – ohne leistungsfähige Simulationen ist das undenkbar.

1. Wo sehen Sie aktuell die wichtigsten Herausforderungen in der Produktentwicklung in der Luft- und Raumfahrt – beispielsweise in Bezug auf Budget, Projektlaufzeiten, Zertifizierungen, Materialverfügbarkeit oder den Einsatz neuer Technologien?
2. Welche technologischen und organisatorischen Lösungen halten Sie für besonders richtungsweisend, um diese Aufgaben zu bewältigen?
3. Welche Kompetenzen und Formen der Zusammenarbeit in der Produktentwicklung werden in Zukunft entscheidend sein, um die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern?

lation nahtlos über Disziplinen hinweg fließen. Kompetenzen in den Bereichen Digital Engineering, Systemdenken, KI, Datenanalyse und modellbasierte Zusammenarbeit werden zum Standard, ebenso das Zusammenspiel von CAD, CAE und Analytics.



Dr. Phillip Oberdorfer

Technology Communication Manager
bei der Comsol Multiphysics GmbH

1. Die Luft- und Raumfahrt steht an einem Wendepunkt: Neue Antriebe und Materialien eröffnen enormes Potenzial, unterliegen aber gleichzeitig strengerem Zertifizierungsanforderungen und müssen unter immer extremeren Einsatzbedingungen funktionieren. Hinzu kommt, dass viele Komponenten heute so hoch integriert sind, dass man Einflüsse kaum noch isoliert testen kann. Elektrische, thermische und strukturelle Effekte greifen ineinander und führen zu neuen Fehlermodi. Gleichzeitig verschärfen Fachkräfte-

mangel und volatile Lieferketten den Druck, Entwicklungszyklen drastisch zu verkürzen. Die zentrale Herausforderung ist daher, Komplexität nicht nur zu managen, sondern schnell und verlässlich in belastbare Technologie umzusetzen.

2. Weltweit überlegen Aerospace-Teams, wie sich Fehlerquellen früh im digitalen Raum erkennen lassen, bevor sie sich in der Hardware manifestieren. Digitale Zwillinge, die auf hochintegrierten Multiphysik-Modellen basieren, können in diesem Zusammenhang ein echter Mehrwert sein, da sie es ermöglichen, Wechselwirkungen realitätsnah vorherzusagen. Dazu zählen beispielsweise thermisch induzierte Materialermüdung in elektrifizierten Antrieben oder die Kopplung von EM- und Struktureffekten in der Satellitenkommunikation.

„Die zentrale Herausforderung ist daher, Komplexität nicht nur zu managen, sondern schnell und verlässlich in belastbare Technologie umzusetzen.“

Entscheidend ist, dass die Modelle nicht isoliert in Expertenabteilungen verbleiben. Simulations-Apps und automatisierte Workflows schaffen eine gemeinsame Daten- und Entscheidungsgrundlage. So können auch Fachabteilungen ohne tiefes Simulationswissen Varianten bewerten und Designentscheidungen mittragen. So wird interdisziplinäre Produktentwicklung zur gelebten Praxis.

3. In Zukunft zählt nicht nur technische Exzellenz, sondern synchronisiertes Systemwissen. Teams, die Modelle gemeinsam nutzen und aktiv weiterentwickeln, bauen schneller ein kollektives Verständnis auf, was gerade bei High-Risk-Technologien wichtig ist. Dafür braucht es zwei Dinge: erstens die Fähigkeit, physikalische Zusammenhänge zu interpretieren, und zweitens Arbeitsumgebungen, die dieses Wissen skalieren, etwa durch standardisierte Simulationsprozesse, klare Datenstrukturen und Werkzeuge, die Modellergebnisse für alle zugänglich machen. So entwickelt sich Simulation vom Analyse-Tool zum strategischen Innovationsantrieb.

Simulation einer VHF-Antenne am Flugzeugrumpf: S-Parameter-Analysen zeigen die Interferenz zweier Antennen. Isoflächen der magnetischen Flussdichte machen Kopplungs- und Abschattungseffekte sichtbar.

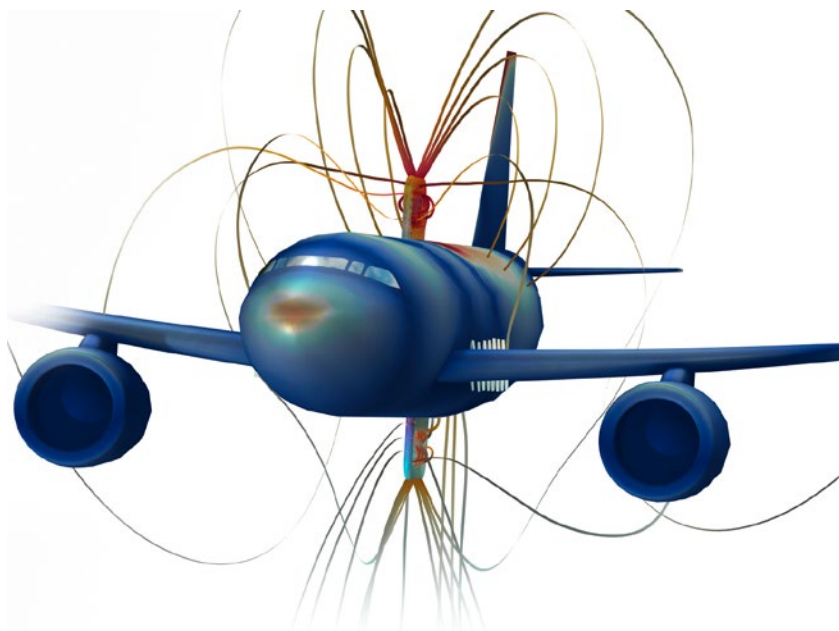


Bild: Comsol Multiphysics GmbH



Juan Valverde Alcalá

Aerospace and Defense Industry
Manager – EMEA bei MathWorks

1. Die größten Herausforderungen lassen sich in folgende Bereiche unterteilen:

Zunehmende Systemkomplexität, lange Entwicklungszyklen und Integrationsaufwand: Luft- und Raumfahrtssysteme werden zunehmend als Teil größerer Systems of Systems betrieben, beispielsweise in Verteidigungsnetzwerken oder Satellitenkonstellationen. Dies erfordert eine einheitliche Systemarchitektur, eine isolierte Entwicklung sollte unbedingt vermieden werden. Zusammenarbeit ist in zwei Dimensionen erforderlich:

1. zwischen Systemen, die miteinander kompatibel sein müssen, und
2. zwischen Unternehmen, die ihre Entwürfe aufeinander abstimmen und integrieren müssen.

Übergang zu softwaredefinierten Funktionen: Ein immer größerer Teil der Systemkomplexität liegt in der Software. Viele Unternehmen streben an, einen höheren Anteil dieser Software intern zu entwickeln, was eine erhebliche Anpassung der internen Prozesse, Toolchains und Organisationsstrukturen erfordert.

Einsatz neuer Technologien und damit verbundener Zertifizierungs Herausforderungen:

Für KI-fähige Systeme sind akzeptable Zertifizierungsansätze noch in der Entwicklung. Herkömmliche Methoden sind nicht vollständig anwendbar, und spezielle Arbeitsgruppen definieren derzeit neue Standards, an denen MathWorks aktiv beteiligt ist.

Der Bedarf an leistungsfähigeren Prozessoren (einschließlich Multi-Core- und Many-Core-Geräten) wirft Fragen hinsichtlich ihrer Einbindung in sicherheitskritische Zertifizierungsprozesse auf. Dies ist zwar machbar, aber nach wie vor zeitaufwändig und komplex.

Die zunehmende Abhängigkeit von Cloud-Diensten und der Verarbeitung großer Datenmengen erfordert ebenfalls neue Strategien zur Gewährleistung von Compliance, Safety und Security.

2. Ein entscheidender Faktor ist die Digitalisierung des Engineerings, um einen durchgängigen digitalen Thread auf Basis von Model-Based Systems Engineering (MBSE) und Model-Based Design (MBD) zu ermöglichen:

Deutliche Verkürzung der Markteinführungszeit durch Automatisierung und Rückverfolgbarkeit: MBSE und MBD schaffen eine durchgängige Rückverfolgbarkeit von Anforderungen über Architektur und das detaillierte Design bis hin zur Verifizierung und Zertifizierung. Dadurch steigt der Automatisierungsgrad, Nachbesserungen werden reduziert und Entwicklungszyklen lassen sich bei gleichbleibend hoher Qualität deutlich verkürzen.

Anpassung an die akademische Ausbildung: Viele Universitäten vermitteln MBSE und MBD bereits als Standardpraxis.

Absolventen bringen somit von Beginn an die Denkweise und Fähigkeiten für modellbasierte Arbeitsabläufe mit, wodurch sich die Einarbeitungszeit in der Branche verkürzt.

Automatisierte und qualitativ hochwertigere Zertifizierungs-Workflows: MBSE und MBD eignen sich hervorragend zur Automatisierung von Zertifizierungsaktivitäten

– von anforderungsbasierten Tests über Abdeckungsanalysen bis hin zur Erstellung von Nachweisen. Dies steigert das Qualitätsniveau und kann die Zertifizierung effizienter und konsistenter machen.

Simulation mit gemischter Genauigkeit und mehreren Domänen: Um die zunehmende Systemkomplexität zu bewältigen, sind modellbasierte Simulationen über verschiedene Domänen hinweg – etwa Avionik, Antrieb, Struktur oder Kommunikation – unverzichtbar. Mixed-Fidelity- und Multi-Domain-Simulationen ermöglichen die Analyse und Integration von Systems of Systems auf eine Weise, die mit rein physikalischen Tests unpraktisch oder unmöglich wäre.

Unterstützung modularer offener Architekturen: Der systematische Einsatz von Model-Based Design fördert klar definierte Schnittstellen und modulare Komponenten. Dies ermöglicht modulare, offene Architekturen, die für Erweiterbarkeit, die Einführung neuer Technologien und die Zusammenarbeit mit mehreren Partnern entscheidend sind.

3. Verschiedene Kompetenzen und Kooperationsmodelle werden dabei besonders wichtig sein:

Systemdenken für komplexe Systems of Systems: Ingenieure müssen über ausgeprägte Fähigkeiten im Systemdenken verfügen, um komplexe Systems of Systems zu entwerfen, zu integrieren und unternehmensübergreifende, interoperable Lösungen zu gewährleisten. Dazu gehört die Fähigkeit, Anforderungen auf Missionsebene zu verstehen und diese in Architekturen und Schnittstellen umzusetzen.

Fundierte Software-Expertise, integriert in sicherheitskritische Prozesse:

Unternehmen müssen ausgeprägte Software-Engineering-Fähigkeiten mit einem fundierten Verständnis für sicherheitskritische Entwicklungsprozesse (z. B. DO-178C/DO-254/ARP 4754B) kombinieren. Ziel ist es, fortschrittliche Software vollständig in disziplinierte, zertifizierbare Arbeitsabläufe zu integrieren.

Beherrschung eingebetteter KI und ihrer Verifizierung: Fachwissen über Embedded KI und Methoden zur Verifizierung solcher Systeme wird von entscheidender Bedeutung sein. Dazu zählen Kenntnisse im Datenmanagement, der Robustheit und Erklärbarkeit von Modellen sowie die Fähigkeit, glaubwürdige Nachweise für Zertifizierungsbehörden zu erstellen. Diese Kompetenzen, kombiniert mit einer unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit auf der Grundlage gemeinsamer Modelle, offener Architekturen und transparenter digitaler Threads, werden Faktoren für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit sein.

anm ◀

"Ein entscheidender Faktor ist die Digitalisierung des Engineerings, um einen durchgängigen digitalen Thread auf Basis von Model-Based Systems Engineering (MBSE) und Model-Based Design (MBD) zu ermöglichen."

Tipps & Tricks

Alle Tipps sollen zum selbstverständlichen Umgang mit AutoCAD und seinen vertikalen Lösungen animieren, ihn vor allem erleichtern. Aus den vielen Leseranfragen haben wir die zur Veröffentlichung ausgewählt, die allen Anwendern auch einen praktischen Nutzen versprechen. Die Fragen beantwortet unser Experte Wilfried Nelkel.

Bild: NK-Photo, AdobeStock

1 Schraffurprobleme in AutoCAD 2026

? Vor einigen Wochen haben wir uns AutoCAD 2026 gemietet und sind eigentlich noch ziemlich unerfahren in der Benutzung. Leider haben wir ein Problem bei der Schraffur, das unser AutoCAD Händler auch nicht lösen kann. Immer wieder kommt es vor, dass wir 100-prozentig geschlossene Bereiche nicht durch Punktwahl oder auf andere Art und Weise schraffieren können. Die Schraffur schlägt immer wieder fehl. Es wäre nett, wenn Sie sich mal die Zeichnung von uns ansehen könnten. Vielleicht haben Sie eine Lösung für dieses Problem?

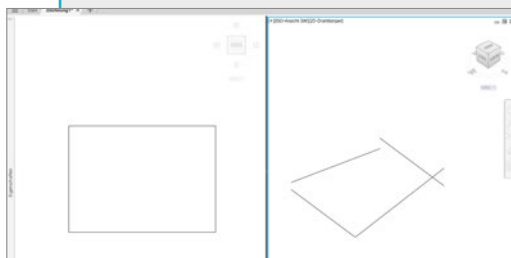


Bild 1: Beispielzeichnung mit zwei Modellbereichsansichtsfenstern. Links in der Draufsicht und rechts in einer isometrischen Ansicht.

! Zunächst einmal vielen Dank für die Übersendung der Zeichnung. Ich habe aus Gründen der besseren Veranschaulichung das Problem mal nachgestellt und zeige die Lösung mit einem einfachen Rechteck, das schraffiert werden soll. Immer wieder stelle ich fest, dass Zeichnungen, die eigentlich 2D sein sollten, in den Objekten unterschiedliche Z-Höhen beinhalten. Betrachten Sie Ihre Zeichnung mal von vorne, werden Sie feststellen, dass die Objekte auf unterschiedlichen Z-Höhen liegen. (Bild 1)

Um diesen Fehler zu bereinigen, hilft der Befehl FLATTEN, der mittlerweile aus den Express-Tools ins Standard-AutoCAD-Menü gewandert ist. Mit diesem Befehl können Sie alle Objekte auf Z-Höhe Null bringen. Aber Achtung: Damit werden unter Umständen auch gewünschte 3D-Objekte platt gemacht.

Das Problem fängt irgendwann einmal an. Sie arbeiten in der Draufsicht und fangen etwa den Endpunkt einer Linie. Hierbei haben Sie keine Kontrolle, auf welcher Z-Höhe die Linie gefangen wird. Angenommen, der Startpunkt Ihrer Linie liegt, bedingt durch den Z-Wert des Referenzobjekts, von dem Sie wegzeichnen, auf einer anderen Höhe als $Z = 0$, dann beginnen Sie mit Ihrer neuen Linie natürlich auf der falschen Z-Höhe. So summieren sich die Z-Fehler immer mehr, ohne dass Sie als Zeichner das eigentlich merken.

Um dies zukünftig zu vermeiden, existiert die Systemvariable OSNAPZ, die den Objektfang in Richtung Z-

Achse regelt. Diese Variable steuert, ob der Objektfang automatisch auf eine Ebene projiziert wird, die parallel zur XY-Ebene des aktuellen BKS verläuft. Sie kann zwei Werte haben, entweder 0 (NULL) oder 1. Ausgangswert ist „0“, was bedeutet, dass der aktuelle Z-Wert des „gefangenen“ Punkts verwendet wird. Setzen Sie die Variable auf den Wert „1“, so wird der gefangene Z-Wert durch die Erhebung definiert, die für das aktuelle BKS festgelegt ist. Die Erhebung steuern Sie über die Systemvariable „ERHEBUNG“, wobei hier sowohl die Erhebung (also der Z-Wert) im ersten Punkt angegeben werden kann, als auch die Objekthöhe, die die Höhe von Linien und sonstigen 2D-Objekten definiert. Die Objekthöhe ist vergleichbar mit einer Extrusion eines 2D-Objekts. Das heißt, auch Objekte mit Objekthöhe verdecken in einem entsprechenden visuellen Stil dahinterliegende Objekte. Auch können Materialien auf Linien mit Objekthöhe appliziert werden. Probieren Sie diese Einstellungen mal aus.

2

Bestimmten Teil einer Zeichnung zuschneiden

? Ich habe aktuell mit AutoCAD 2023 an einem Projekt zu arbeiten und muss hierzu immer nur bestimmte Bereich der Zeichnung bearbeiten. Es wäre großartig, wenn ich hier nicht mit Stutzen usw. arbeiten müsste, da sich in den Bereichen teilweise Volumenkörper, Bemaßungen, Schraffuren usw. befinden, die ich teilweise in anderen Teilbereichen auch wieder benötige. Systembedingt kann ich nicht mit Ansichtsfenster arbeiten, da ich von den Ausschnitten auch teilweise isometrische Ansichten darstellen muss. Haben Sie einen Tipp für mich?

Wählen Sie die Objekte aus, die später in dem Teilbereich sichtbar sein sollen. Sie können hier auch problemlos „großzügig“ auswählen. Nach der Auswahl kopieren Sie die Objekte in die Zwischenablage. Sobald Sie dies gemacht haben, machen Sie einen

Rechtsklick und wählen „Zwischenablage“ → „Als Block einfügen“ und setzen den Block ab. Im nächsten Schritt nutzen Sie den Befehl XZUSCHNEIDEN. Hier wählen Sie den Block aus, erstellen zum Beispiel eine neue Umgrenzung usw. AutoCAD bietet Ihnen hier

diverse Auswahlmöglichkeiten an. Sobald der Block zugeschnitten ist, können Sie mit einem türkisfarbenen Griff an der eigentlich unsichtbaren Umgrenzung zwischen Innenhalb und Außenhalb wechseln. Ähnlich wie beim Zuschneiden eines PDFs.

3

Block ersetzen im AutoCAD 2026

? Auf der Webseite von Autodesk wird ein neuer Befehl „BREPLACE“ beworben. Also ein Befehl, um Blöcke einer Zeichnung durch andere auszutauschen. Diesen Befehl gibt es aber bereits seit ewigen Zeiten in den Express-Tools. Er nennt sich „BLOCKREPLACE“. Offenbar ist wieder ein Befehl aus den Express-Tools ins neue AutoCAD 2026 gewandert. Können Sie mir erklären, welcher Unterschied zwischen diesen beiden Befehlen ist?



Bild 2: Einen Block ersetzen über die Multifunktionsleiste im Menü „Einfügen“.

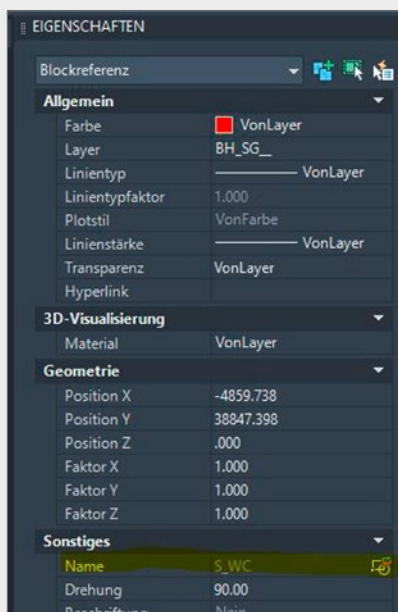


Bild 3: Befehlsstart nach Auswahl eines Blocks über die Eigenschaftentpalette.

Den neuen Befehl finden Sie in der Multifunktionsleiste > Registerkarte Einfügen > Gruppe Block > Ersetzen (Bild 2) oder in der Palette Eigenschaften als Schaltfläche, sobald ein Block ausgewählt ist. (Bild 3)

Wenn Sie die zu ersetzenden Blockreferenzen auswählen, schlägt die Software ähnliche Blöcke vor, aus denen Sie auswählen können oder über „Auswählen“ manuell einen Austausch definieren. Beim Ersetzen der Blockreferenzen werden die Skalierungs-, Drehungs- und Attributwerte des ursprünglichen Blocks beibehalten.

Es gibt zwar bereits den Befehl „BLOCKREPLACE“ aus den Express-Tools. Damit ist es aber nur möglich alle Blöcke einer Definition zu ersetzen. Das Austauschen einzelner Blöcke musste bisher manuell ausgeführt werden.

Um alle Blockdefinitionen eines eingefügten Blocks in einer Zeichnung zu tauschen, gehen Sie folgendermaßen vor: Markieren Sie einen Block und wählen dann im Kontextmenü „Ähnliche auswählen“. Nun starten Sie den Befehl „BREPLACE“. AutoCAD schlägt Ihnen zunächst passende, ähnliche Blockdefinitionen vor. Sie können jedoch einen bereits eingefügten Block auswählen, der dann die im 1. Schritt ausgewählten Blockdefinitionen ersetzt. (Bild 4)

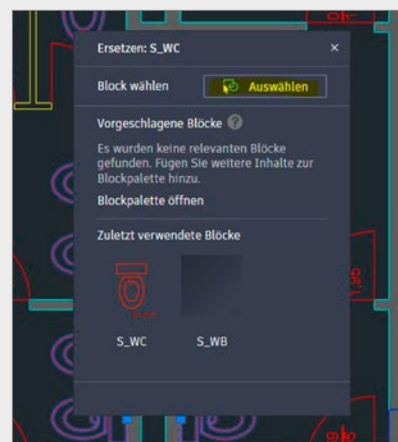


Bild 4: grafische Wahl eines Blocks, der die ausgewählten Blöcke ersetzt.

4 Der Versetzenbefehl ausführlich betrachtet

? Wir benutzen bei der Arbeit mit AutoCAD zum Zeichnen von Wänden oder auch Wegbeispielen sehr gern den Befehl **VERSETZEN**. In letzter Zeit werden aber beim Versetzen von Polylinien noch zusätzlich die Ecken abgerundet. Außerdem erfolgt das Kopieren der Polylinien mit dem Versetzen stets auf dem gleichen Layer wie das Original; kann man dies ändern?

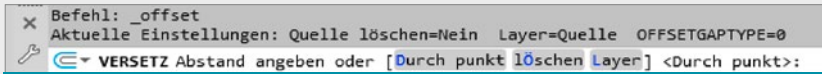


Bild 5: Optionen in der Befehlszeile nach Starten des Befehls VERSETZEN.

In der Hilfe steht für Versetzen (Befehl VERSETZ): „Erstellt konzentrische Kreise, parallele Linien und Kurven.“ Es wird also eine Kopie in definierter Entfernung erstellt, wobei bei Polylinien oder Splines an den Verbindungen die Teilobjekte bei Bedarf „konzentrisch“ erweitert werden – das heißt, die verbundenen Linien bleiben verbunden, werden aber verkürzt oder vergrößert. Wenn der Befehl aktiviert wird, erscheinen in der Befehlszeile zunächst die jeweils aktuellen Einstellungen, die gern bei der Arbeit übersehen werden, da diese über der Befehlszeile erscheinen – es ist deshalb sinnvoll, die Befehlszeile auf etwa drei Zeilen zu erweitern, um derartige „Zusatzinformationen“ zu erkennen. (Bild 5)

Man muss hier den Abstand eintippen oder durch Fangen zweier Punkte im System berechnen lassen; erst danach kann man versetzen. Bevor man dies tut, sollte man aber auf die angezeigten aktuellen Einstellungen schauen; diese sind nur nach Befehlswahl, nicht aber nach Eingabe eines Abstandes änderbar. Als aktuelle Einstellungen werden hier grundeingestellt angegeben:

Quelle löschen = Nein: Mit diesem Unterbefehl kann eingerichtet werden, ob die zu versetzende Quelle gelöscht werden soll oder nicht – die Grundeinstellung ist nein! Dies ist durch den Unterbefehl [löschen] umschaltbar: Nein -> Das Quellobjekt bleibt beim Versetzen erhalten. Ja -> Das Quellobjekt wird beim Versetzen gelöscht.

Layer = Quelle: Hier kann eingestellt werden, ob beim Versetzen die Quelle nur kopiert wird, oder ob das versetzte Objekt auf dem aktuellen Layer positioniert werden soll.

Will man die Außenkanten der Wand mit Versetzen erzeugen, ist Layer = Quelle sinnvoll, soll eine Mittellinie erzeugt werden kann man mit Quelle = Aktuell direkt auf den „Mittellinienlayer“ versetzen, vorausgesetzt dieser Layer ist auch aktiv. Dies ist durch den Unterbefehl [Layer] umschaltbar.

OFFSETGAPTYPE = 0: Über diese Variable kann man steuern wie eine Lücke, die beim Versetzen entsteht, geschlossen wird. Dies ist die Grundeinstellung – die Teilobjekte werden verlängert und spitz verbunden.

OFFSETGAPTYPE = 1: Hierbei werden die verlängerten Objekte mit Rundungen verbunden.

OFFSETGAPTYPE = 2: Hier werden die verlängerten Objekte mit Fasen verbunden (Bild 6). Hier sollte die Grundeinstellung OFFSETGAPTYPE = 0 eingerichtet werden. Wenn beim Versetzen plötzlich die Verlängerungen bei Polylinien mit Rundungen versehen werden, ist sicherlich OFFSETGAPTYPE = 1 eingestellt.

Eine weitere versteckte Option gibt es im Versetzen-Befehl. Diese Option wird erst dann angeboten, wenn man das erste Objekt, das versetzt werden soll, angeklickt hat. Aus diesem Grunde ist diese Option eher nicht so bekannt und wird gerne übersehen, da viele Benutzer nach dem Anklicken nicht mehr in die Befehlszeile blicken. Es geht um die Option „Mehrfach“, die bedeutet, dass mehrfach versetzt werden kann, genau in die Richtung der ersten Versetz-Aktion. Man muss das Fadenkreuz nicht nach jedem Klicken weiter in diese Richtung bewegen, es genügt die definierte Richtung des ersten Versetzens. (Bild 7)

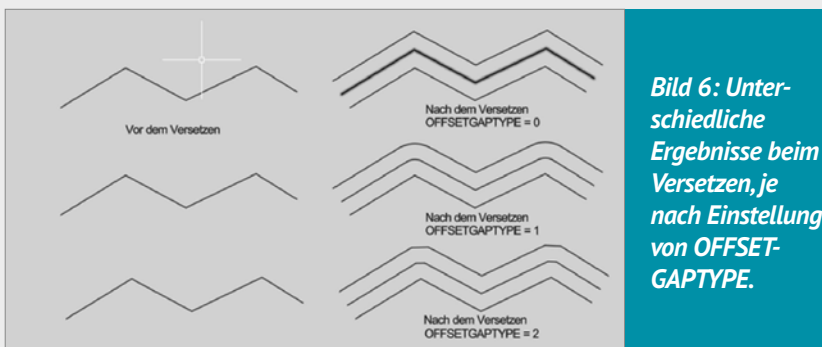
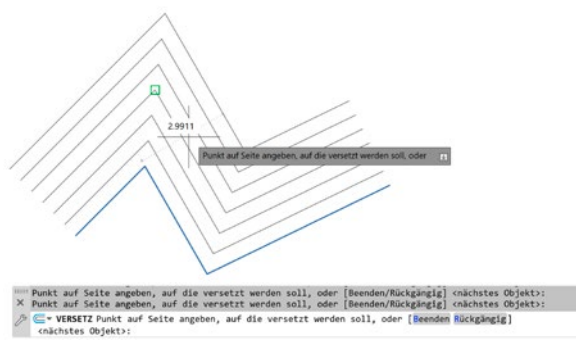


Bild 6: Unterschiedliche Ergebnisse beim Versetzen, je nach Einstellung von OFFSETGAPTYPE.

Bild 7: Mit der Option „Mehrfach“ können Objekte mehrfach (nacheinander) in die gleiche Richtung mit dem definierten Abstand versetzt werden.



5 Blöcke mit Abdeckfunktion erstellen

? Wir zeichnen hier bei uns meist Elektro-Schema Pläne und möchten einen Block erstellen, welcher die darunterliegenden Objekte abdeckt. Wir kommen hier nicht wirklich weiter. Gibt es eine Möglichkeit, Objekte „unterhalb“ eines Blocks abzudecken?

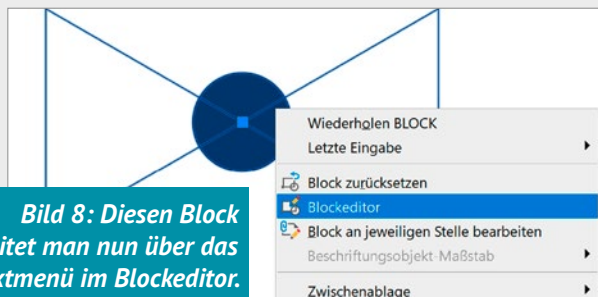


Bild 8: Diesen Block bearbeitet man nun über das Kontextmenü im Blockeditor.

! Man kann Blöcke mit einer Abdeckfunktion definieren. Legt man diese Blöcke etwa über Linien oder Schraffuren, werden diese überdeckt. Das wird oft zum Beispiel für Elektro-Schemapläne benötigt, bei denen Linien verdeckt werden müssen. Oder Sie möchten Möbel in einen schraffierten Raum platzieren und die Schraffuren sollen ausgespart werden. Ich zeige das Vorgehen mal an einem

bereits vorhandenen Block mit AutoCAD 2026 (Bild 8). Starten Sie den Befehl ABDECKUNG, den Sie auf der Registerkarte „Beschriften“ finden. Die Abdeckung muss hier unter den Kreis gelegt werden. Das kann man mit der Anzeigereihenfolge „Nach Hinten“ festlegen. Bitte hier nicht die Funktion „Ganz Unten“ nehmen (Bild 9). Dann im Blockeditor die Abdeckung nach dem Erstellen auswählen und hier die Reihenfolgeoption „Nach Hinten“ im Bezug zum Kreis/der Schraffur auswählen.

Jetzt kann man den Blockeditor verlassen und natürlich den Block

speichern. Wenn man diesen Block nun über ein Objekt legt, wird das darunterliegende Objekt abgedeckt.

Solche Abdeckungen kann man auch prima dafür nutzen, um beispielsweise Möbel in einem schraffierten Raum zu platzieren und die Schraffur dann innerhalb der Möbelblöcke zu verbergen. *ra* ◀

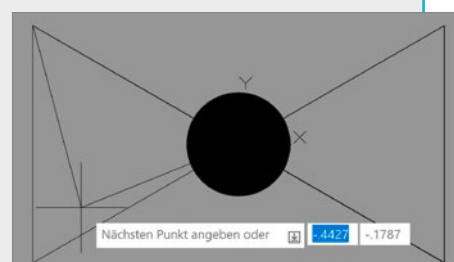


Bild 9: Abdeckung im Blockeditor erstellen. (Sie bleibt immer polygonal geschlossen.)

LISP-Programme für AutoCAD

Als Abonnent des **AUTOCAD Magazins** können Sie die acht LISP-Programme online beziehen. Die entsprechenden Informationen mit dem Link für die Bezugsmöglichkeit entnehmen Sie bitte dem beiliegenden Schreiben.

Hier die LISP-Programme dieser Ausgabe im Überblick:

- ACM-TSTYLECLEANER.LSP:** Standardisierung von Textstilen und Texten
- K_SYM2SCHEMA.LSP:** Blöcke importieren und schematisch anordnen
- ACM-LAYDREHEN.LSP:** Objekte drehen mit Layerfilter
- ACM-LTYPSETZEN.LSP:** aktuellen Linientyp einstellen
- FR_BV_UESFA.LSP:** überschobene Schalung mit gefastem Oberbrett
- OBJCOPYBYLAYER.LSP:** Objekte aus Datei mit Layerfilter kopieren
- ACM_BD.LSP:** Blöcke auf Grundlage eines Basispunkts ausrichten
- ACM_LP.LSP:** Transparenzzuweisung, unter anderem zum Darstellen eines Luftperspektiveeffekts

A

ACM-TSTYLECLEANER.LSP: Standardisierte Textstile

Beschriftungsobjekte wie Texte, MTexte und Bemaßungen sind neben den Kurvenobjekten wichtige Objekte einer AutoCAD-Zeichnung. Sie fügen dem in der Zeichnung gespeicherten Modell keine geometrischen Informationen mehr hinzu, sind jedoch für das Verständnis der Zeichnung meist zwingend erforderlich.

Den AutoCAD-Textobjekten ist gemein, dass sie die enthaltenen Zeichen nicht in der Zeichnung speichern, sondern die einzelnen Buchstaben aus einer externen Font-Datei referenzieren. Jedes Textobjekt verweist auf einen so genannten Textstil, in dem unter anderem der Verweis auf den verwendeten Textfont gespeichert wird. Im „Einzeiligen Text“ bestimmt der Textstil direkt das Aussehen, wogegen MTexte auch interne Formatierungen mit Verweisen auf andere Textfonts enthalten können. Wenn an einer DWG-Zeichnung nun durch mehrere Firmen und Bearbeiter erstellt wurde und viele Teile durch Kopieren anderer Pläne hineingelangt sind, kann es sein, dass meh-

rere, bis auf ihren Namen identische Textstile enthalten sind, oder im Grunde gleichartige Texte doch andere, nur ähnliche Fonts referenzieren.

Diese Vielzahl an Textstilen zu bereinigen oder einzudämmen, gelingt mit **ACM-TSTYLECLEANER.LSP**. Das Tool standardisiert alle Textobjekte und Textstile in der Zeichnung. Da auf eine Ini-Datei oder ein Dialog verzichtet wurde, sind aber die Standardvorgaben im Quelltext des Tools vorzunehmen, was für den geübteren Anwender kein Problem darstellt. Die Einträge im Quelltext sind kommentiert und weitgehend selbsterklärend.

Nach Programmstart werden zuerst die gewünschten, standardisierten Textstile laut Vorgabe im Quelltext angelegt oder bei Vorhandensein entsprechend den Vorgaben modifiziert. Dazu ist im Tool eine Funktion zum Erstellen und Modifizieren von Textstilen integriert, die als Parameter den Textstilnamen, den Zeichenbreitenfaktor und den zu verwendenden Font erwartet.

Als nächstes werden alle Textobjekte der Zeichnung, also alle Texte, MTexte, Attribute, Attributdefinitionen usw. durchscannt, wobei auch Objekte in verschachtelten Blöcken berücksichtigt werden. Von jedem Textobjekt wird nun der referenzierte Textstil und der damit referenzierte Font ausgelesen. In Abhängigkeit vom Font wird dem Textobjekt dann der neue, standardisierte Textstil zugewiesen. Ist keine Zuordnung im Quelltext vereinbart, bekommt das Textobjekt einen der Standardstile für SHX- oder TTF-Fonts. Überflüssige Textstile lassen sich mit dem Befehl `_PURGE` am Ende bereinigen.

Thomas Krüger/ra ◀

Programm: ACM-TSTYLECLEANER.LSP

Funktion: Standardisierung von Textstilen und Texten

Autor: Thomas Krüger

Lauffähig ab: AutoCAD 2015

Bezug: online

B

ACM_BD.LSP: Blöcke auf Grundlage eines Basispunkts ausrichten

Oft besteht die Notwendigkeit, viele bestehende Blockobjekte einzeln so einzudrehen oder auszurichten, dass diese in der XY-WKS-Ebene lotrecht ausgerichtet zu einem ausgewählten zentralen Punkt positioniert werden. Das kann bei visuellen Flächenmuster-effekten oder bei blickpunktbezogenen Planungen, aber auch beim Ausrichten flacher 3D-Blöcke bei Kamerastandortpositionierungen nützlich sein.

Gerade flache 3D-Blockobjekte, bei denen man wie bei Plakat-/Werbeaufstellern in Einkaufspassagen flache Konturen mit Bildmustern/Bilder als Abbild von Ausstattungsobjekten (Personen, Autos, Bäume, Sträucher usw.) für wirklichkeitsechte Darstellungen nutzt, ist es wichtig, sie für Perspektivdarstellungen zum Kamerastandort hin auszurichten, um immer in voller

Flächenbreite von der Kamera gesehen zu werden und nicht schräg auf die Flächen zu schauen, so dass diese Objekte kaum erkennbar sind.

Mit dem Tool **ACM_BD.LSP** lassen sich ausgewählte Blöcke unter Angabe des Ausrichtungspunkts und bezogen auf die XY-Ebene des WKS-Weltkoordinatensystems so eindrehen, dass diese lotrecht zum Ausrichtungspunkt zeigen.

Je nach Voreinstellung kann das Eindrehen mit den ausgewählten Blöcken selbst oder mit ihrer Kopie erfolgen. Letzteres ist dann zu empfehlen, wenn mehrere Kamerastandpunkte gleichzeitig dauerhaft vorgehalten werden sollen. Man kann dazu angeben, auf welchem Layer die eingedrehten Kopien abgelegt werden sollen. Es ist aber zu beachten, dass für

jeden Kopiensatz/für jeden Ausrichtungs-/Kamerastandpunkt die Blöcke auf einen extra Layer abgelegt werden sollten. In der Layerauswahl werden nur bestehende Layer angezeigt, weshalb die potenziellen Kopienlayer vorher anzulegen sind. Der Layer der Kopienablage, beziehungsweise die Layer der Originalblöcke, werden – falls notwendig – getaut und entsperrt.

Silke Molch/ra ◀

Programm: ACM_BD.LSP

Funktion: Blöcke auf Grundlage eines Basispunkts ausrichten

Autorin: Silke Molch

Lauffähig ab: AutoCAD

2025/2026[de] auf acadiso.dwt-Basis

Bezug: online



K_SYM2SCHEMA.LSP: Wir lassen uns ein Schema zeichnen ...

Im letzten Heft gab es ein Tool, um Blöcke etwa in einem Schema zu sortieren. Heute geht es um ein Programm, mit dem man die Blöcke erst einmal ins Schema bringt. Natürlich kann man alle benötigten Blöcke (Symbole) einfach so einzeichnen, oder per Clipcopy aus einem Grundrissplan holen, und dann etagenweise anordnen, aber dazu muss man jeden Plan öffnen und die entsprechenden Objekte filtern, kopieren usw.

Hier kommt **K_SYM2SCHEMA.LSP** ins Spiel. Nach dem Start erscheint ein Dateiwahl-dialog, in dem mehrere Dateien, zum Beispiel alle Grundrisse, gewählt werden können. Danach werden alle Daten der Pläne eingelesen und es erscheint ein Dialog, in dem die benötigten Pläne (es müssen ja nicht alle sein) sortiert in eine Auswahlliste gebracht werden können.

Man kann jetzt einfach per Doppelklick oder über die Schaltfläche mit dem Pfeil nach rechts die

Dateien in die rechte Liste bringen. Der Pfeil nach links oder ein Doppelklick in der rechten Liste bringen die Pläne wieder nach links in die Liste. Der Pfeil nach oben und unten sortiert die Liste in jeweils umgekehrter Reihenfolge. So werden die Daten der einzelnen Pläne später auch verarbeitet oder eingezeichnet. Jetzt folgt noch ein letzter Dialog mit den zu verwendenden Layern sowie die Abfrage nach Objektabstand und Zeilenabstand, und die Objekte werden mit den Daten aus den eingelesenen Grundrissen eingezeichnet: jede Etage in einer neuen Zeile, wobei bei der Koordinate 0,0 begonnen wird.

Die eingelesenen Daten der Grundrisse werden zwischengespeichert und lassen sich für das nächste Schema verwenden, solange AutoCAD nicht geschlossen wird. Die Speicherung erfolgt im Blackboard und steht somit auch in weiteren geöffneten oder neuen Dateien zur

Verfügung. Wird ein zwischengespeicherter Datensatz gefunden, wird gefragt, ob dieser verwendet werden soll. Damit lässt sich das erneute Einlesen der Grundrisse überspringen und es kommt gleich der Dialog zur Auswahl und Sortierung der gewünschten Pläne.

Damit lassen sich Symbole, die in Grundrissen schon eingezeichnet sind, schnell und einfach in ein Schema übertragen. Die Sortierung kann man dann mit dem Tool aus dem letzten Heft vornehmen. Das Zeichnen von Schemaplänen sollte damit einfacher und schneller gehen. Viel Spaß damit. **Andreas Kraus/ra**

Programm: K_SYM2SCHEMA.LSP

Funktion: Blöcke importieren und schematisch anordnen

Autor: Andreas Kraus

Lauffähig ab: AutoCAD 2020

Bezug: online



ACM-LAYDREHEN.LSP: Objekte drehen mit Layerfilter

Mit dem Tool **ACM-LAYDREHEN.LSP** lassen sich Objekte anhand ihres Layers finden und anschließend drehen. Für die Auswahl der Filterlayer stehen zunächst zwei Methoden zur Verfügung. Wurde der Befehl schon einmal ausgeführt, kommt noch eine dritte hinzu. Mit der Variante „Objektwahl“ kann man entweder durch Anpicken einzelner Quellobjekte oder das Aufziehen eines Auswahlfenster beliebig viele Quellobjekte ins Visier nehmen. Diese Layersammlung analysiert das Tool, entfernt Mehrfachtreffer und gesperrte Layer, und stellt so den Layerfilter zusammen.

Die zweite Möglichkeit zur Bildung des Filters bietet die Option „Auswahlliste“. Hat man sich für diese Methode entschieden, öffnet das Programm ein Dialogfeld, in dem alle aktuell nicht gesperrten Layer

in einem Listenfeld zur Auswahl stehen. Bei wiederholten Befehlsausführungen ist der zuletzt verwendete Satz immer schon vormarkiert. Über die Suchfunktion im Dialogfeld kann gezielt auf einen Layer in der Liste zugegriffen werden. Per Platzhaltersuche lassen sich auch so sehr schnell Layer gruppieren, die beispielsweise alle eine bestimmte Zeichenfolge in ihrem Namen aufweisen. Die Anzahl der aktuell markierten Filterlayer wird unterhalb des Listenfelds angezeigt. Die dritte Variante zur Festlegung des Filters steht erst ab dem zweiten Befehlsaufruf zur Verfügung.

Durch die Wahl der Option „Vorherige Auswahl“ greift die Routine auf den zuletzt verwendeten Filter zurück, wodurch sich gleichartige Editiervorgänge schnell wiederho-

len lassen. Hierbei wird der Filter aber stets an die aktuellen Verhältnisse in der Zeichnung angepasst. Zwischenzeitlich gesperrte oder gar bereinigte Layer entfernt die Funktion automatisch aus dem Filtersatz. Nach der Festlegung des Filters mit einer der drei Methoden lässt sich der Drehvorgang mit den üblichen Objektwahl- und Bearbeitungstechniken starten, wobei man Objekte, die nicht den Kriterien entsprechen, ignorieren kann. **Gerhard Rampf/ra** ◀

Programm: ACM-LAYDREHEN.LSP

Funktion: Objekte drehen mit Layerfilter

Autor: Gerhard Rampf

Lauffähig ab: AutoCAD 2005

Bezug: online

E ACM-LTYPSETZEN.LSP: Den aktuellen Linientyp einstellen

Wesentliche Voraussetzung zum Erstellen normgerechter Zeichnungen ist der Einsatz verschiedener Linientypen. So werden Dokumente übersichtlich und oft lassen sich Konstruktionsdetails bereits auf den ersten Blick durchschauen. Neue Elemente erhalten ihren Linientyp entweder über den aktuellen Layer (Systemvariable CLAYER) oder per Direktzuweisung über den aktuellen Linientyp, der über die Systemvariable CELTYPE gesteuert wird. Für das Setzen des aktuellen Linientyps gibt es mit den AutoCAD-Werkzeugen viele Wege. Der Spezialist für diese Aufgabe ist der mit dem Befehl LINIENTYP aufrufbare Linientyp-Manager.

Eine Tuning-Variante ist das Programm **ACM-LTYPSETZEN.LSP**, das die folgenden drei Möglichkeiten für die CELTYPE-Festlegung bietet: **1.** Man übernimmt im Schnelldurchgang durch Drücken der Eingabetaste

den stets als Vorgabe angebotenen, zuletzt verwendeten Wert.

2. Sollte die Vorgabe nicht passen, lässt sich ein Quellelement in der Zeichnung picken, dessen Linientyp ausgelesen wird und als neuer Wert zum Einsatz kommt. Hierbei besteht auch die Möglichkeit, auf in Blöcken oder externen Referenzen verschachtelte Objekte zuzugreifen. Festgelegt wird die Wahltechnik im Dialogfeld „Einstellungen“, das über die gleichnamige Befehlszeilenoption geöffnet wird. Für mehr Treffsicherheit bei der Quellobjektwahl lässt sich in diesem Dialogfeld auch eine befehlsabhängige Pickboxgröße bestimmen. Hat ein Quellobjekt seine Linientyp über den Layer erhalten, sorgt ein Häkchen bei der Option „VonLayer ersetzen“ dafür, dass der Linientyp des Objektlayers als neuer aktueller Linientyp zum Einsatz kommt.

3. Die Variante „Auswahlliste“ blendet das tooleigene Dialogfeld „Linientyp wählen“ ein. Der Clou dabei: In diesem Dialogfeld werden auch Linientypen angeboten, die derzeit noch gar nicht in der Zeichnung geladen sind. Je nach Einstellung der Systemvariable MEASUREMENT sind das die für britische oder metrische Einheiten skalierten AutoCAD-Standardvarianten aus den Dateien „acad.lin“ und „acadiso.lin“. Zudem werden auch alle individuell angelegten Linienmuster angeboten, sofern deren LIN-Dateien im Suchpfad von AutoCAD liegen.

Gerhard Rampf/ra ◀

Programm: ACM-LTYPSETZEN.LSP
Funktion: aktuellen Linientyp einstellen
Autor: Gerhard Rampf
Lauffähig ab: AutoCAD 2005
Bezug: online

F OBJCOPYBYLAYER.LSP : Objekte aus Datei mit Layerfilter kopieren

Mit Hilfe der Windows-Zwischenablage ist es sehr einfach möglich, Objekte zwischen verschiedenen Zeichnungen zu kopieren. Die Option „mit Originalkoordinaten einfügen“ ist meist dann sinnvoll, wenn mit Objekten gearbeitet wird, die das gleiche Koordinatensystem als Basis haben. Es ist aber auch sehr hilfreich, sich etwa eine kleine Musterzeichnung in die Nähe der eigenen Zeichnung zu kopieren, um dann zum Beispiel mit der Funktion „Eigenschaften anpassen“ die Einfügelayer von Blöcken anzupassen oder die Linienausgestaltung mit einem Linientypen usw.

Mit **OBJCOPYBYLAYER.LSP** lassen sich die beiden Arbeitsweisen gut erledigen. Dazu werden bestehende DWG-Zeichnungen ausgewählt und pro Zeichnung kann man dann wiederum ein oder mehrere Layerfilter erstellen.

Ziel ist es, Objekte aus diesen DWG-Zeichnungen in die aktuelle Zeichnung zu kopieren, und zwar nur Objekte, die dem aktuellen Layerfilter entsprechen.

Beispiel mit absoluten Koordinaten: In einer Zeichnung ist die Darstellung von Regenwasserkanalisationsobjekten vorhanden. Alle Objektlayersnamen fangen mit „RW“ an. Ist also ein Layerfilter auf „rw“ festgelegt, werden nur die Objekte für die Regenwasserkanalisation in die aktuelle Zeichnung kopiert.

Beispiel ohne absolute Koordinaten: Zu einer Zeichnungsvorschrift besteht eine DWG-Datei, in der alle zu verwendenden Symbole dargestellt sind. Die Symbole sind in der Zeichnung bereits auf den korrekten Einfügelayern. Dann ist es sinnvoll, sich anhand verschiedener Layerfilter Blöcke in den Bereich der aktuellen Zeichnungstätigkeit zu

kopieren, um dann die Blöcke als Musterobjekte griffbereit zu haben. Es könnten beispielsweise alle Fahrbahnmarkierungssymbole mit dem Layerfilter „*fm-*“, alle Symbole für Geländetopografie mit dem Layerfilter „*gt-*“ in die Zeichnung kopiert werden. Oder man kopiert mit dem Layerfilter „*sym-*“ alle Blöcke.

Beim Erstellen der Layerfilter können alle typischen Jokerzeichen (WildCards) verwendet werden. Zudem lassen sich verschiedenen Layerfilter, die gleichzeitig ausgewertet werden sollen, mit einem Komma getrennt eingeben. Jörn Bosse/ra ◀

Programm: OBJCOPYBYLAYER.LSP
Funktion: Objekte kopieren aus Datei mit Layerfilter
Autor: Jörn Bosse
Lauffähig ab: AutoCAD 2021



FR_BV_UESFA.LSP: Überschobene Schalung mit gefastem Oberbrett

Bei der Verwendung von Massivholz sind die Grundkonstruktionen materialgerecht auszuführen. Das gilt auch für die Fertigung von Breitenverbindungen im Vollholzbereich. So ist gewährleistet, dass Massivholz arbeiten, in der Fachsprache „quellen und schwinden“, kann.

FR_BV_UESFA.LSP ist eine Routine, mit der sich eine überschobene Schalung mit gefasten Oberbrettern erstellen lässt. Die Aufbereitung dieser Breitenverbindung, die unter anderem typisch für Einrichtungen im Alpenraum ist, erfolgt durch Eingabe aller erforderlichen Daten in der zur Programmroutine gehörenden Dialogbox.

Das Programm erstellt die Breitenverbindung nach dem Prinzip der überschobenen Schalung. Die Bretter werden an den Kanten so genutzt, dass die Nutwangendicke und die Nutbreite gleich sind und sie so überschoben zusammengesteckt werden können. Durch die Kombination und im Wechsel mit an den Längskanten gefasten Oberbrettern entsteht ein rustikales Erscheinungsbild. In der Dialogbox sind bereits Voreinstellungen für eine

technische einwandfreie Konstruktion hinterlegt. So entspricht der Vorgabewert für die Nuttiefe der halben Brettstärke, die Nuthöhe wird generell auf 1/3 der Brettstärke berechnet. Die Brettstärke der einzelnen Bretter sollte wegen ihrem Schwindverhalten unter 120 Millimeter betragen.

Nach dem Start des Programms erscheint die Dialogbox. Im unteren Teil der Maske werden die Konstruktionsdaten eingegeben, danach wählt man über eine Listbox oder durch Anklicken des eingebundenen Vorschaubilds aus den vier Ausführungsvarianten: „Linkes Startbrett“, „Oberbrett mit Längsfase“, „unteres Konstruktionsbrett“ oder „rechtes Abschlussbrett“. Beim Anklicken des ersten Vorschaubilds wechselt die Dialogbox je nach Klick auf die vorherige oder nächste Brettkonstruktion.

Die Vorgaben der Dialogbox lassen sich überschreiben, zudem beinhaltet sie die Möglichkeit einer weiteren Detailbearbeitung durch Aktivieren des Schaltknopfes „Auf Grenzen zoomen“.

Lm : Brettbreite
D1 : Brettstärke
D2 : Nuttiefe (D 1/2 empfohlen)
FA1 : Längsfase
KZ : Vollholz Kurzbezeichnung
ScA : Schraffurabstand
ScW : Schraffurwinkel

Die hinterlegte Layerstruktur, unter anderem mit „LT-A“ und „LT-B“, bezieht sich auf die im Tischlerhandwerk gültige DIN 919 „Technische Zeichnungen – Holzverarbeitung – Grundlagen“. Auch die benutzten Schraffurmuster erfüllen die Vorgaben nach DIN. Das Programm wird über den Befehl APPLOAD geladen und durch „FR_BV_UESFA“ in der Befehlszeile gestartet.

Felicitas Ribbrock/ra ◀

Programm: FR_BV_UESFA.LSP

Funktion: überschobene Schalung mit gefastem Oberbrett

Autorin: Felicitas Ribbrock

Lauffähig ab: AutoCAD 2023

Bezug: online



ACM_LP.LSP: Luftperspektiveeffekt darstellen

CAD-Zeichnungen haben meist einen sehr technischen und nüchternen Stil. Oft werden sie mit visuellen Effekten in anderen Programmen nachträglich bearbeitet und aufgewertet. Gerade für stimmungsvolle Darstellungen und einem Betrachtungsmittelpunkt mit voller Farbdarstellung, oder wenn sich zu den Betrachtungsrandern hin die Deutlichkeit und Farbigkeit verringern soll (adäquat des Luftperspektiveeffekts bei Landschaftsmalern) wäre ein Tool hilfreich.

Einen solchen Effekt kann man mit dem Tool **ACM_LP.LSP** erzeugen. So lassen sich ausgewählte Objekte im Modus „Verlauf“ automatisch mit unterschiedlichen Transparenzwerten innerhalb des voreingestellten Transparenzspektrums (Transparenzwert von bis) versehen. Durch Festlegen

des Betrachtungsmittelpunkts und der Verlaufsweite kann man den Bereich der Transparenzwertzuweisung um den Betrachtungsmittelpunkt definieren. Der Transparenzwert wird jetzt in Abhängigkeit der Objektmittelpunktlage zum Betrachtungsmittelpunkt ermittelt und zugewiesen. So lassen sich betrachtungsmittelpunktnahe Objekte mit geringen Transparenzwerten und weiter entfernte Objekte mit höheren Transparenzwerten proportional zur festgelegten Verlaufsweite versehen.

Über den Außenmodus ist festzulegen, ob die außerhalb liegenden Objekte zu ignorieren und ihre bestehenden Transparenzwerte beizubehalten sind, oder die Transparenzwerte 0/90 oder „bis“ zuzuweisen sind. Des Weiteren lässt sich über den

Modus einstellen, ob bei allen ausgewählten Objekten der Transparenzwert entfernt oder auf 0 gesetzt wird, alle ausgewählten Objekte also einen „Transparenzwert von“ erhalten sollen. Die Bearbeitung und Zuweisung erfolgt auf Basis der XY-Ebene des WKS. Die Layer der zu bearbeitenden Objekte lassen sich taufen und entsperren.

Silke Molch/ra ◀

Programm: ACM_LP.LSP

Funktion: Transparenzzuweisung, unter anderem zum Darstellen eines Luftperspektiveeffekts

Autorin: Silke Molch

Lauffähig ab: AutoCAD 2025/2026[de] auf acadiso.dwt-Basis

Bezug: online

Wissenschaft und Industrie – eine Partnerschaft

Bereits zum vierten Mal unterstützt Rollon das Team der Skyward Experimental Rocketry, einer multidisziplinären Studentenvereinigung am Polytechnikum Mailand (Politecnico di Milano), bei der European Rocketry Challenge 2025. Die Lineartechnik spielt eine zentrale Rolle im Flugbremsen-System der Orion-Rakete sowie in den Testgeräten. **VON LARS BRANDSTÄTER**

Die nachhaltige Förderung von Bildung, Forschung und Innovation in der Luft- und Raumfahrt hat beim Antriebs- und Lineartechnikanbieter Rollon Tradition. Seit vielen Jahren engagiert sich das Unternehmen in Projekten, die junge Talente bei der Entwicklung zukunftsweisender Technologien unterstützen. So auch 2025: Zum vierten Mal in Folge steht Rollon dem Team Skyward Experimental Rocketry des Polytechnikums Mailand mit leistungsfähiger Lineartechnik und technischer Expertise zur Seite, wenn die Orion-Rakete

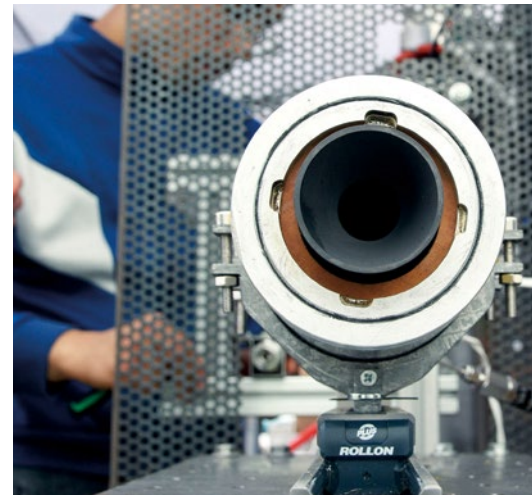
bei der European Rocketry Challenge an den Start geht.

Rakete mit Linearführungen von Rollon

Orion, Nachfolger der letztjährigen Lyra, ist eine Hybridrakete, die flüssiges Lachgas als Oxidationsmittel mit einem festen Treibstoff aus Paraffinwachs und ABS kombiniert und für eine Zielhöhe von 3.000 Metern konzipiert ist. In den Flugbremsen sind Rollon-Linearführungen integriert. Durch ihre Robustheit und Tragfähigkeit arbeiten sie selbst bei Geschwindigkeiten von bis zu 1.000 km/h und einer Belastung von etwa 20 kg pro Führung zuverlässig und gewährleisten die für das Ausfahren und Einfahren erforderliche präzise Bewegung.

Umfangreiche technische Unterstützung

Auch in den Bodentestsystemen kommen Linearkomponenten von Rollon zum Einsatz. Bereits im zweiten Jahr nutzt das Team einen Prüfstand zur Tankmassenmessung, der mit der Compact Rail Plus ausgestattet ist. Das Ergebnis sind präzise und wiederholbare Testergebnisse. „Wir freuen uns, auch in diesem Jahr wieder auf die Produkte und die Erfahrung von Rollon zählen zu können“, sagt Michele Dicorato, Leiter der Abteilung Strukturen bei Skyward. „Die kontinuierliche Zusammenarbeit mit den Luft- und Raumfahrtexperten von Rollon hat es uns



Linearführungen der Rollon Compact Rail Plus ermöglichen präzise und wiederholbare Testergebnisse.

ermöglicht, im Laufe der Jahre wichtige Ergebnisse zu erzielen und bedeutende Verbesserungen umzusetzen.“

Investition in die Zukunft der Luft- und Raumfahrttechnik

Die Partnerschaft zwischen Rollon und Skyward begann 2022 mit dem erfolgreichen Start der Pyxis-Rakete, gefolgt von Gemini im Jahr 2023 – Gewinner des Technical Award – und Lyra im Jahr 2024, die einen weiteren Sieg bei der EuRoC errang. „Die Luft- und Raumfahrt ist ein wichtiger Markt für Rollon, und wir haben umfangreiche Erfahrungen in diesem Sektor gesammelt“, betont Alberto De Giorgi, Business Development Manager bei Rollon, und ergänzt: „Wir



INFO: SKYWARD EXPERIMENTAL ROCKETRY

Skyward Experimental Rocketry ist eine 2012 gegründete Studentenvereinigung am Polytechnikum Mailand (Politecnico di Milano). Sie umfasst mittlerweile über 100 Mitglieder aus verschiedenen Fachbereichen (Luft- und Raumfahrt, Mechanik, Informatik und Elektronik) und bietet Studenten die Möglichkeit, das im Unterricht erworbene theoretische Wissen in der Praxis anzuwenden. Das Ziel, Sondenraketen auf Höhen von über 1.000 Meter zu bringen, hat sie bereits erreicht.



DIE EUROPEAN ROCKETRY CHALLENGE (EUROC)

Die European Rocketry Challenge wird von der portugiesischen Weltraumagentur organisiert und begann 2020 als erster europäischer Wettbewerb unter Studentenvereinigungen, die sich mit Raketen-design und -start befassen. Jedes Jahr kommen Teams aus ganz Europa nach Portugal, um an einem Präzisionsstartwettbewerb in zwei Kategorien teilzunehmen – 3.000 und 9.000 Meter. Punkte werden vergeben für die größte Annäherung an das Höhenziel und später für die Bergung der fallenden Rakete an einem bestimmten Ort. Während der Veranstaltung werden auch weitere Auszeichnungen für den besten technischen Bericht, die beste Teamarbeit, das beste Design und die beste Flugleistung vergeben.

ANTRIEBSTECHNIK FÜR ALLE ARTEN DER AUTOMATISIERUNG

DRollon wurde 1975 gegründet und ist seit über 50 Jahren auf die Entwicklung und Produktion von linearer Antriebstechnik spezialisiert. Seit 2018 ist Rollon Teil von Timken und repräsentiert die Linear Motion Unit innerhalb der Industrial Motion Division von Timken. Die Lösungen von Rollon werden weltweit in der industriellen Automatisierung, in der Luft- und Raumfahrt, in der Medizintechnik, im Materialhandling und in anderen Branchen eingesetzt, wo es auf Produktleistung, Effizienz und Zuverlässigkeit besonders ankommt. Mit der Akquisition von Nadella, Chiavette Unificate, Durbal, Shuton-Ipiranga und Rosa Sistemi durch Timken kann Rollon den Kunden ein umfassendes Produktportfolio anbieten – von Linearführungen, Teleskopschienen, Linearachsen und Mehrachssystemen bis hin zu Kugelgewindetrieben und Gelenkköpfen.

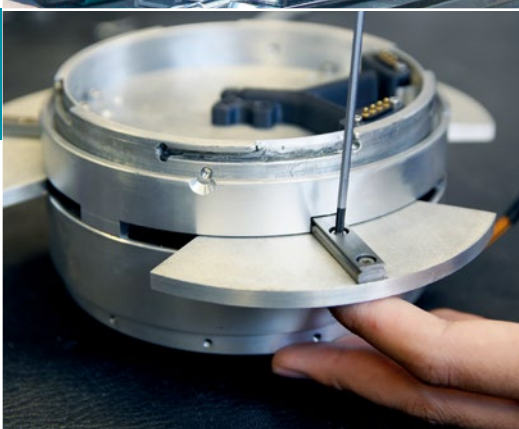
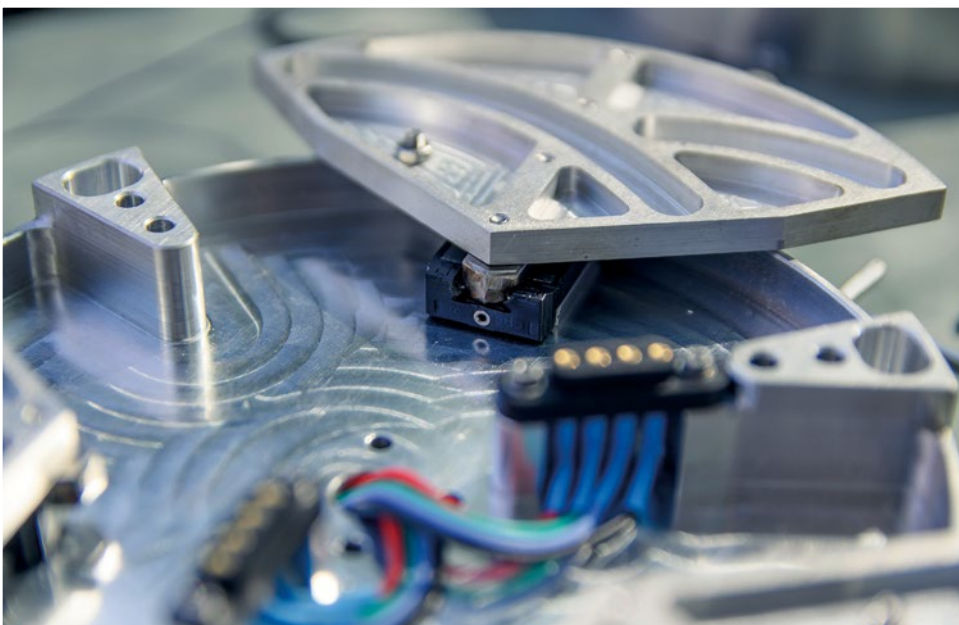


Bild oben: In den Flugbremsen der Orion-Rakete sind Rollon-Linearführungen integriert.

Bild Mitte: Skyward nutzt auf einem Prüfstand zur Tankmassenmessung Rollon-Lineartechnik.

Bild unten: Mit den Flugbremsen kann die Rakete ihre Geschwindigkeit während des Flugs regulieren.

freuen uns, mit Verbänden wie Skyward zusammenzuarbeiten, um junge Talente zu unterstützen, die zur technologischen Innovation des Sektors beitragen, und als Brücke zwischen Universitäten und der Fertigungswelt zu fungieren.“

EuRoC 2025

Nach einem Teststart in Roccaraso (Ita-

lien) hat Skyward vom 9. bis 15. Oktober in Constância (Portugal) an der European Rocketry Challenge 2025 teilgenommen. Die Orion-Rakete des Teams ist bereit, in die Fußstapfen ihrer Vorgänger zu treten – erneut teilweise angetrieben von Rollon-Lineartechnik.

anm ◀

Der Autor, Lars Brandstätter, ist Marketingleiter der Rollon GmbH, Düsseldorf.



Clever mulchen mit Scarabaeus

Das Mulchen ist eine wichtige, aber monotone und zeitaufwändige Aufgabe. Ideal für einen Roboter. Brüggli Industrie erschließt mit Scarabaeus diese Nische. Das Hightech-Gerät navigiert zuverlässig, arbeitet leise und effizient und ist dank solarbetriebener Ladestation flexibel einsetzbar. Für seinen sicheren, schonenden Betrieb sind zudem Rotationsbremsen und Strukturdämpfer von ACE verbaut.

VON JENS FRANTZEN UND ROBERT TIMMERBERG

Die Bedeutung des Mulchens kennt jeder Hobbygärtner: Das absichtliche Liegenlassen von gemähtem Grün sorgt für verbesserte Feuchtigkeitsspeicherung im Boden und liefert Nährstoffe für Nutzpflanzen. Gleichzeitig reduziert es pflanzliche Schädlinge, und ohne Herbizide. Das wissen Profis im Obst- und Rebanbau natürlich auch, allerdings bei höheren Anforderungen, ist doch gerade auf hektargroßen Flächen der maschinelle Schnitt sehr aufwändig. Er erfordert Traktoreinsatz mit Mähauflagern, die präzise bedient werden müssen, wenn es in die Pflanzenzwischenräume geht. Diese nicht zu beschädigen, erfordert Sorgfalt und Zeit. Warum lässt sich eine solche Tätigkeit nicht automatisieren?

Diese Frage beantwortet die marktfähige Konstruktion von Brüggli Industrie aus dem schweizerischen Romanshorn am Bodensee mit dem Scarabaeus. Von der Silhouette her an den ägyptischen Käfer

und Glückssymbol erinnernd, handelt es sich um einen rund 130 Kilo wiegenden Roboter mit Raupenantrieb, vorderem Mähmodul sowie seitlichem Ausleger mit Zusatzmähscheiben. Autonom arbeitend, ist Scarabaeus 1,35 Meter breit und bereit für den Einsatz auf Streuobstwiesen, in Weinbergen oder Baumschulen und auch auf Freiflächen. Dabei zeigt er Ausdauer: Wird er ausschließlich mit Solarstrom geladen und betrieben, kann er acht Hektar in 14 Tagen bearbeiten, beim Einsatz mit Feldstrom deutlich mehr.

Schlauer, schonender und verschleißärmer als Mähroboter

Mit einem Mähroboter für den Privatgarten und auch mit professionellen für Großflächen hat Scarabaeus wenig gemein. Michael Haller, Leiter Kommunikation und Kultur, Mitglied der Geschäftsleitung von

Brüggli, erläutert: „Unser Mulchroboter kombiniert verschiedenste Technologien, um sich auf Parzellen und in Plantagen zu orientieren. Dabei haben wir uns nicht nur auf Satellitennavigation verlassen, da deren Signale von Bäumen beeinflusst werden können.“ Ergänzend besitzt Scarabaeus ein Gyroskop und Berührungssensoren. Mit Hilfe von Robotik-Algorithmen lernt er bei jeder Fahrt die Positionen der Baumstämme, Hindernisse und Zäune in der Parzelle besser kennen. Auf verschmutzungsanfällige Kamerasysteme und kostspielige Laserscanner verzichtete das Entwicklerteam.

Das Handling ist für den Nutzer denkbar einfach. Mit einer App werden die zu bearbeitenden Flächen definiert, die Fahrstrategie generiert die Innovation dann eigenständig. Dabei ist sie flexibel: Blockiert ein Hindernis die Route, rechnet sie autonom eine Umfahrung aus und begibt sich auf den neuen Weg. Auch ihren Ladestatus hat sie im Blick. Bei 20 Prozent



Akkukapazität fährt der Käfer die Ladestation an. Dennoch hat sein Besitzer ihn ständig unter Kontrolle, zeigt er doch seine Position jederzeit auf der App an. Darüber hinaus lässt er sich manuell per Joystick steuern, etwa zum Rangieren oder Verahren an einen neuen Einsatzort.

„Bei der Entwicklung war uns auch die Umweltbilanz besonders wichtig“, sagt Markus Stolz, Co-Leiter von Brüggli Industrie. „Das betrifft nicht nur den Fokus auf Solarbetrieb, sondern auch die Ressourcen und Materialien.“ Zum Beispiel bestehen die Akkus von Scarabaeus aus Lithium-Eisenphosphat, wodurch auf Kobalt als Konfliktmineral verzichtet werden kann. Außerdem können sie sich nicht selbst entzünden, sind robuster gegen Temperaturschwankungen und zu großen Teilen recycelbar. Auch der Antrieb ist dank bürstenloser Gleichstrommotoren verschleißarm, langlebig, effizient und präzise. „Dass der Elektroantrieb außerdem keine Emissionen verursacht und die Maschine besonders leise und darum auch in bewohnter Umgebung gut einzusetzen ist, versteht sich dann von selbst“, so Markus Stolz.

Präziser als Traktoren plus Seitenmähwerk

Besonders für die Mulcharbeit ist Scarabaeus gut gerüstet und bietet viele Vorteile. Das Mähwerk besteht aus fünf Mähmotoren, der Ausleger ist mit zwei zusätzlichen bestückt. Jede Mähscheibe besitzt drei Messer, die leicht dreh- und austauschbar sind. Ein zusätzlicher Schutz verhindert, dass sich lange Gräser um die Mähmotoren wickeln. Michael Haller weist auf die Anpassung des Mähwerks an die Mikro-Topografie hin: „Wir haben die vorderen fünf Mähscheiben einzeln auf einer Kufe

gelagert. Durch eine Vier-Gelenks-Kinematik passen sie sich optimal dem Untergrund an.“ So ist es Scarabaeus möglich, auch auf unebenen Böden, sogar solchen mit Traktorspuren, nahezu überall konturparallel auf 5 cm Höhe zu schneiden.

Ein weiterer Vorteil ist der Ausleger. Dieses Seitenmähwerk ist im standardmäßigen Betrieb ausgeschwenkt und reagiert bei Widerstand dank der Sensorik sofort. Wird ein Feststecken des Seitenmähwerks festgestellt, schwenkt der Ausleger nach hinten. Ist das Hindernis umfahren, gelangt er unter vorsichtiger Verzögerung der Bewegung beim Zurückschwenken wieder in die Ausgangsstellung. Erst dann übernehmen die zwei Mähmotoren den Grünschnitt in diesem Bereich, der bei herkömmlicher Pflege per Traktor ein zeitaufwändigeres Handling des Auslegers, oft durch Rangieren ergänzt, nötig gemacht hat. Scarabaeus spart hier Zeit, Aufwand sowie Konzentration und schont durch seine geringe Höhe niedrige Äste. Für die sichere und optimale Funktion der beschriebenen Bewegungen dieses Seitenmähwerks kontaktierten die Ingenieure von Brüggli Industrie die ACE Stoßdämpfer GmbH in Langenfeld.

Die passende Dämpfung

Das Unternehmen aus dem Rheinland gehört zur Stabilus Gruppe und ist bei

Bild links: Scarabaeus ist für die Landwirtschaft mit Fokus auf Parzellen von bis zu acht Hektar bestimmt und verfügt über einen seitlichen Ausleger mit Berührungssensorik und Zusatzmähscheiben für schonendes, komplettes Mähen auch in direkter Baumnähe.

Bild rechts: Langlebige Rotationsbremsen verzögern die Bewegung des Auslegerarms für Material schonenden und sicheren Betrieb des Mäh- und Mulchroboters.

Konstrukteuren für den individuellen Kundendienst rund um hochwertige, zuverlässige Lösungen aus den Bereichen der Dämpfungs- und Schwingungstechnik wie auch für Produkte zur Geschwindigkeitsregulierung und solchen für die Sicherheit bekannt. Tief in die Projekte der Kunden einsteigend, finden die Applikationsingenieure aus dem Vertrieb von ACE im Tausende Komponenten umfassenden Portfolio passende Lösungen oder modifizieren die Maschinenelemente kundenspezifisch. Diesen Service bietet das Unternehmen von Losgröße 1 bis zu jeder gewünschten Liefermenge in stets derselben Qualität.

„In diesem Fall wünschte sich Brüggli eine Absicherung des Auslegerarms von Scarabaeus“, berichtet Nikola Blanus von ACE, der im Marketingteam in das Projekt involviert war. „Arm und Korpus des Ro-



Selbstständig bewegt sich der Scarabaeus durch das Gelände und nutzt dabei Satellitennavigation sowie Berührungssensoren.



Bild: ACE

Die Bremsrichtung der flachen und starken Rotationsbremsen mit Stahlgehäuse aus der Produktfamilie FDN von ACE kann entweder rechts oder links drehend sein, wobei sie wahlweise ein Bremsmoment von 2 Nm bis 11 Nm aufweisen.

boters sollten gegen einen potenziellen Rückschlag geschützt werden, auch war eine sanfte Dämpfung der Auslegerrotation gefragt. So begleiteten wir die Entwicklung der Prototypen bei Brüggli Industrie und die Testphase durch Bemusterung und Beratung“, so Nikola Blanus.

Flach und stark

Letztendlich entschieden sich die Ingenieure für eine kombinierte Lösung und für die Paarung eines Strukturdämpfers mit einer Rotationsbremse von ACE. Die flache Tellerbremse vom Typ FDN-70-L ist nur 13 mm hoch und besitzt einen robusten Edelstahlkorpus.

Erhältlich in Baugrößen von 47 bis 70 mm im Durchmesser, bremst sie direkt im Drehpunkt und ist in beiden Bremsrichtungen erhältlich. Mit einem Bremsmoment von 11,0 +/- 1,0 Nm wirkt sie aufkommenden Kräften zuverlässig entgegen und sorgt für sanftes Verzögern der Auslegerbewegung von Scarabaeus. Wie alle Rotationsbremsen von ACE ist sie dabei einbaufertig und wartungsfrei.



Bild: Brüggli Industrie

Strukturdämpfer sorgen für zusätzlichen Schutz des Roboters beim Einschwenken seines Auslegers.



Bild: ACE

Strukturdämpfer von ACE weisen verschiedene Dämpfungskennlinien auf, sind reversibel, preiswert, kompakt und leicht in jede neue und bestehende Konstruktion zu integrieren.

Kompakt und effektiv

„Die FDN-70-L war aufgrund der Geometrie und auch wegen der Drehrichtung optimal geeignet, zusätzlich entschied sich der Kunde für den Einsatz eines Strukturdämpfers“, ergänzt Nikola Blanus. Am Einfahrpunkt des Auslegers montiert, nimmt der Dämpfer eine Energie von bis zu 10,0 Nm zuverlässig auf. Der entsprechende Grundtyp TA 21-9 stammt aus der wegen der rohrähnlichen Form TUBUS genannten Dämpferfamilie von ACE und besteht aus einem Co-Polyester-Elastomer. Das Material erwärmt sich auch im Dauerbetrieb nur gering und dämpft gleichbleibend, wobei es viel Energie am Hubanfang aufnimmt. Wichtig für den Einsatz am Mulchroboter ist die kompakte Größe des Dämpfers, wobei die TA-Familie mit platzsparenden Durchmessern zwischen 12 mm und 116 mm erhältlich ist und Energie in Bereichen von 2 Nm bis 2.951 Nm aufnehmen kann. Dank der bereitgestellten Spezialschraube sind die Dämpfer zudem einfach und schnell zu befestigen. Somit ist der clevere Mulcher bei seinen Einsätzen in Obstplantagen und Weingärten doppelt gesichert.

Brüggli Industrie bietet damit, tatkräftig unterstützt durch die hohe Beratungs- und Verarbeitungsqualität von ACE, einerseits in der Agrartechnik eine so hochwertige wie nachhaltige Arbeits erleichterung.

Andererseits haben Investoren, Käufer oder strategische Partner eine sofort handelbare Möglichkeit, die Zukunft der Landwirtschaft mitzugestalten. *anm* ◀

Die Autoren:

Jens Frantzen M. A., Robert Timmerberg M. A.,
Fachjournalist (DFJV), plus2 GmbH, Düsseldorf.



INFO: DAS UNTERNEHMEN HINTER SCARABAEUS

Brüggli Industrie ist ein Center des Ausbildungs- und Integrationsunternehmens Brüggli mit Sitz in Romanshorn am Bodensee und ein Partner für Lohnarbeiten. Das Unternehmen begleitet Menschen mit psychischen und körperlichen Schwierigkeiten auch praxisbezogen auf dem Ausbildungs- und Integrationsweg. 220 Lernende bereiten sich in mehr als 40 verschiedenen Berufen auf den Arbeitsmarkt vor. Außerdem beschäftigt Brüggli 300 Mitarbeitende, die (noch) nicht in der Lage sind, im Arbeitsmarkt zu bestehen. Zugleich engagiert sich das Unternehmen für Klienten, die nach einem Unfall oder nach einer Krise vor einer Neuorientierung stehen.

Die soziale Mission geht einher mit wirtschaftlichem Anspruch: Gute Arbeit ist der Schlüssel zur Integration. Darum setzt sich Brüggli für innovative Produkte ein. Das jüngste ist Scarabaeus. Für diese marktreife Mulchroboter-Konstruktion sind Käufer, Investoren oder strategische Partner eingeladen, mit Brüggli in Kontakt zu treten. Bereits international etabliert sind die TÜV-geprüften, im TCS-Test als Preis-Leistungssieger ausgezeichneten Hundeböden von Brüggli's Eigenmarke 4pets. Zudem ist das Unternehmen als Fahrradanhänger-Pionier und Erfinder der Leggero-Produkte bekannt.

Software-Ökosystem für 3D-Druck



Bild: Materialise

Materialise NV, Anbieter von Software und Dienstleistungen für die additive Fertigung (AM), gibt die nächste Phase seiner Strategie für ein offenes und sicheres Software-Ökosystem bekannt und stellt drei maßgeschneiderte CO-AM-Lösungen sowie neue Technologien vor, um dem wachsenden Bedarf der

Branche an Workflow-Automatisierung und Interoperabilität gerecht zu werden. „Die Industrialisierung der additiven Fertigung ist kein Software- oder Hardwareproblem, sondern ein Fertigungsproblem“, sagte Udo Eberlein, Vice President of Software bei Materialise. „Es erfordert ein Verständ-

nis des gesamten Workflows, der tatsächlichen Einschränkungen und der praktischen Kompromisse, mit denen Produktionsteams täglich konfrontiert sind. Wir passen unsere Angebote an die spezifischen Bedürfnisse des Marktes an, vom Standardanwender bis zum fortgeschrittenen Nutzer, und bieten NPI- und Unternehmenslösungen, mit denen sie AM sicher skalieren können.“ Die neuen Angebote – CO-AM Professional, CO-AM NPI und CO-AM Enterprise – basieren auf CO-AM Brix, einer neuen Low-Code-Automatisierungstechnologie auf Knotenbasis, und CO-AM Build Platform, einem cloud-basierten visuellen Editor für die Build- und Plattformvorbereitung. Materialise gibt außerdem bekannt, dass seine Build-Prozessoren der nächsten Generation nun über ein vollständig offenes, modulares Framework verfügen, das es Herstellern ermöglicht, verschiedene Tools und Strategien in ihre Arbeitsabläufe zu integrieren.

KI-Software für große Bauteile

Auf der Formnext 2025 hat Caracol eine neue KI-Software vorgestellt. Diese soll die additive Fertigung im Großformat noch autonomer und effizienter zu machen. Caracol, Anbieter im Bereich der großformatigen robotischen additiven Fertigung, kündigt einen weiteren Schritt auf dem Weg an, die industrielle Produktion umzugestalten. Auf der Formnext hat das Unternehmen die neue Ausgabe der Eidos Manufacturing Software Suite gezeigt, eine Art technologisches Gehirn, das das schlüsselfertige Produktionsökosystem von Caracol antreibt. Die neue Version integriert aktuelle Funktionen auf Basis künstlicher Intelligenz, neue Fertigungsprozesse und Sensorik – mit dem Ziel, den Produktionsprozess für alle robotischen Plattformen von Caracol noch autonomer und leistungsfähiger zu machen.

Die neue Version der Eidos Manufacturing Software Suite, entwickelt für Caracols robotische Plattformen in

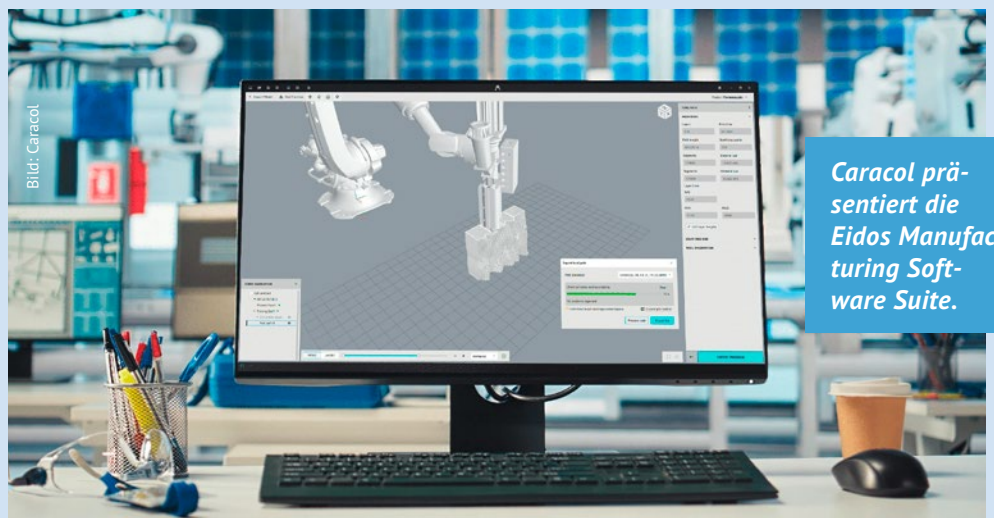


Bild: Caracol

Caracol präsentiert die Eidos Manufacturing Software Suite.

Zusammenarbeit mit Partnern in der Softwareprogrammierung und künstlichen Intelligenz, integriert neue Fertigungsprozesse und erweiterte Analysefunktionen, um eine intelligentere und autonomere Produktion zu ermöglichen. Eidos Builder überschreitet die Grenzen des herkömmlichen 3D-Drucks, indem es Slicing, Simulation

und additive Technologien mit anderen Prozessen wie Scannen und Fräsen in vollständig automatisierten Workflows kombiniert. Eidos Nexus, das IoT- und Steuerungszentrum der Plattformen, wird nun durch das neue AI Control erweitert, das Funktionen für Erkennung, Lernen und intelligente Steuerung einführt.

Intelligente Antriebssteuerung neu definiert

Mit einer immer effizienteren Automatisierung wächst der Bedarf an einer präzisen und flexiblen Maschinensteuerung. Antriebe stehen hier an vorderster Front. Bonfiglioli bietet Lösungen an, die den Energieverbrauch optimieren, die Betriebseffizienz steigern und die Maschinenleistung erhöhen können.

Die Fähigkeit der AxiaVert-Familie von Bonfiglioli, Motorparameter dynamisch zu regeln, eröffnet zahlreiche Einsatzmöglichkeiten in unterschiedlichen Branchen, wie zum Beispiel im Verpackungsbereich, in der Logistik und vielen anderen. Zur Erweiterung des Produktportfolios feierte die Frequenzumrichterserie AxiaAgile ihre Premiere auf der SPS in Nürnberg. Sie teilt mit der AxiaVert-Serie das kompakte Industriedesign sowie die gleichen

Inbetriebnahme- und Diagnose-Tools, die die Parametrierung, Inbetriebnahme und Diagnose erleichtern und dadurch die Integration und Nutzung des Produkts für den Anwender vereinfachen.

Smarter Frequenzumrichter für die Automatisierung

Die AxiaVert-Serie (AXV) von Bonfiglioli ist dank ihrer hohen Flexibilität und Spitzenleistung ideal für ein breites

Spektrum von Anwendungen. Der AxiaVert-Antrieb empfiehlt sich in Bereichen wie Materialbearbeitung, Logistik, automatisierte Lagerung, Verpackung oder Textil. Durch ihren modularen und flexiblen Aufbau erfüllt die AxiaVert-Serie unterschiedliche Anforderungen mit Hardwaremodulen und Zubehör, die es ermöglichen, integrierte Standard-Softwarefunktionen mit einer anwendungsspezifischen Anpassung über die auf Benutzerebene programmierbare PLC-Software zu kombinieren. Darüber hinaus gewährleistet sie Vielseitigkeit durch die große Kompatibilität mit einer breiten Palette von Motoren (Asynchron-, Permanentmagnet-Synchron- und Reluktanz-Synchronmotoren) sowie die Möglichkeit, anspruchsvolle Motion-Control-Funktionen auszuwählen.

Vielseitig und modular

Zudem ermöglicht die neu gestaltete, benutzerfreundliche Oberfläche der Axia-Manager-Software das Start-up, die Inbetriebnahme und die Parametrierung des Frequenzumrichters, der Komponenten des Antriebsstrangs und der Anwendung sowohl online als auch offline. Verschiedene Anschlussmöglichkeiten – sowohl kabelgebunden als auch drahtlos – stehen dabei zur Verfügung. Abgerundet wird das Angebot durch die Axia Manager Mobile App für Android- und iOS-Geräte. AxiaVert zeichnet sich durch ein vollständig modulares Design aus, das sich nahtlos in viele

AXIAVERT
PREMIUM FREQUENCY INVERTER SERIES

MODULAR STRUCTURE

ENCODER EVALUATION

TOP-LEVEL PERFORMANCE

FLEXIBLE COMMUNICATION

WIDE RANGE OF APPLICATIONS

Durch ihren modularen und flexiblen Aufbau erfüllt die AxiaVert-Serie viele unterschiedliche Anforderungen.

verschiedene Bonfiglioli-Technologien und Automatisierungsnetzwerke integrieren lässt. Die Plattform ist in drei Leistungsstufen verfügbar – Basic, Standard und Motion – und bietet dadurch die nötige Flexibilität, um auf unterschiedliche Applikationsanforderungen abgestimmt zu werden.

Um den spezifischen Anwendungsanforderungen verschiedener Branchen und unterschiedlichen Komplexitätsstufen gerecht zu werden, bietet die AxiaVert-Serie ein umfassendes Funktionsspektrum.

Kommunikation und Überwachung

Spezielle Kommunikations- und Überwachungsfunktionen über flexible, den Automatisierungs- und Industrie-4.0-Standards entsprechende Kommunikationsprotokolle. AxiaVert lässt sich nahtlos in jedes Bonfiglioli-Automatisierungsnetzwerk integrieren und gewährleistet maximale Kompatibilität mit den gängigsten Feldbus-Protokollen – Profi-net, EtherCAT, EtherCAT IP und Powerlink – über einen einzigen Produktcode und eine Multi-Protokoll-Karte. Diese Funktionen ermöglichen es, die Produktion zu optimieren und Anwendungen noch effizienter zu gestalten.

Funktionale Sicherheit

Erweiterte integrierte Funktionen der funktionalen Sicherheit sind in verschiedenen Ausführungen verfügbar, um die jeweils passendste Option in Bezug auf Kosten und Leistung auszuwählen. Ein Pluspunkt, der es ermöglicht, die Konfiguration zu optimieren, den Platzbedarf zu reduzieren und auf den Einbau externer Sicherheitskomponenten zu verzichten – und andererseits gleichzeitig einen sicheren und kontrollierten Betrieb unterschiedlicher Bewegungen zu gewährleisten.

Bonfiglioli stellt alle vom Markt geforderten Hauptsicherheitsfunktionen bereit, darunter STO, SS1, SBC, SLS, SLP und SOS. Die Varianten der funktionalen Sicherheit von AxiaVert erlauben es zudem, die Konfiguration ohne zusätzliche externe Sicherheitskomponenten zu verfeinern und



AxiaVert zeichnet sich durch ein vollständig modulares Design aus, das sich nahtlos in verschiedene Bonfiglioli-Technologien und Automatisierungsnetzwerke integrieren lässt

dabei einen sicheren, überwachten Betrieb gemäß Branchenstandards zu gewährleisten. Darüber hinaus bietet AxiaVert die Integration in die FSoE-Kommunikation, wodurch sich die Arbeits- und Verdrahtungskosten deutlich reduzieren, da sämtliche Sicherheitskommunikation zwischen Frequenzumrichter und PLC über den Feldbus übertragen wird.

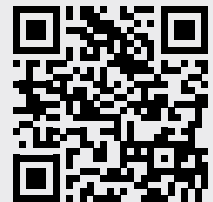
Motion-Control-Funktion

Durch die Leistungsfähigkeit bei Drehmoment-, Geschwindigkeits- und Positionsregelung im geschlossenen Regelkreis erfüllt AxiaVert anspruchsvolle Anforderungen an Effizienz und Produktivität. Die Unterstützung des DS402-Protokolls ermöglicht eine schnelle Integration in synchrone Motion-Control-Systeme von Drittanbietern. Alternativ können jederzeit die im Antrieb integrierten Punkt-zu-Punkt-Positionierfunktionen für Architekturen auf nichtdeterministischen Feldbussen genutzt werden.

Fit für hohe Ansprüche

Funktionen für den Spindelmotorbetrieb, die Möglichkeit zum Einsatz mehrerer Encoder für den Positionsregelkreis und die Multi-Motor-Parametrierung runden das Angebot ab und ermöglichen es, auch hohe Anforderungen der Kunden zu erfüllen.

anm ◀



Be creative

**Sichern Sie sich jetzt
Ihr exklusives Abonnement!**

www.autocad-magazin.de/abonnement/

AUTOCAD

Konstruktion, Simulation, Generatives Design und Digitale Fabrik

MAGAZIN

WIN
VERLAG

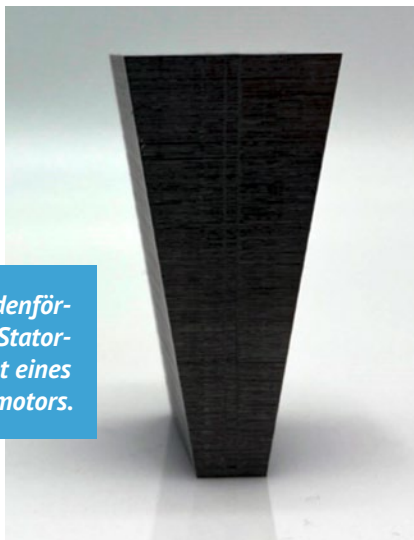
Komplexe Antriebe auf dem Weg zur Serie

Axialflussmotoren gelten als besonders leistungsdichte und effiziente Alternative zu klassischen Radialflussantrieben. Ihr Potenzial für die Elektromobilität ist enorm: Kleinere Baugrößen, höhere Drehmomente und eine verbesserte Energieausnutzung machen sie attraktiv für den Einsatz in Fahrzeugen. Doch die industrielle Umsetzung steht auch vor großen Herausforderungen. **VON PATRICK SCHULZE**

Komplexe Geometrien, hohe Präzisionsanforderungen und neue Materialien erschweren bislang die Serienproduktion von Axialflussmotoren. Neue modulare Maschinenkonzepte und spezialisierte Verfahren ebnen nun den Weg zur Großserienreife.

Vorteile und Herausforderungen der Axialflussmotoren

Axialflussmotoren zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte, ein kompaktes



Pyramidenförmiges Statorsegment eines Axialflussmotors.

Bauvolumen und eine hohe Effizienz aus. „Für die E-Mobilität bedeutet das mehr Leistung auf gleichem Bauraum und eine effizientere Nutzung der Energie“, erläutert Thomas Stäuble, CEO der SWD AG, eines Schweizer Spezialisten für Stator- und Rotortechnik. Gleichzeitig erlaubt die Bauweise eine flexiblere Integration in verschiedene Fahrzeugkonzepte. Besonders wichtig ist dies in Zeiten, in denen Automobilhersteller nach Lösungen suchen, um Reichweiten zu steigern und gleichzeitig die Kosten zu senken. Axialflussmotoren eröffnen hier neue Spielräume, weil sie durch ihre Bauweise ein hohes Drehmoment bei gleichzeitig geringer Masse bereitstellen.

Doch diese Vorteile bringen auch besondere Anforderungen mit sich. Die Geometrie der Elektroblechpakete benötigt neue Prozesse in der Fertigung. „Der Axialflussmotor ist seit langem technologisch bekannt, doch erst jetzt gehen wir richtig in die Industrialisierung und Großserienproduktion“, erklärt Stäuble.

Die fehlende Standardisierung und fehlende Lösungen verstärken die Herausforderungen zusätzlich. „Radialflussmotoren basieren auf jahrzehntelang optimierten Fertigungsprozessen. Axialflusskonzepte dagegen müssen in vielen

Schritten von Grund auf neu gedacht werden“, betont Stäuble. Klassische Großpressen stoßen dabei schnell an ihre Grenzen, sowohl technisch als auch wirtschaftlich. Es gilt also, Fertigungstechnologien zu entwickeln, die den besonderen Anforderungen gerecht werden und gleichzeitig den Sprung von der Prototypenfertigung in stabile Serienprozesse ermöglichen.


Hürden und Umsetzung

Die größten Hindernisse liegen darin, die Prototypenprozessen in industrielle Standards überzuführen. Während im Labor oder im Prototypenbau noch individuelle Lösungen ausreichen, fordern OEMs in der Serienproduktion Prozessstabilität und Skalierbarkeit. Werkzeugauslegung, Material-Handling und Qualitätssicherung gilt es, auf völlig neue Geometrien abstimmen. „OEMs erwarten gleichbleibende Qualität über große Stückzahlen hinweg“, erklärt Stäuble. Darüber hinaus sind kurze Taktzeiten und ein schneller Hochlauf von der Kleinserie zur Großserie entscheidend.

Gerade die Skalierbarkeit stellt viele Unternehmen vor Probleme. Klassische Fertigungsanlagen sind für eine bestimmte Stückzahl und Geometrie optimiert. Sie lassen sich jedoch kaum flexibel anpassen. Damit wird die Einführung neuer Technologien wie der Axialflussmotoren zusätzlich zur Investitionsfrage. Somit entsteht ein Dilemma, das ohne modulare Fertigungskonzepte kaum zu lösen ist.

Genau hier setzt die SWD AG mit ihren modularen Maschinenkonzepten an. Denn die SWD AG entwickelt Produktionslösungen, die spezifisch auf Axialfluss-Komponenten zugeschnitten





Der Axialflussmotor zeichnet sich aus durch eine hohe Leistungsdichte bei niedrigem Gewicht. Doch ihre Fertigung birgt große Herausforderungen.

sind. „Ein Baukastenprinzip ermöglicht es, Fertigungslinien schrittweise aufzubauen und bei Bedarf zu erweitern“, so Stäuble. Dadurch gestaltet sich die Skalierung sehr einfach; jede Ausbaustufe basiert auf denselben Werkzeugen und ermöglicht serienfallende Elektroblechpakete. Dadurch sinken die Investitionshürden erheblich, da Unternehmen von Beginn an nach Serienprozessen produzieren und die Produktion später flexibel skalieren können. Für OEMs bedeutet dies, dass sie den Markteintritt mit neuen Technologien risikofrei gestalten und gleichzeitig ihre Produktionskapazitäten dynamisch anpassen können.

Zum Einsatz kommen dabei spezialisierte Prozessmodule: neuartige Stanz- und -Werkzeugkonzepte, präzise Stackbildungsmodule, hochfeste Verklebungs- und Verbindungstechniken sowie integrierte Prüf- und Messsysteme.

Qualitätssicherung

Für OEMs im Automotive-Umfeld ist Qualität das entscheidende Kriterium. Ein fehlerhaftes Bauteil bedeutet nicht nur immense Kosten, sondern auch Imageverluste. SWD setzt daher auf umfassende Prüf- und Messtechnik bereits in den Prozessmodulen. „Jede Fertigungsstufe wird kontinuierlich überwacht, Abweichungen werden sofort erkannt und korrigiert“, erläutert Stäuble. Automatisierte Sensorik, taktile und elektromagnetische Messungen sowie datenbasierte Auswertungen sichern die geforderten Toleranzen und

Grenzwerte ab. Diese Echtzeitkontrollen gewährleisten, dass auch bei hohen Stückzahlen die Qualität konstant bleibt.

Zudem eröffnet die systematische Datenerfassung neue Optionen: Produktionsdaten lassen sich nicht nur rückverfolgen, sondern auch für Prozessoptimierungen einsetzen. „Mit datenbasierten Auswertungen lassen sich Muster und Trends erkennen, die für kontinuierliche Verbesserungen genutzt werden können“, sagt Stäuble.

Skalierbarkeit ist zentral

Ein dynamischer Markt wie die Elektromobilität verlangt außerdem nach flexiblen Produktionskapazitäten. „Unser modularer Ansatz ermöglicht es, Fertigungslinien zunächst in kleinerem Umfang aufzubauen und sie dann Schritt für Schritt zu erweitern, oder wir nutzen eine unserer eigenen Fertigungslinien“, sagt Stäuble. So lassen sich Investitionen eng an die Marktentwicklung koppeln. Dies gewährleistet Zukunftssicherheit und Anpassungsfähigkeit gleichermaßen. Besonders für OEMs, die



Die SWD AG entwickelt Produktionslösungen, die spezifisch auf Axialfluss-Komponenten zugeschnitten sind.

in einem hochkompetitiven Markt agieren, ist diese Flexibilität entscheidend. Sie erlaubt es, neue Fahrzeugkonzepte schnell auf den Markt zu bringen, und ohne das Risiko hoher Fehlinvestitionen. Die Möglichkeit, zu erweitern, umfasst nicht nur die Anzahl der Produktionslinien, sondern auch deren technologische Ausstattung. Neue Klebverfahren, alternative Materialien oder zusätzliche Prüftechniken lassen sich integrieren. Damit entsteht ein zukunftssicheres Produktionssystem, das mit den Anforderungen wächst. In der Zukunft wird dann der Ort

der Fertigung auch flexibel definierbar sein. Die kompakten, vollautomatisierten Produktionslinien lassen sich direkt dort installieren, wo man die Bauteile benötigt. Also muss dies nicht mehr zwingend beim Lieferanten sein, sondern der OEM kann selber zum Hersteller mit diesen Maschinen werden und damit seine Wertschöpfungstiefe erhöhen.

Ausblick

Bereits heute hat SWD Projekte mit namhaften Automobilherstellern umgesetzt. Dabei konnten Axialfluss-Komponenten erfolgreich in Serienprozesse geführt werden. Modulare Fertigungslinien für Elektroblechpakete erfüllten nicht nur die Qualitäts- und Reproduzierbarkeitsanforderungen, sondern auch die notwendige Flexibilität.

Die weitere Entwicklung wird stark von Automatisierung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit geprägt sein. KI-gestützte Qualitätssicherung, vorausschauende Wartung und datenbasierte Prozessoptimierung gewinnen an Bedeutung. Gleichzeitig werden ressourcenschonende Fertigungen, energieeffiziente Verfahren und Kreislaufwirtschaft immer wichtiger. Darüber hinaus eröffnen sich neue Anwendungsfelder: Axialflussmotoren sind nicht nur für Pkw interessant, sondern auch für andere Fahrzeugkonzepte oder die Luftfahrt. Jede dieser Anwendungen stellt spezifische Anforderungen an Leistung, Gewicht und Effizienz. Diesen Anforderungen gemein ist, dass sie sich mit modularen Produktionssystemen gut erfüllen lassen.

Fazit

Axialflussmotoren bieten enorme Potenziale für die E-Mobilität – doch ihre Umsetzung ist komplex. Mit modularen Maschinenkonzepten und spezialisierten Prozessmodulen schafft etwa SWD den Durchbruch zur Serienfertigung. OEMs profitieren von Flexibilität, Skalierbarkeit, Qualität und nachhaltigen Prozessen. Axialfluss-Komponenten werden zu einer realistischen und wettbewerbsfähigen Option für die Elektromobilität. *anm* ◀

Der Autor, Patrick Schulze, ist Journalist für die Agentur Wordfinder.

Die Produktfamilie PSRuni-Familie erstreckt sich vom kompakten Standardrelais bis zur maßgeschneiderten Sicherheitslösung.

Bereit für die automatisierte Zukunft

Die funktionale Sicherheit ist Bestandteil moderner Maschinen- und Anlagenkonzepte. Dabei geht auch um Effizienz, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit. Die multifunktionale Sicherheitsrelais-Familie PSRuni von Phoenix Contact vereint diese Anforderungen. **VON YASIN YASAR**

Als erstes Mitglied der Produktfamilie PSRuni zeichnet sich die L-Variante durch ihre technische Vielseitigkeit aus, sowie durch die Fähigkeit, zwei sicherheitsrelevante Funktionen – zum Beispiel Not-Halt und Türüberwachung – parallel zu erfassen. Die beiden voneinander getrennten Schaltkreise ermöglichen eine unabhängige Auswertung und Aktivierung der jeweiligen Sicherheitsfunktionen. Daher lässt sich das Gerät in ein- ebenso wie zweikanaligen Betriebsarten einsetzen und stellt eine zuverlässige Lösung für unterschiedliche sicherheitstechnische Anforderungen zur Verfügung. Diese Besonderheit schafft die Grundlage für klassische als auch für anspruchsvollere Sicherheitsanwendungen, etwa die normgerechte Verkettung von Nothaltsfunktionen über mehrere Maschinenmodule hinweg. Besonders in modular aufgebauten Produktionslinien, in denen einzelne Maschinenabschnitte miteinander vernetzt sind, eröffnet PSRuni L einen effizienten und übersichtlichen Ansatz zur sicheren Integration, sodass aufwändige Verdrahtungskonzepte der Vergangenheit angehören (Bild 1).

Platzsparende Umsetzung von Steuerungseinheiten

Ein weiteres Leistungsmerkmal liegt in der hohen Kompatibilität des Sicherheitsrelais mit einer Vielzahl sicherer Sensoren, sodass es sich nahtlos in bestehende Anlagenkonzepte einbinden lässt. Die direkte Konfiguration über die eingebauten Rändelrädchen ermöglicht eine schnelle und unkomplizierte Anpassung an verschiedene Rahmenbedingungen – ohne externe Software oder spezielle Programmierkenntnisse. Für eine effiziente Installation sorgt die moderne Push-in Technology, die eine werkzeuglose Verdrahtung gestattet. Ergänzt wird dies durch zwangsgeführte Kontakte

und integrierte Diagnosefunktionen, die eine zuverlässige Fehlererkennung sowie eine sichere Abschaltung im Fehlerfall sicherstellen (Bild 2).

Ressourcenschonend wirkt sich die kompakte Bauweise des Sicherheitsrelais aus. Da mehrere Funktionen in einem einzigen Gerät überwacht werden können, lassen sich Steuerungseinheiten deutlich platzsparender realisieren. Dieser Vorteil ist gerade bei Retrofit-Projekten oder in räumlich begrenzten Schaltschränken von großer Bedeutung. Verglichen mit der herkömmlichen Umsetzung unter Verwendung zweier separater Sicherheitsrelais lässt sich der benötigte Bauraum durch die Nutzung von PSRuni L um bis zu 50 Prozent reduzieren - und das bei gleichbleibend hoher Sicherheitsfunktionalität.

Abgesehen von den technischen Merkmalen der L-Variante zeichnet sich die gesamte Produktfamilie PSRuni vor allem

Bild 1: Sichere Abschaltung mehrerer Maschinen über eine zentrale Nothaltschaltung mit der 2x2-Variante.





INFO: VERSCHLEISSFREIES UND PRÄZISES SCHALTEN

Die berührungslosen Magnetschalter von Phoenix Contact bieten eine robuste und präzise Lösung zur Positions- und Zustandsüberwachung in industriellen Automatisierungsprozessen. Durch die Verwendung von Reed-Kontakten in Kombination mit Permanentmagneten ermöglichen sie eine verschleißfreie Schaltfunktion mit großer Wiederholgenauigkeit. Die Geräte sind in kompakten Gehäusen mit hoher Schutzart bis IP67 verfügbar und eignen sich für den Einsatz in rauen Umgebungen. Aufgrund ihrer einfachen Montage und flexiblen Einbaulage lassen sie sich problemlos in bestehende Anlagen integrieren. Die Magnetschalter, die kompatibel mit gängigen Steuerungssystemen sind, zeichnen sich durch zuverlässige Schaltabstände sowie eine lange mechanische Lebensdauer aus. Sie erfüllen die Anforderungen gemäß EN 60947-5-3 und EN ISO 14119 und empfehlen sich für Anwendungen in der Fördertechnik, im Maschinenbau und in der Prozessautomatisierung.

der S-Variante neue Maßstäbe in der funktionalen Sicherheit. Die Verbindung aus technischer Leistungsfähigkeit, wirtschaftlicher Effizienz und softwaregestützter Individualisierbarkeit resultiert in einer zukunftssicheren Komponente für die sichere Automatisierung von morgen. Die Lösung erfüllt die Anforderungen der Industrie und leistet damit einen nachhaltigen Beitrag zur sicheren Gestaltung moderner Maschinen- und Anlagenarchitekturen. [anm](#) ◀

Der Autor, Yasin Yasar, ist Produktmanager Safety, Automation Infrastructure, Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Bad Pyrmont.

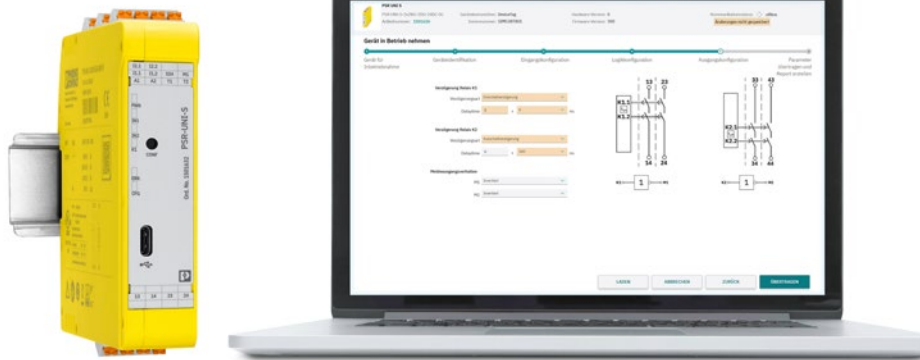


Bild 2 (links): Hohe Flexibilität für Sicherheitsanwendungen: ein Relais, viele Möglichkeiten Bild 3 (rechts): Mit clipX Engineer zur Bestform: nur wenige Klicks bis zur individuellen Sicherheitslösung.

durch ihre wirtschaftlichen Vorteile aus. Aufgrund der universellen Einsetzbarkeit deckt das Sicherheitsrelais unterschiedliche Sicherheitsfunktionen mit lediglich einem Gerätetyp ab. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, für jede Anwendung ein spezifisches Relaismodell vorzuhalten, was eine Standardisierung im Schaltschrankbau ermöglicht und die Komplexität in der Projektierung verringert. Diese Vereinheitlichung verschlankt die Variantenvielfalt erheblich. Das minimiert nicht nur den Planungsaufwand, sondern senkt auch die Fehleranfälligkeit bei der Auswahl und Einbindung der Komponenten.

Gleichzeitig profitieren Unternehmen von einer optimierten Lagerhaltung. Weil weniger Relaisvarianten bevorratet werden müssen, reduzieren sich die Lagerkosten spürbar. Der geringere Platzbedarf und die vereinfachte Verwaltung der Lagerbestände führen zu einer effizienteren Logistik und einer höheren Verfügbarkeit der Komponenten. Die Beschaffungsprozesse werden durch die Standardisierung ebenfalls erleichtert. Die Einkaufsplanung gestaltet sich übersichtlicher und der Aufwand für das Lieferantenmanagement verringert sich. Darüber hinaus kann die Nachbeschaffung eines universellen Relaismodells schneller und unkomplizierter erfolgen.

Neue Produktvariante für weitere Flexibilisierung

Mit Blick auf die zunehmende Komplexität moderner Maschinen und die wachsenden Anforderungen an individuellen Sicherheitslösungen stellt sich die Frage, wie sich die Flexibilität noch

weiter steigern lässt. Genau hier setzt die nächste Entwicklungsstufe an – mit einem erweiterten Funktionsumfang und softwaregestützter Parametrierung (Bild 2).

Mit der Variante PSRuni S ergänzt Phoenix Contact das Konzept des multifunktionalen Sicherheitsrelais um eine grafisch geführte Parametrierbarkeit, die dem Anwender ein Höchstmaß an Anpassungsfähigkeit und Individualisierung eröffnet. Über die eigens entwickelte sowie intuitiv bedienbare Parametrierungs-Software clipX Engineer lässt sich das Sicherheitsrelais gezielt auf die jeweilige Anwendung abstimmen – und das erheblich über die Funktionalität der Einführungsvariante hinaus. Neben der Auswahl spezifischer Sicherheitsfunktionen können auch logische Verknüpfungen, Startverhalten, Meldeausgangsverhalten, Verzögerungsarten sowie Zeitparameter flexibel definiert werden. So entsteht ein modularer Baukasten für maßgeschneiderte Sicherheitskonzepte, der sich exakt an verschiedene Anforderungen und Einsatzszenarien adaptieren lässt. Die Kombination aus hardwareseitiger Vielseitigkeit und dem hohen Bedienkomfort der Software macht PSRuni S zum derzeit wandlungsfähigsten Sicherheitsrelais auf dem Markt. Es eignet sich somit bestens für die Nutzung in der Serienfertigung, im Sondermaschinenbau sowie in modular aufgebauten Produktionssystemen (Bild 3).

Fazit

Phoenix Contact verspricht mit der Produktfamilie PSRuni und im Besonderen

Vom Entwurf bis zum Einsatz

Product Lifecycle Management (PLM) bildet in Fertigungsunternehmen ein zentrales organisatorisches und technisches Rückgrat, um Produkte vom ersten Entwurf an konsistent zu entwickeln. Trends wie künstliche Intelligenz verleihen den PLM-Lösungen einen enormen Schub. **VON ANDREAS MÜLLER**

Vom ersten Konzeptentwurf über die Konstruktion und Produktion bis hin zu Betrieb und Wartung fließen großen Daten- und Informationsmengen zusammen, und immer komplexere Daten. Gleichzeitig steigt der Druck, Produkte schneller marktreif zu machen, Variantenvielfalt zu beherrschen, regulatorische Anforderungen einzuhalten und dabei Qualitätsstandards einzuhalten. Durchdachte Datenmanagementstrategien können hier entscheidende Vorteile im Wettbewerb generieren.

Datensilos überwinden

Aus ihrer Historie heraus arbeiten viele Unternehmen mit zahlreichen unterschiedlichen Systemen, die auf bestimmte Aufgaben spezialisiert sind, aber doch auch in Wechselwirkung stehen, CAD-, ERP-, MES- oder Service-Management-Lösungen zum Beispiel. Doch diese Systeme sind oft nur unzureichend miteinander verknüpft, und das führt zu redundanten Datenbeständen, inkonsistenten Informationen und ineffizienten Prozessen. Wenn Entwicklung, Produktion und Service nicht auf eine gemeinsame, aktuelle Datenbasis zugreifen können, steigt das Risiko von Fehlern und Nacharbeiten erheblich. Besonders deutlich zeigt sich dies in komplexen Produktstrukturen, in denen schon kleine Inkonsistenzen große Auswirkungen auf Kosten und Durchlaufzeiten haben können.

Eng verbunden mit dem Problem der Datensilos ist die Herausforderung der unternehmensweiten Zusammenarbeit. Über Abteilungs- und Standortgrenzen hinweg zu kooperieren, wird zunehmend wichtiger, denn Entwicklungsprozesse finden global verteilt statt. Ein modernes PLM-System wird also nicht nur Daten verwalten, sondern auch eine kollaborative Plattform für die schnelle Kommunikation bieten, Know-how transparent machen und Entscheidungsprozesse besser fundieren und beschleunigen. Doch organisatorische Barrieren, unterschiedliche Arbeitsweisen und fehlende Standards erschweren die nahtlose Zusammenarbeit häufig.

Durchgängige Prozesse

Um diese Aufgaben zu meistern, setzen viele Fertigungsunternehmen auf integrierte PLM-Lösungen, die Daten entlang des gesamten Produktlebenszyklus harmonisieren und als „Single Source of Truth“ dienen. Standardisierte Datenmodelle und Schnittstellen ermöglichen es, Informationen aus unterschiedlichen Systemen zusammenzuführen und Abhängigkeiten sichtbar zu machen. Ergänzend tragen moderne Visualisierungswerkzeuge, digitale Zwillinge oder modellbasierte Entwicklungsansätze dazu bei, Komplexität zu reduzieren und Entscheidungen frühzeitiger abzusichern. Darüber hinaus gewinnt das Thema Datenqualität an Bedeutung:

Nur mit konsistenten, vollständigen und aktuellen Informationen lassen sich Produkt- und Prozessdaten zuverlässig auswerten und für geschäftskritische Aufgaben nutzen.

Künstliche Intelligenz

Ein weiterer zentraler Trend, der das PLM-Datenmanagement nachhaltig verändert, ist der Einsatz von Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen. KI-gestützte Analyseverfahren ermöglichen es zum Beispiel, Muster in großen Datenmengen zu erkennen und damit Risiken vorherzusagen oder Optimierungspotenziale aufzuspüren. Beispielsweise können Algorithmen Anomalien in Konstruktionsdaten entdecken oder Produktionsparameter optimieren. Machine Learning bietet darüber hinaus neue Möglichkeiten der Automatisierung, etwa in der Klassifikation von Bauteilen, der automatischen Generierung technischer Dokumentation oder der intelligenten Suche in komplexen Produktdatenbeständen. Mit zunehmender Reife der Technologien wird KI zu einem ganz natürlichen Bestandteil von PLM-Lösungen und eröffnet Fertigungsunternehmen neue Wege, datengetriebene Entscheidungen zu treffen und Innovationsprozesse zu beschleunigen. Welche Wege die Anbieter von PLM-Lösungen beschreiten, erfahren Sie in unserem Expertentalk auf den Seiten 44 bis 47.

anm ◀

Wie KI verborgenes Wissen im PLM sichtbar macht

Am Beispiel von Phoenix/PLM



„Wir haben den Deckel der Schatzkiste erst angehoben. Die nächsten Monate entstehen hier Lösungen, die wirklich etwas verändern.“

Frank Schlupp, Mitglied der Geschäftsleitung, ORCON GmbH.



Finden statt Suchen

Konstrukteure wollen nicht suchen, sie wollen finden. Doch in der Praxis verbringen sie einen erheblichen Teil ihrer Arbeitszeit mit der Suche nach Informationen. Wenn etwas nicht gefunden wird, wird es neu konstruiert, oft doppelt, manchmal dreifach. Das kostet Zeit, Geld und Know-how.

In vielen Unternehmen liegt das Wissen dafür längst vor: in PLM-Systemen, Artikeln, Dokumenten, Datenblättern und in den Köpfen der Kolleginnen und Kollegen – ein wertvoller Schatz, der im Tagesgeschäft oft verborgen bleibt.

Wo KI den Unterschied macht

ORCON untersucht gemeinsam mit dem KI-Spezialisten CADAICO, wie künstliche Intelligenz diese verborgenen Informationen sichtbar machen kann. Die Integration der KI-Erweiterung in Phoenix/PLM ermöglicht es, die Daten zu analysieren und Muster zu erkennen.

Ziel ist, Systeme so zu trainieren, dass sie Zusammenhänge erkennen, die bisher im Datensilo stecken. Die KI versteht fehlerhafte oder uneinheitliche Stammdaten, erkennt unvollständige Klassifizierungen, interpretiert Inhalte aus PDF-Datenblättern und lernt logische Zusammenhänge.

So entsteht nicht nur eine neue Form der Suche, sondern eine Arbeitsumgebung, in der Konstrukteure mit relevanten Informationen effizienter arbeiten können. In der Praxis zeigt sich der Mehrwert bereits deutlich:

- Bessere Auffindbarkeit
- Kürzere Suchzeiten
- Schnellere Entscheidungen
- Nachhaltige Nutzung des vorhandenen Wissens

Von der Suche zur Frage

Die klassische Suche arbeitet mit Metadaten, Klassifizierungen, Volltext oder Geometrie. Das funktioniert, aber nur, wenn man genau weiß, wonach man sucht.

Die KI-gestützte Suche erlaubt Fragen in natürlicher Sprache: „Suche alle Kraftspannfutter mit Spannkraft 50–70 kN, geeignet für Vertikalmaschinen, Rundmaterial Ø 210 mm.“

Das System liefert nicht nur Treffer, sondern erkennt auch Alternativen, wenn keine exakten Ergebnisse existieren. So wird bisher verborgenes Wissen greifbar.

Ausblick

„Wir haben den Deckel der Schatzkiste erst angehoben. Die nächsten Monate entstehen hier Lösungen, die wirklich etwas verändern.“, sagt Frank Schlupp, Mitglied der Geschäftsleitung bei ORCON. KI wird den PLM-Alltag nicht ersetzen, sondern ergänzen. ORCON entwickelt nun im Rahmen von Kundenprojekten zusätzliche Use Cases für die KI-Erweiterung von Phoenix/PLM. Denn nur im Dialog mit den Anwendern entstehen die besten Lösungen. Wer heute beginnt, legt den Grundstein für den Wissensvorsprung von morgen.

ORCON GMBH

Bahnhofstraße 26
72138 Kirchentellinsfurt
Tel.: +49 7121 51492-0
info@orcon.de
www.orcon.de



Einsatzbereit heißt datenbereit



Die Verteidigungsindustrie rückt immer stärker in den Fokus. Im Zuge geopolitischer Verschiebungen und eines steigenden Sicherheitsbedürfnisses prüfen immer mehr Unternehmen einen Einstieg in entsprechende Beschaffungsketten. Doch das Datenmanagement muss auf die besonderen Anforderungen zugeschnitten sein. **VON ANDREAS GRAVE**

Verteidigungssysteme unterliegen über ihren oft mehrere Jahrzehnte umfassenden Lebenszyklus strengsten Nachweispflichten. Jede Komponente, jeder Softwarestand und jede Konfigurationsänderung muss dokumentiert, genehmigt und rückverfolgbar sein. NATO-Vorgaben, auch zur Reparaturfähigkeit im Einsatz, Exportkontrollen und nationale Sicherheitsstandards verlangen diese Nachweisfähigkeit nicht als einmalige Projektdokumentation, sondern als permanenten Zustand. Die zentrale Frage lautet daher: Kann ein Unternehmen jederzeit belegen, welche Komponenten verbaut sind, woher sie stammen und ob sie unter den aktuellen Bedingungen zugelassen sind?

Genau diese Fähigkeit beschreibt der Begriff „Mission Transparency“: die lückenlose Nachvollziehbarkeit des technischen Zustands eines Systems über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg. Was in der Verteidigungsindustrie als Referenzstandard angestrebt wird, setzt sich zunehmend auch in anderen regulierten Branchen durch. Denn die Anforderungen an Transparenz, Rückverfolg-

barkeit und Nachweisfähigkeit steigen branchenübergreifend – sei es durch Nachhaltigkeitsberichterstattung, digitale Produktpässe, Lieferkettengesetze oder verschärfte Cybersecurity-Vorgaben.

In diesem Kontext entwickelt sich das Product-Lifecycle-Management (PLM) zur strategischen Infrastruktur. Es bildet das technische Rückgrat für lückenlose Nachvollziehbarkeit, operative Resilienz und digitale Souveränität. Diese Eigenschaften sind in der Verteidigung überlebensnotwendig und entscheiden in der zivilen Industrie zunehmend über Lieferfähigkeit und Marktzugang.

Maßstab für Lieferfähigkeit und Marktzugang

Mission Transparency markiert den Übergang vom Dokumentieren zum Belegen und beantwortet vier zentrale Fragen:

- Welche Komponente ist verbaut – und woher stammt sie?
- Welche Software-Version läuft, und ist sie freigegeben?
- Wer hat Änderungen genehmigt und warum?

- Ist das System unter den aktuellen Bedingungen einsatzfähig?

In der Verteidigung entscheidet diese Fähigkeit über Einsatzbereitschaft und Sicherheit. In der Industrie wird sie zum Maßstab für Lieferfähigkeit und Marktzugang. Denn Nachhaltigkeit, ESG-Compliance und digitale Produktpässe folgen derselben Logik: Nur wer den gesamten Lebenszyklus transparent nachweisen kann, bleibt zertifizierbar. Souveränität heißt heute also nicht mehr, etwas bauen zu können. Souveränität heißt vielmehr, jederzeit belegen zu können, was gebaut wurde – und woraus.

Erkenntnisse durch PLM, Digital Thread, Digital Twin

Vier eng verzahnte Elemente bilden die Grundlage für Mission Transparency im industriellen Kontext:

1. PLM fungiert als zentrale Infrastruktur. Es verwaltet Anforderungen, Entwicklung, Fertigung, Betrieb und Modernisierung und ermöglicht eine auditierbare Dokumentation sowie die Rückverfolgung jeder Änderung über den gesamten Pro-

duktlebenszyklus hinweg.

7. Der Digital Thread verbindet sämtliche Daten, Versionen und Abhängigkeiten zu einem konsistenten Informationsfluss, der sich über die Bereiche Konstruktion, Fertigung, Qualitätssicherung, Einsatz und Service erstreckt. Er ist das Nervensystem im digitalen Produktlebenszyklus.

3. Der Digital Twin bildet den aktuellen technischen Zustand jeder Produkteinheit digital ab – synchronisiert über den Thread. Er zeigt exakt, welche Version wann und wo im Einsatz ist. Somit ist bei Rückrufen, Wartungen oder Sicherheitsupdates sofort klar, welche Einheiten betroffen sind.

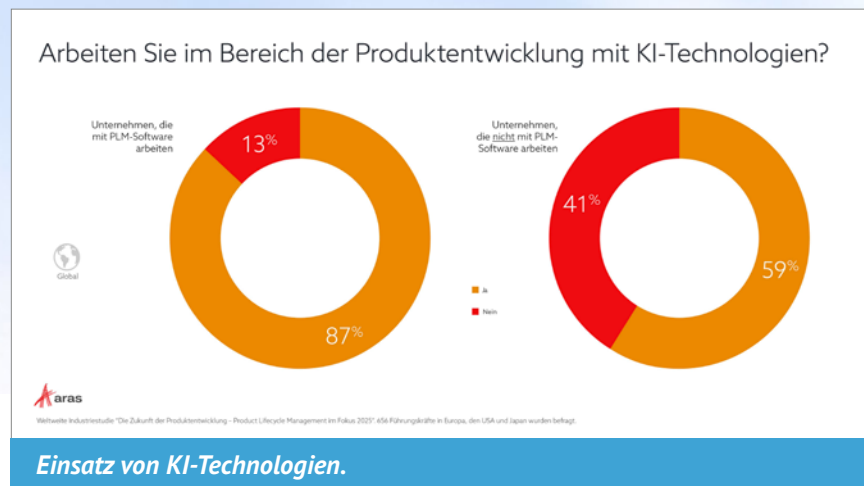
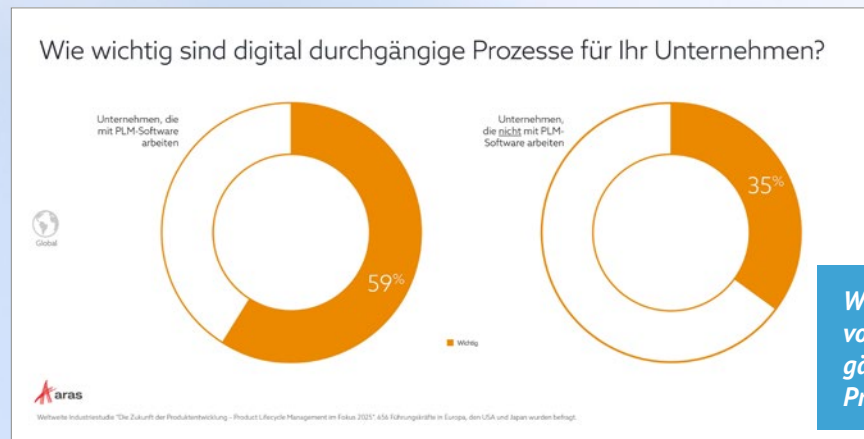
4. Die KI-Assistenz beschleunigt Entscheidungen zu Einsatzmöglichkeiten, Varianten, Kompatibilität, Wartungsstrategien und Obsoleszenz. Dies funktioniert jedoch nur auf Basis korrekter, versionierter und kontextualisierter Daten. Denn eine KI kann nur so intelligent sein, wie es die Qualität der Daten zulässt, auf denen sie operiert.

Im Hinblick auf neue digitale Technologien gilt: Ohne PLM kein konsistenter Thread, ohne Thread kein belastbarer Twin, ohne Twin keine verantwortbare KI.

Studienergebnisse belegen PLM-Wettbewerbsvorteil

Die Aras-Studie „Die Zukunft der Produktentwicklung“, für die 656 Führungskräfte aus Europa, den USA und Japan befragt wurden, zeigt, wie weit viele Unternehmen bei dieser Entwicklung bereits sind. Die Ergebnisse der Studie bestätigen den Ansatz der Industrie. Demnach bleibt nur technologisch, regulatorisch und organisatorisch handlungsfähig, wer seine Daten beherrscht. Die Ergebnisse sprechen für sich:

- KI-Integration: 87 Prozent der PLM-Nutzer setzen KI aktiv in der Produktentwicklung ein, gegenüber nur 59 Prozent der Unternehmen ohne PLM-System.
- Regulatorische Readiness: 88 Prozent der PLM-Unternehmen sind vorbereitet auf CSRD und digitale Produktpässe – gegenüber 70 Prozent ohne PLM.
- Digital Thread-Kompetenz: 59 Prozent der PLM-Unternehmen bewerten den Digital Thread als geschäftskritisch (versus 35 Prozent ohne PLM).



- Resiliente Lieferketten: PLM-Nutzer reagieren bei Engpässen, Ausfällen oder regulatorischen Änderungen deutlich schneller – dank zentraler, verknüpfter Daten.

Wer also in sicherheitskritische Lieferketten einsteigen oder sich für streng regulierte Märkte qualifizieren möchte, muss bereits heute die entscheidenden Grundlagen schaffen. Im Zentrum steht ein versioniertes Datenmanagement, das vollständige Stücklisten, Softwarestände, Freigaben und Änderungshistorien als dynamisches Abbild des gesamten Produktlebenszyklus verfügbar macht.

Ebenso wichtig ist die Rückverfolgbarkeit über den ganzen Lebenszyklus: Jeder Schritt muss lückenlos nachvollziehbar bleiben, von der einzelnen Komponente über die Fertigung und den Service bis hin zur Einsatzdokumentation. Hinzu kommen klar definierte Sicherheits- und Zugriffskonzepte, die gewährleisten, dass Daten nur nach Rollen und Berechtigungen freigegeben werden. Dies ist ein zentrales Element, um Compliance und operative Effizienz in Einklang zu bringen.

Transparenz muss Dauerzustand werden. An die Stelle punktueller Nachweise tritt ein kontinuierlich automatisierter Datenfluss: „Compliance by Design“ statt „Compliance by Documentation“. Solche Strukturen entstehen jedoch nicht über Nacht. Ihre Einführung erfordert organisatorische Anpassungen, neue Prozesse und vor allem eine gelebte Datenkultur. Doch der Aufwand lohnt sich: Unternehmen, die diese Basis heute schaffen, sichern sich langfristig Marktzugang, regulatorische Sicherheit und einen nachhaltigen Wettbewerbsvorsprung.

Fazit und Ausblick

Was heute in der Verteidigung als Idealfall gilt, wird morgen zum Maßstab für alle Branchen. „Mission Transparency“, also die Fähigkeit, den realen technischen Zustand eines Systems jederzeit belegen zu können, steht für diesen Wandel. Durchgängige Datenarchitekturen sichern Compliance, digitale Souveränität und Handlungsfähigkeit. anm ◀

Der Autor, Andreas Grave, ist Director bei Aras.

Wissen im System, nicht nur in den Köpfen

Gerade jetzt scheint der Zeitpunkt für Investitionen in Product Lifecycle Management denkbar ungünstig. Doch eine nachhaltige, durchgängige und kostengünstige Produktentwicklung ist zumal in Zeiten fragiler Lieferketten und geopolitischer Verwerfungen nicht optional. Was das für die Auswahl der passenden PLM-Lösungen bedeutet, erklären hier sieben Fachleute aus der Perspektive der Softwareanbieter.

VON ANDREAS MÜLLER

1. Wie kann eine PLM-Lösung Unternehmen dabei unterstützen, aktuelle Herausforderungen in der Fertigungsindustrie - etwa Fachkräftemangel, Variantenkomplexität oder die Integration von Nachhaltigkeitsanforderungen - effizient zu bewältigen?
2. Können Sie uns bitte ein Beispiel aus der Praxis nennen, in dem die PLM-Software zu verbesserter Produktentwicklung oder kürzerer Time-to-Market geführt hat?
3. Welche technologischen Trends prägen aus Ihrer Sicht die Zukunft von PLM-Systemen, und wie bereiten Sie Ihre Lösung auf diese Entwicklungen vor?



Jens Rollenmüller

Regional Vice President
bei Aras

1. Wenn Wissen nicht nur in den Köpfen einzelner Personen oder in Excel-Tabellen vorhanden ist, sondern strukturiert im System vorliegt, werden Organisationen widerstandsfähiger. Das ist angesichts des Fachkräftemangels von entscheidender Bedeutung. Auch die Variantenvielfalt lässt sich so besser steuern, da alle Beteiligten auf eine

konsistente Datenbasis zugreifen. Beim Thema Nachhaltigkeit sind PLM-Systeme das Rückgrat für Lieferketteninformationen, Analysen oder CO₂-Bilanzen. Unsere jüngste Industrie-Studie zeigt: 88 Prozent der Unternehmen, die mit PLM-Software arbeiten, sind gut auf die Nachhaltigkeitsberichterstattung vorbereitet. Unter den Nicht-PLM-Nutzern sind es nur 70 Prozent.

2. Ein gutes Beispiel ist Parata Systems, ein Spezialist für Apotheken-Automatisierung: Mithilfe von Aras konnte das Unternehmen unter anderem sein Inspektionsmanagement und die Fehlerverfolgung optimieren. Die Zeit zur Aktualisierung von Prüfvorlagen konnte um 92 Prozent auf nur noch einen halben Tag reduziert werden. Gleichzeitig sank die Fehlerquote spürbar. Dies beschleunigt Produktentwicklungen messbar und verbessert die Qualität. Bei Hitachi Industrial führte Aras zu einem entscheidenden Effizienzsprung in der Produktentwicklung. Durch standardisierte Workflows, EBOM-/MBOM-Konsolidierung und SAP-Integration konnten die Time-to-Market deutlich gesenkt und mehr als 6.400 Änderungsaufträge (ECOs) effizient nachverfolgt werden. Das Resultat sind schnellere Innovationen, weniger Fehler und eine bessere globale Zusammenarbeit.

„Unsere jüngste Industrie-Studie zeigt: 88 Prozent der Unternehmen, die mit PLM-Software arbeiten, sind gut auf die Nachhaltigkeitsberichterstattung vorbereitet.“



Bild: ©jpopba/stock.adobe.com

3. Um die steigende Komplexität zu bewältigen, sind Offenheit, Adaptivität und KI-Fähigkeit entscheidend. Daher setzt Aras auf eine offene Plattformarchitektur mit regelmäßigen Updates, Low-Code-Funktionalitäten und durchgängiger Integrationsfähigkeit, die ERP-, MES- und Shopfloor-Systeme einschließt. So lassen sich sowohl klassische Entwicklungsprozesse als auch digitale Zwillinge oder agile Projekte effizient steuern. KI wird langfristig zum Standard, beispielsweise für die automatisierte Fehlererkennung, Variantenoptimierung oder vorausschauende Wartung. Parallel dazu gewinnt adaptive Robotik an Bedeutung: PLM liefert die Datenbasis, um Cobots und klassische Industrieroboter als integrierte Ressourcen im selben Datenmodell zu führen wie Maschinen, Werkzeuge oder Prüfstationen.

ergänzt. Diese übernehmen automatisiert Routineaufgaben wie das Aktualisieren veralteter Zeichnungen oder das Überführen von Stücklisten in PLM-Workflows. Dadurch gewinnen Teams Zeit für wirklich wertschöpfende Tätigkeiten und Innovation. Ein klarer Vorteil in Zeiten knapper Fachkräfte. Gleichzeitig können Nachhaltigkeitskennzahlen früh in den Entwicklungsprozess integriert und gezielt optimiert werden.

„KI-Agenten werden industriellen Standards genügen, anwendungsspezifische Zusammenhänge verstehen und Ingenieure bei komplexen Aufgaben entlasten.“

2. Das belgische Unternehmen Reynaers Aluminium stand vor der Herausforderung, ein extrem umfangreiches, konfigurierbares Produktportfolio (Fenster-, Tür- und Fassadensysteme) mit vielen Varianten und tausenden Seiten Dokumentation zu handhaben. Durch die Einführung unseres Daten- und Prozessmanagements mit Vault und Fusion Manage in Kombination mit den Autorentools von Autodesk wurde eine zentrale Datenquelle geschaffen, in der Entwicklungsanforderung, CAD-Modelle und Stücklisten synchronisiert wurden. Projekt- und Entwicklungsstatus wurde für alle Beteiligten transparent, Zeitaufwände für manuelle Datenübertragungen reduzierten sich, das Fehlerrisiko bei Varianten sank und Entwicklungs- und Änderungsprozesse wurden spürbar schneller und prozesssicherer.

3. Ich sehe drei zentrale Trends, die PLM in den kommenden Jahren prägen werden: künstliche Intelligenz,

Bild: Autodesk



Jan Niestrath

Industry Manager Industrial Machinery bei Autodesk

1. PLM schafft Transparenz und Konsistenz über alle Produkt- und Prozessdaten hinweg. Und genau das ist die Basis, um Komplexität zu beherrschen, Ressourcen gezielt einzusetzen und letztlich auch die Vorteile von KI zu nutzen. Wenn wir zum Beispiel in unser Portfolio gucken, werden unsere Lösungen mittlerweile durch agentenbasierte KI-Tools

cloud-basierte Vernetzung und die zunehmende Bedeutung von Nachhaltigkeit.

KI wird in Zukunft aktiv Entscheidungen unterstützen: KI-Agenten werden industriellen Standards genügen, anwendungsspezifische Zusammenhänge verstehen und Ingenieure bei komplexen Aufgaben entlasten. In der Praxis reicht das von der fachübergreifenden Angebotserstellung bis hin zur Empfehlung konkreter Konstruktionslösungen.

Parallel dazu verschiebt sich PLM zunehmend in die Cloud. Teams arbeiten verteilt und eine zentralisierte Datenhaltung ermöglicht, Entwicklungsprozesse effizient und agil zu gestalten. Und das unabhängig davon, ob in der Konstruktion, Fertigung oder im Service. Diese Vernetzung ist essenziell.

Last but not least werden PLM-Systeme künftig noch stärker helfen, ökologische Kennzahlen wie Materialwahl, Recyclingquoten oder CO₂-Bilanz früh in die Produktentwicklung zu integrieren. Damit wird es möglich, fundierte Entscheidungen zu treffen, die nicht nur wirtschaftlich, sondern auch ökologisch sinnvoll sind.



Frank Schlupp

Mitglied der Geschäftsleitung
und Vertriebsleiter,
Orcon GmbH

1. Seit einem Jahr begleite ich bei Orcon die Einführung und Weiterentwicklung unserer PLM-Lösung Phoenix/PLM aus Sicht von Vertrieb und Marketing. Dabei erlebe ich täglich, wie stark die aktuellen Herausforderungen unsere Kunden prägen. Genau hier zeigt ein modernes PLM seinen strategischen Wert.

Besonders beeindruckt mich die Entlastung der Teams: Eine zentrale, saubere Datenbasis sorgt dafür, dass Wissen im System bleibt, nicht nur in Köpfen. Neue Mitarbeitende werden schneller produktiv, weil Prozesse, Produktstrukturen und Regeln klar dokumentiert und nachvollziehbar gesteuert werden. Variantenvielfalt wird beherrschbar, Ände-

rungen bleiben transparent. Ein weiterer Schwerpunkt ist für mich der Einsatz von KI in Phoenix/PLM. PLM-Systeme enthalten riesige Mengen technischer Datenblätter und Dokumentationen – ideale Grundlage für KI-gestützte Mehrwerte. KI kann fehlende Klassifikationen ergänzen, unklare Daten korrigieren und Zusammenhänge erkennen. So wird die Bauteilsuche intelligent: Eine Anfrage nach einem Bauteil mit 1000 g liefert auch 1014 g als möglichen relevanten Treffer. Aus einer passiven Datenablage wird ein aktiver Assistenzdienst im Engineering.

Auch Nachhaltigkeit profitiert: Materialien lassen sich automatisch prüfen, Alternativen finden und CO₂-relevante Daten frühzeitig berücksichtigen. Für mich steht fest: Ein modernes, KI-gestütztes PLM ist heute einer der wichtigsten Hebel, um mit weniger Personal schneller, sicherer und nachhaltiger entwickeln zu können. Deshalb treiben wir die Weiterentwicklung von Phoenix/PLM in diese Richtung konsequent voran.

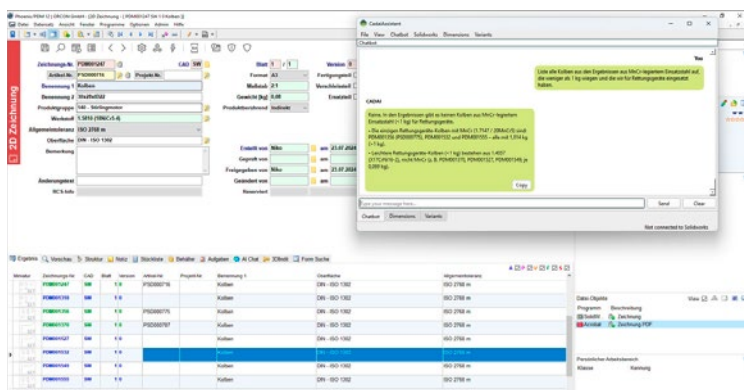
2. Bei unserem Kunden aus dem Maschinenbau führt eine automatisierte, regelbasierte Modellerzeugung bereits heute zu klar messbaren

Ergebnissen: Der Konstruktionsaufwand sinkt um 20 bis 30 Prozent. Individuelle Kundenprojekte lassen sich schneller und konsistenter umsetzen – ein entscheidender Vorteil in Märkten mit hoher Variantenanforderung.

3. Wir stehen erst am Anfang dessen, was KI im PLM leisten kann. Vier Einsatzbereiche stehen für mich im Fokus:

1. Automatisches Ergänzen fehlender Klassifikationen
 2. Intelligente, kontextbasierte Bauteilsuche
 3. Erkennen ähnlicher Teile zur Wiederverwendung
 4. Früherkennung von Inkonsistenzen in Produktstrukturen
- Phoenix/PLM entwickelt sich damit vom Datenspeicher zum aktiven Engineering-Assistenten.

„Neue Mitarbeitende werden schneller produktiv, weil Prozesse, Produktstrukturen und Regeln klar dokumentiert und nachvollziehbar gesteuert werden. Variantenvielfalt wird beherrschbar, Änderungen bleiben transparent.“



KI wird in Zukunft das Produkt Lifecycle Management noch stärker unterstützen.



Dr. Florian Harzenetter

Global Industry Advisor
bei PTC

1. Unabhängig von der spezifischen Herausforderung braucht es für mehr Effizienz immer die optimale Zusammenarbeit von verschiedenen Funktionen und Abteilungen im Unternehmen. Und das ist nur möglich, wenn Datensilos durch eine durchgängige technische Plattform ersetzt werden, die auf Produktdaten basiert und den ganzen Produktlebenszyklus umfasst – also einer PLM-Lösung. Als zentrale Quelle aktueller und zuverlässiger Daten ist sie au-

ßerdem Grundlage für KI-Agenten und andere KI-Tools, mit denen sich Herausforderungen noch effizienter angehen lassen – sei es der Fachkräftemangel, die Variantenkomplexität oder Nachhaltigkeitsanforderungen.

2. Da gibt es viele: BMW hat seine Time-to-Market um den Faktor 3 beschleunigt, Vaillant verzeichnet eine um 28 Prozent schnellere Implementierung von Änderungen. Der Windanlagen-Hersteller Vestas hat durch die Integration von Fertigungsdaten in Windchill die Anlaufzeiten in der Produktion reduziert und gleichzeitig die Rückverfolgbarkeit und Zuverlässigkeit verbessert – insbesondere bei komplexen Produkten mit Tausenden von Komponenten. Zudem konnten manuelle Aufgaben automatisiert werden. Volvo Construction Equipment hat mithilfe von Windchill bis zu 50 Prozent weniger späte Produktänderungen, 30 Prozent weniger Kosten durch Qualitätsmängel und bis zu 70 Prozent Effizienzgewinn durch verbesserte Arbeitsanweisungen, bis zu 40 % weniger doppelte Teile bis zu 30 Prozent weniger Dateneingabefehler.

3. Selbstverständlich künstliche Intelligenz. Unsere Windchill AI nutzt alle in Windchill gespeicherten Produktdaten, sodass Ingenieure Informationen nutzen können, um datengetriebene Entscheidungen zu treffen und Produkte effizienter zu entwickeln. Zusammen mit Codebeamer AI und ServiceMax AI bietet PTC agentenbasierte KI für den gesamten Digital Thread – deshalb sprechen wir vom Intelligent Product Lifecycle.

„Auch in unser Cloud-natives PLM System Arena haben wir einen KI-Assistenten integriert, der über eine natursprachliche Schnittstelle in Echtzeit kontextbezogenes Fachwissen und Best Practices für PLM- und QMS-Workflows liefert.“

Auch in unser Cloud-natives PLM System Arena haben wir einen KI-Assistenten integriert, der über eine natursprachliche Schnittstelle in Echtzeit kontextbezogenes Fachwissen und Best Practices für PLM- und QMS-Workflows liefert. Er unterstützt Nutzer unter anderem beim Durchsuchen von Änderungsaufträgen, bei der Verwaltung von

Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen (CAPAs), der Einhaltung von Rückverfolgbarkeit und Compliance. Und mit Arena Supply Chain Intelligence lassen sich durch KI-gesteuertes Echtzeit-Monitoring Lieferkettenrisiken reduzieren.



Dr. Steffen Kunnen

Lead Product Manager,
Revalize

1. Tatsächlich stellt der Fachkräftemangel die Fertigungsindustrie vor große Herausforderungen. Studien prognostizieren allein in Deutschland einen Engpass von 3,5 Millionen Arbeitskräften bis 2030. Diese Entwicklung wird sich auch im Engineering-Bereich bemerkbar machen.

- 1. Wie kann eine PLM-Lösung Unternehmen dabei unterstützen, aktuelle Herausforderungen in der Fertigungsindustrie - etwa Fachkräftemangel, Variantenkomplexität oder die Integration von Nachhaltigkeitsanforderungen - effizient zu bewältigen?**
- 2. Können Sie uns bitte ein Beispiel aus der Praxis nennen, in dem die PLM-Software zu verbesserter Produktentwicklung oder kürzerer Time-to-Market geführt hat?**
- 3. Welche technologischen Trends prägen aus Ihrer Sicht die Zukunft von PLM-Systemen, und wie bereiten Sie Ihre Lösung auf diese Entwicklungen vor?**

Um gleichzeitig den steigenden Anforderungen an Variantenvielfalt und Nachhaltigkeit gerecht zu werden, ist es entscheidend, Know-how im Unternehmen zu halten. Moderne PLM-Lösungen sichern Wissen zentral und digitalisieren Prozesse, sodass Expertise zukünftig genutzt werden kann. Außerdem stärken sie die Robustheit neuer Varianten und ermöglichen einen effizienten Übergang in eine nachhaltige Produktentwicklung.

2. Eines unserer Praxisbeispiele zeigt, wie Unternehmen mit der Einführung von Pro.File ihre Produktentwicklung signifikant beschleunigen können: Ein mittelständischer Maschinenbauer konnte die Durchlaufzeit von der Bestellung bis zur Auslieferung einer Maschine von 16 auf elf Wochen verkürzen, nicht zuletzt durch einen schnelleren Zugriff auf relevante Informationen. Dies steigerte die Projektkapazität und erschloss neue Umsatzpotenziale, da anschließend mehr Aufträge abgewickelt werden konnten. Die Integration mit bestehenden CAD- und ERP-Systemen ermöglichte automatisierte Abläufe, reduzierte Medienbrüche, beschleunigte Freigabeprozesse und verschaffte Teams Freiräume, um sich verstärkt auf wertschöpfende Tätigkeiten zu konzentrieren.

„Ein mittelständischer Maschinenbauer konnte die Durchlaufzeit von der Bestellung bis zur Auslieferung einer Maschine von 16 auf elf Wochen verkürzen, nicht zuletzt durch einen schnelleren Zugriff auf relevante Informationen.“

3. Automatisierung, künstliche Intelligenz und Nachhaltigkeit prägen die Zukunft von PLM. Zudem investieren Unternehmen in die Integration, Vernetzung und Vereinfachung ihrer Systemlandschaft. Pro.File bietet dafür eine offene, skalierbare Architektur, die On-Premise- und Cloud-Ansätze vereint, während der Digital Thread das zentrale Datenrückgrat für durchgängige Informationsflüsse bildet. Mit unserer Web-Strategie reagieren wir auf die steigende Nachfrage nach Agilität: Web-UIs ermöglichen einen flexiblen Zugriff auf Informationen und unterstützen moderne, generationsübergreifende Prozesse. Zusätzlich investieren wir in KI-basierte Funktionen, die Routineaufgaben automatisieren und Entscheidungsprozesse unterstützen. Damit ermöglichen wir unserer Kundschaft eine zukunftsfähige PLM-Strategie. *anm* ◀

3D-Druck für schwere Lasten

Ultimaker, die Königlich Niederländische Marine und Covestro stellten den 3D-Druck auf die ultimative Probe: die Konstruktion und Herstellung eines Bauteils, mit dem ein 12 Tonnen schweres gepanzertes Fahrzeug angehoben werden kann.

VON ANDY MIDDLETON

Wie stabil sind 3D-gedruckte Teile? Diese Frage stellen sich viele Ingenieure – insbesondere, wenn sie nach einsatzfähigen Technologien für missionskritische Anwendungen suchen. Auch die Königlich Niederländische Marine befasst sich damit. Schließlich kann die Kenntnis der Grenzen der eigenen Werkzeuge über Erfolg oder Misserfolg im Einsatz entscheiden.

Und genau das brachte Ingenieure von Ultimaker, einem Anbieter von 3D-Drucklösungen, Covestro, einem Hersteller hochwertiger Polymerwerkstoffe, und der Königlich Niederländischen Marine zusammen. Ihre Mission: 3D-gedruckte Teile auf Herz und Nieren zu prüfen. Aber sie wollten dabei nicht den herkömmlichen Weg gehen ...

Etwas wirklich Schweres heben

Herkömmlich misst man die Festigkeit eines Materials mit einer Zugprüfmaschine. Dabei wird eine kleine Probe gedruckt und einer großen Kraft ausgesetzt, bis sie bricht. Die auf das Teil ausgeübte Kraft geteilt durch die Oberfläche des mittleren Schnittpunkts zum Zeitpunkt des Bruchs ergibt die Festigkeit.

Diese Zahlen sind für Ingenieure zwar sehr aussagekräftig, aber manchmal gilt: Sehen ist Glauben. Um den Menschen wirklich vor Augen zu führen, wie stark 3D-gedruckte Teile sein können, starteten Covestro, die niederländische Königliche Marine und UltiMaker eine einzigartige Zusammenarbeit, um etwas wirklich Schweres zu heben. Aber was würde funktionieren? Hanteln? Ein Motorrad? Ein Auto? Vielleicht ein großer Jeep? Und dann fragte die niederländische Königliche Marine: „Warum nicht ein gepanzertes Fahrzeug?“

Entwurf des ersten Designs

Um ein schweres Fahrzeug mit einem 3D-gedruckten Teil anzuheben, fand zunächst eine Analyse der Hardware statt. Die Königlich Niederländische Marine verfügte über einen speziellen Hebetank, der mit zwei zu öffnenden Stahlringen an einen Kran und an Kabel angeschlossen wurde, die am angehobenen Fahrzeug befestigt wurden. Ein langgestrecktes, O-förmiges, im 3D-Druck gefertigtes Verbindungsstück würde diese beiden Metallringe verbinden und das schwere Fahrzeug anheben.

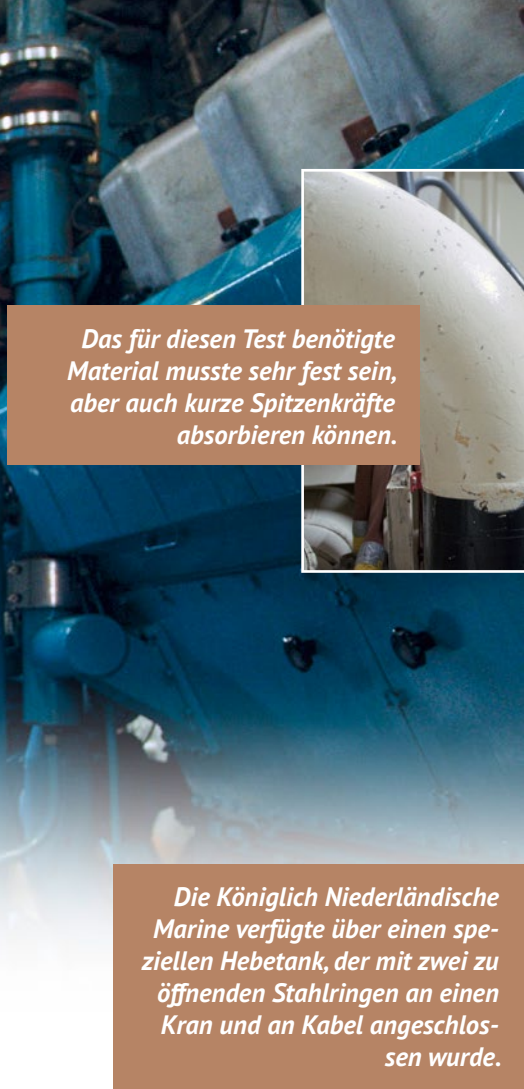
Nachdem die Geometrie der Stahlringe in die CAD-Software importiert worden

war, konnte Lars de Jongh, Anwendungsingenieur bei Ultimaker, den ersten Entwurf für das Verbindungsstück erstellen. De Jongh definierte die Designanforderungen:

- Das Verbindungsstück musste eine flache Seite haben, um einen stabilen 3D-Druck zu gewährleisten.
- Das Verbindungsstück musste mit Schichtlinien in derselben Richtung wie die auf das Teil einwirkenden Kräfte gedruckt werden.
- Die Kontaktfläche zwischen dem gedruckten Teil und den Metallringen sollte so groß wie möglich sein, um die Kräfte gleichmäßig zu verteilen.

Das richtige Material finden

Das für diesen Test benötigte Material musste sehr fest sein, aber auch kurze Spitzenkräfte absorbieren können. Der Ultimaker Marketplace bietet Hunderte von Materialien, von denen jedes eine einzigartige Kombination von Eigenschaften aufweist. In diesem Fall entsprach Addigy F1030 CF10 von Covestro den gestellten Anforderungen. Dieses Polymer auf Nylonbasis ist mit Kohlefaser verstärkt und kann mit dem Ultimaker Factor 4 oder der S-Serie ab dem Modell S5 unter Verwendung eines CC-Druckkerns gedruckt werden.



Das für diesen Test benötigte Material musste sehr fest sein, aber auch kurze Spitzenkräfte absorbieren können.

Die Königlich Niederländische Marine verfügte über einen speziellen Hebetank, der mit zwei zu öffnenden Stahlringen an einen Kran und an Kabel angeschlossen wurde.


Optimierung des Designs

Der 3D-Druck eines soliden, 2 Kilogramm schweren Verbindungsstücks dauert weniger lang als die Herstellung mit herkömmlichen Methoden. Allerdings war der Zeitaufwand dennoch ein kritischer Faktor, denn die richtige Geometrie galt es, mit mehreren Iterationen zu validieren. Daher wurde das Design vor dem Druck mithilfe von Computersimulationen optimiert.

Covestro hat die Kräfte digital auf das Design angewendet. Das Unternehmen setzte dazu eine Software ein, welche die genauen physikalischen Eigenschaften des Carbonfaser-Nylon-Materials kennt. Durch Simulationen konnte man ermitteln, wo das Design angepasst und wo Material entfernt werden musste. So entstand ein optimiertes Design, das mehr Gewicht heben konnte, dabei weniger Material benötigte und somit eine schnellere Produktionszeit bei geringeren Kosten ermöglichte.

Überprüfung der Simulation

Vor dem Anheben des schweren Fahrzeugs musste man die berechnete physikalische Festigkeit des gedruckten Teils



überprüfen. Es wurden zwei Designs für zwei Größen erstellt. Das erste war ein 1 Kilogramm schweres Verbindungsstück, das schätzungsweise 12 Tonnen aushalten konnte. Das zweite wog etwa 2 Kilogramm und konnte schätzungsweise 38 Tonnen aushalten. Die Königlich Niederländische Marine verfügt über einen industriellen Zugprüfgerät vor Ort, das bis zu 343 Kilonewton Kraft auf ein Objekt ausüben kann. Sowohl die ursprüngliche als auch die optimierte Version wurden für die große und die kleine Version getestet.

Das optimierte Design konnte einer höheren Kraft standhalten und wog dabei ein Drittel weniger. Die Differenz zwischen den Testergebnissen und den simulierten Zahlen war ebenfalls äußerst gering und lag im Durchschnitt nur bei 1 Prozent. Dies bestätigte, dass der Arbeitsablauf in Bezug auf die Markteinführungszeit und die Leistungssteigerung genau und rentabel war.

Heben von zwei Fahrzeugen

Nach mehreren Monaten Entwerfen, Drucken, Testen und Planen war es Zeit für die Umsetzung. Zwei Glieder sollten ein schweres Militärfahrzeug heben. Auf einem Stützpunkt der niederländischen Armee im Süden der Niederlande half die 13. Light Rhino Brigade mit einem gepanzerten Bergungsfahrzeug. Der Leopard 2 „Buffalo“ hat einen Kran an der Vorderseite und ist für die Bergung schwerer Fahrzeuge wie Lastwagen und Kampfpanzer ausgelegt.

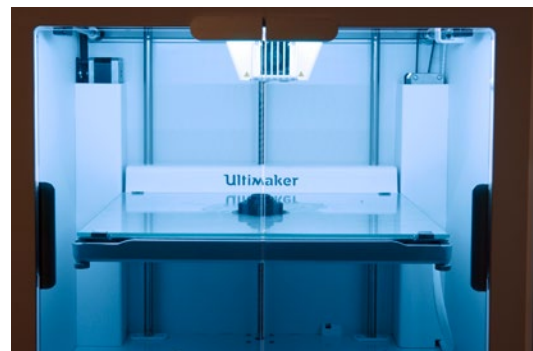
Zum Aufwärmen wurde die 1-Kilo-Verbindung verwendet, um eine Militärversion eines Mercedes-Jeeps mit einem Gewicht von über 2 Tonnen anzuheben. Dies war kein Problem: Das Fahrzeug ließ sich mühelos anheben. Dann kam die Zeit für etwas Größeres.

Das 2 kg schwere, mit Kohlefaser verstärkte Nylon-Verbindungsstück platzierte

man zwischen dem gepanzerten Fahrzeug M113 und dem Buffalo-Kran. Die Metallringe wurden festgezogen und vier Kabel wurden vom unteren Haken am Fahrzeug befestigt. Der Kran begann sich langsam nach oben zu bewegen. Die Kabel und das 3D-gedruckte Teil gerieten somit unter Spannung. Dann hob sich das 12 Tonnen schwere Fahrzeug langsam vom Boden ab und schwebte an einem 3D-gedruckten Verbindungsstück. Der Buffalo fuhr herum, aber das Verbindungsstück hielt perfekt.

Fazit und Ausblick

Das Projekt war nicht nur aufgrund der funktionierenden Verbindung ein Erfolg. Die CAD-Simulationen berechneten nicht nur Formen, sie lieferten vielmehr auch genaue Vorhersagen und berücksichtigten dabei das spezifische Material – und sogar die Faserrichtung. Obwohl alle Teile in ordnungsgemäß gewarteten Räumen



Das Polymer auf Nylonbasis ist mit Kohlefaser verstärkt und kann zum Beispiel mit Ultimaker-Druckern der S-Serie ab dem Modell S5 unter Verwendung eines CC-Druckkerns gedruckt werden.

gedruckt wurden und die Materialien keiner Feuchtigkeit ausgesetzt waren, gab es dennoch einen Unterschied zwischen den in einem trockenen Lager gedruckten Versionen und den Teilen, die mit bewusst getrockneten Filamentspulen in einem beheizten, trockenen Druckraum gedruckt wurden. Nylon nimmt Feuchtigkeit auf, was zu schwächeren Druckergebnissen führen kann. Es ist also wichtig, die Eigenschaften der Materialien zu kennen. anm ◀

Der Autor, Andy Middleton, ist Senior Vice President EMEA bei Ultimaker



Was auf die Industrie zukommt

Die EU verschärft ihre Cybersicherheitsregulierung. Fertigungsunternehmen stehen damit vor tiefgreifenden Veränderungen. Im Interview erläutert Andreas Fuchs, Director Product Management bei Drivelock, was die Regulierungen bedeuten, wo Handlungsbedarf besteht und wie digitale Souveränität gelingen kann.

AUTOCAD Magazin: NIS 2, CRA und CSA – die EU hat in den letzten Jahren verschiedene Sicherheitsrichtlinien entwickelt. Können Sie uns bitte erklären, wie sich Fertigungsunternehmen in diesem regulatorischen Umfeld zurechtfinden können?

Fertigungsunternehmen stehen vor der Herausforderung, drei zum Teil miteinander verknüpfte EU-Regelwerke zu verstehen und umzusetzen. Jede hat einen anderen Fokus, aber sie hängen eng zusammen.

Andreas Fuchs: Erstens: NIS 2 betrifft die Cybersicherheit kritischer Infrastrukturen und verpflichtet Unternehmen aus diesem Bereich zu strengen Sicherheitsmaßnahmen sowie Meldepflichten. Das ist für Fertigungsunternehmen relevant, wenn sie als „wesentliche“ oder „wichtige Einrichtungen“ eingestuft werden.

CRA fokussiert auf die Sicherheit vernetzter Produkte (zum Beispiel IoT-Geräte, Software) und verlangt von Herstellern, Cybersicherheit über den gesamten Produktlebenszyklus zu berücksichtigen. Dies betrifft direkt die Produktentwicklung und -vermarktung in der Fertigung.

Und schließlich bietet CSA einen Rahmen für EU-weite Zertifizierungen von IKT-Produkten, -Dienstleistungen und -Prozessen. Diese Zertifizierungen können sowohl für NIS 2 als auch CRA verpflichtend oder empfohlen sein.

Was sollte bei den Sicherheitsverantwortlichen jetzt ganz oben auf der Agenda stehen, was die Umsetzung angeht?



Bild: Drivelock

Andreas Fuchs, Director Product Management bei Drivelock.

Andreas Fuchs: Für die Sicherheitsverantwortlichen sollten folgende Punkte Priorität haben und ihnen damit bei der Umsetzung helfen:

1. Absicht der Regelwerke verstehen und deren Anwendbarkeit prüfen: Welche Richtlinien gelten für das eigene Unternehmen?
2. Compliance-Strategie entwickeln: Um Synergien zu nutzen und Doppelaufwände zu vermeiden, braucht es eine koordinierte Umsetzung der entsprechend relevanten Richtlinien und möglichen Zertifizierungen.
3. Produktentwicklung anpassen: Sicherheitsanforderungen von CSA, CRA und ähnlichen Regularien bereits in der Designphase berücksichtigen.

Wo sehen Sie derzeit den größten Handlungsbedarf, was die Cybersicherheit in diesen Unternehmen betrifft?

Andreas Fuchs: Der größte Handlungsbedarf liegt aktuell in der Vereinfachung und Systematisierung der Cybersicherheit. Unternehmen sehen sich einer Vielzahl von Bedrohungen gegenüber – von gezielten Ransomware-Angriffen über Supply-Chain-Attacken bis hin zu Schwachstellen in vernetzten Produkten. Gleichzeitig existieren unzählige Sicherheitslösungen, Tools und Frameworks, die oft isoliert sind und komplex implementiert werden müssen.

Diese Fragmentierung macht Cybersicherheit unnötig kompliziert, obwohl sie einfach und effektiv sein sollte. Gerade im Kontext von NIS 2 können Sicherheitsverantwortliche den Überblick bewahren, wenn sie auf integrierte Lösungen setzen.

Können Sie uns bitte ein Beispiel dafür nennen?

Andreas Fuchs: Ein konkretes Beispiel für die Bedrohungslage ist der Malware-Angriff auf Produktionsanlagen, bei dem Angreifer über unsichere IoT-Geräte oder veraltete Software in das Unternehmensnetzwerk eindringen und kritische Systeme lahmlegen. Solche Angriffe können nicht nur den Betrieb stoppen, sondern auch regulatorische Konsequenzen bis hin zur Führungsebene nach sich ziehen, zum Beispiel aufgrund von Verstößen gegen Meldepflichten gemäß NIS 2. Hierbei kann auch die Geschäftsleitung für die Umsetzung von Cybersicherheits-



maßnahmen persönlich zur Verantwortung gezogen werden, mit Bußgeldern bis zu 10 Millionen Euro oder 2 Prozent des weltweiten Umsatzes. Damit wird Cybersicherheit endgültig zur Chefsache und erfordert aktives Engagement sowie fundierte Entscheidungen auf Vorstandsebene.

Eine Plattform-Lösung mit integrierten Security Controls, die die Anforderungen relevanter Richtlinien abdeckt, kann hier Abhilfe schaffen. Sie ermöglicht die zentrale Verwaltung von kritischen Sicherheitsmaßnahmen. Übersichtliche Dashboards und transparentes Reporting unterstützen bei Compliance-Prüfungen und Audits.

Dadurch wird Cybersicherheit nicht nur wirksam, sondern auch besser, transparent und einfacher zu managen. Das ist ein entscheidender Vorteil für Fertigungsunternehmen, die sich der zunehmenden Komplexität regulatorischer Vorgaben und einer wachsenden Cyberbedrohungslandschaft stellen müssen.

Abgesehen von der Technik: Welche Kriterien braucht es außerdem für eine leistungsfähige und resiliente Sicherheitsinfrastruktur?

Andreas Fuchs: Ein wichtiger Aspekt ist aktuell, das Bewusstsein der Mitarbeitenden für Cybersicherheitsrisiken zu schärfen. Ein hoher Anteil erfolgreicher Cyberattacken ist auf menschliches Versagen oder Fehlverhalten zurückzuführen. Angreifer nutzen gezielt den Menschen aus, um über Phishing-E-mails und Social Engineering an sensible Daten zu gelangen oder diese zu verschlüsseln.

Ohne Security Awareness ist ein Security-Konzept nicht umfassend genug, und Unternehmen bleiben verwundbar. Ein typisches Beispiel ist Phishing, das oft als Einfallstor für größere Angriffe dient. Organisationen sollten daher ihre Mit-

arbeitenden kontinuierlich schulen und für Sicherheitsrisiken sensibilisieren.

Wie erklären Sie sich die Tatsache, dass die Unternehmen und auch die Behörden nach wie vor auf Sicherheitslösungen nicht-europäischer Anbieter vertrauen?

Andreas Fuchs: Das Vertrauen in nicht-europäische Sicherheitslösungen lässt sich vor allem durch deren technologische Reife, Marktverfügbarkeit und Integrationsfähigkeit erklären. Viele dieser Anbieter haben sich über Jahre etabliert und bieten bewährte, skalierbare Lösungen oft mit globalem Support und Ökosystem.

Wir setzen digitale Souveränität nicht automatisch mit totaler Abschottung gleich. Es geht nicht darum, sich von internationalen Technologien abzugrenzen, sondern darum, selbstbestimmt über Lösungen zu entscheiden unter Berücksichtigung von Sicherheit, Compliance und strategischer Kontrolle.

Dennoch bleibt es gerade im Kontext von NIS 2 essenziell, dass Unternehmen umfassende und interoperable Sicherheitslösungen gemäß europäischen Anforderungen nutzen.

Welche Probleme sehen Sie beim Einsatz dieser Lösungen?

Andreas Fuchs: Der Einsatz nicht-europäischer Sicherheitslösungen bringt mehrere Herausforderungen mit sich. Im Fokus stehen dabei insbesondere folgende Punkte:

1. Unklare Datenschutzstandards: Die Anbieter unterliegen gegebenenfalls nicht der EU-DSGVO, was zu Compliance-Risiken führen kann.
2. Geopolitische Risiken: Politische Spannungen oder Exportbeschränkungen können die Verfügbarkeit und Integrität von

Sicherheitslösungen beeinträchtigen.

Aber, wie oben bereits gesagt: Es geht darum, dass Unternehmen bewusst und kontrolliert entscheiden können, welche Lösungen sie einsetzen. Natürlich idealerweise solche, die zertifizierbar sowie mit europäischen Standards und Compliance-Vorgaben kompatibel sind.

Inwiefern können Behörden und staatliche Institutionen eine Vorbildfunktion

Vorbildlich wäre es, wenn staatliche Einrichtungen bei der Auswahl und Einführung digitaler Lösungen auf nationale oder europäische Standards hinsichtlich Sicherheit, Datenschutz und Kontrolle achten. Andreas Fuchs

in Sachen digitale Souveränität übernehmen?

Andreas Fuchs: Vorbildlich wäre es, wenn staatliche Einrichtungen bei der Auswahl und Einführung digitaler Lösungen auf nationale oder europäische Standards hinsichtlich Sicherheit, Datenschutz und Kontrolle achten. Solch eine Vorgehensweise sendet ein starkes Signal an andere gesellschaftliche Akteure, schafft Vertrauen und gibt Orientierung. Nicht zuletzt fördert es auch Innovation und leistet einen entscheidenden Beitrag zur digitalen Resilienz Deutschlands und Europas.

anm ◀

Herr Fuchs, herzlichen Dank für das Gespräch.

Für die Automatisierung im Mittelstand

Investitionshürden bremsen die Automatisierung im Mittelstand aus. Delta Electronics und JP Industrieanlagen wollen das ändern. Michael Mayer-Rosa, Senior Director der Industrial Automation Business Group EMEA bei Delta Electronics, und Johann Paulus, Geschäftsführer von JP Industrieanlagen, erläutern, wie sie sich den Weg zur digitalen Produktion vorstellen.



Autocad Magazin: Wo sehen die wichtigsten Herausforderungen, was die Industrieautomation in mittelständischen Unternehmen betrifft?

Michael Mayer-Rosa: Die Hürde, die ich momentan sehe, ist, in die Robotik zu investieren und sie einzusetzen. Fragen, die sich stellen, sind: Wer kann die Systeme bedienen, und was brauche ich dafür? Was man tatsächlich alles automatisieren kann, ist vielen Mittelständlern noch

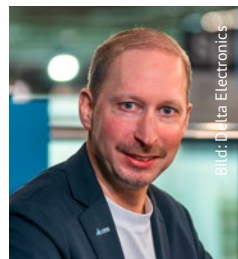
nicht bewusst, und hier aufzuklären, ist jetzt wichtig. Wir gehen also durch die Fabrik und sagen, so und so könnte die Lösung aussehen.

Johann Paulus: Das sehe ich genauso. Die Unternehmen sind vorsichtig und fragen: „Was brauche ich denn da alles dafür, welche Facharbeiter und Ingenieure, damit ich das überhaupt umsetzen kann? Man sieht schon, dass das noch Neuland ist. Ich sehe das bei einem Kunden. Er müsste erst schauen, dass er auch die Fachleute dafür hat.“

Da kann ich ihm nicht beipflichten. Denn es ist relativ einfach, je nachdem, welche Anwendungen man hat. Wie Herr Mayer-Rosa schon gesagt hat: Man muss sich das Unternehmen anschauen, und dann sagt man: Ja, hier kann man das machen, hier kann man etwas anderes machen. Und dann gibt es auch die Frage nach der Größe der Investition. Die Unternehmen sagen dann, dass 100.000 Euro leichter zu stemmen sind als eine Investition von 500.000. Auch das ist eine Hürde.

Was gab den Ausschlag, dass Delta Electronics und JP Industrieanlagen zusammenarbeiten?

Michael Mayer-Rosa: Wir als Delta führen die Projekte nicht direkt mit dem Endkunden durch. Wir können und wollen aber unser Ecosystem mit Partnern aufbauen, und fokussieren und dazu in ver-



Michael Mayer-Rosa, Senior Director der Industrial Automation Business Group EMEA bei Delta Electronics.

schiedenen Bereichen: die generelle Automatisierung, Machine Vision-Technologie und Welding. Dann gibt es noch den Bereich Logistik. Das sind die Schwerpunkte, wo wir unterwegs sind, und dafür setzen wir auf die Partner.

Und JP kannten wir natürlich durch Neura. Wir wussten, dass sie die Systeme schon kennen. JP bringt hier ein großes Wissen und Flexibilität mit. Der Kunde muss nicht warten. JP arbeitet zügig, schnell und gut

organisiert. So passt das gut zusammen. Und Delta ist nicht nur in der Robotik interessant für JP, sondern auch, was andere Produkte betrifft.

Johann Paulus: Dem kann ich nur zustimmen. Wir sind ja schon vor zweieinhalb Jahren eine Partnerschaft mit Neura Robotics eingegangen. Sie haben das alles auf den Punkt gebracht.

Wie sprechen Sie die mittelständischen Unternehmen konkret an und welchen Nutzen vermitteln Sie?

Michael Mayer-Rosa: Wir machen Kampagnen und Werbung. Unser Sales-Team ist aktiv vor Ort und macht Kunden ausfindig. Dann sprechen wir darüber, wie realistisch das Projekt für uns ist. Wenn das passt, dann übergeben wir das an das Team von Herrn Paulus. JP macht dann alles von der Umsetzung, Auslieferung bis zum Set-up.

Johann Paulus: Auch wir machen Werbung. Wir haben auch größere, langjährige Kunden, auf die wir zugehen und das Produkt mit anbieten. Wir bieten den Kunden auch Machbarkeitsstudien an. Und dann können sie sagen: Ja, wir machen weiter, und es wird zum Projekt.

Könnten Sie uns schon ein Beispiel für ein Projekt nennen?

Michael Mayer-Rosa: Sie wissen ja selbst, wie das ist: Über Projekte und Kunden können wir nicht sprechen, aber wir arbeiten an verschiedenen Themen. Die Pipeline füllt sich jetzt mehr und mehr. Mit jeder Messe erreichen wir mehr Sichtbarkeit. Jedenfalls, Projekte sind da, aber die Kunden zögern noch.

Der Markt muss automatisieren in Deutschland, sonst verlieren wir den Anschluss an den Wettbewerb. Ein Kunde wird beispielsweise von den Automotiv-OEMs dazu angehalten, die Kosten zu reduzieren, mit dem Verweis auf eine Alternative aus Asien. Die sagen: 'Wenn ich mit Dir weiterarbeite, dann musst Du mal etwas tun.' Der Kunde muss also jetzt erst einmal investieren, um die Kosten herunterzubekommen. Da geht es momentan langsam.

Leasingsysteme bieten da einen Vorteil: Statt 100.000 Euro zahlt der Kunde beispielsweise 1100 Euro Leasingrate, 36 Monate lang und gibt dann das System zurück oder löst es aus. Dann Investitionshürden beseitigen, aber, das haben wir mittlerweile auch gelernt, das geht nicht bei jedem Kunden.

Welche Trends sehen Sie in der Industrieautomation in den kommenden zwei bis drei Jahren?

Michael Mayer-Rosa: Mensch und Maschine arbeiten zusammen und können Aufgaben gemeinsam meistern. Der Roboter macht beispielsweise eine Bestückung mit großen Bauteilen. Kleinteile auf das Band auflegen, das macht immer noch der Mensch immer noch. Wenn der Mensch dann weg ist, kann der Roboter dann auch einmal alles machen. Das ist der erste Trend.

Der zweite Trend: Wenn ich den Roboter schon habe – meine Produktion ist ja schon weitgehend digital – dann kann ich da auch schon einen digitalen Zwilling daraus machen. Damit kann mehr sehen und analysieren, und da



Delta Electronics und JP Industrieanlagen arbeiten zusammen.

Bild: Delta Electronics/JP Industrieanlagen

kommt wiederum das Thema künstliche Intelligenz mit hinein. Denn wenn ich alle Daten vorliegen habe, kann ich diese einfach über KI Algorithmen laufen lassen und sagen, wo ich noch simulieren muss und optimieren kann.

Der dritte Trend ist dann die Digitalisierung der gesamten Anlage bis hin zur Digital Factory.

Und was die Formen der Robotik betrifft: Das sind immer noch zuerst die Cobots. Gerade der Mittelstand ist noch mit dieser Technologie beschäftigt und wäre mit der humanoiden KI ziemlich überfordert. Ich hatte Gespräche mit Kunden, die zu Robotik und Automatisierung recherchiert haben. Und dann stießen sie auf humanoiden Roboter, KI und Datenschutz. Das wollen sie nicht. Diese Lösungen kann man nicht einfach kaufen und einsetzen, aber es wird so dargestellt.

Johann Paulus: Genau, das kann ich bestätigen. Bei den humanoiden Robotern brauchen wir noch zwei, drei Jahre, bis wir so weit sind. Aber es gibt hier schon die ersten Interessenten, die jetzt schon mit dabei sein wollen. Aber im Großen und Ganzen dreht es sich immer noch um die Roboter. Und bei den Kunden, sei es in der Medizintechnik, sei es im Bereich Automobilbau, geht es schon noch sehr viel um die Roboter.

Herr Paulus, Sie hatten es ja eingangs schon angesprochen: Was würden Sie sich im Hinblick auf die politischen Rah-

menbedingungen für den Mittelstand wünschen?

Johann Paulus: Da muss die Politik schon einiges tun. Wenn ich in Deutschland investiere in Deutschland, gerade in Bereichen wie der Robotik, dann bekomme ich fast keine Unterstützung von der Regierung. Wenn ich aber die osteuropäischen Länder anschau – ich habe gerade mit Rumänien zu tun – erhalten die Unternehmen hohe Subventionen. Und würden wir in Deutschland in diesem Bereich auch ein bisschen gefördert werden, da würde sich mit Sicherheit auch viel mehr tun.

Und man muss aufpassen: Nicht nur die riesengroßen Player unterstützen, sondern vielleicht auch die mittelständischen und kleinen Unternehmen. Dann wird auch da mehr investiert.

Michael Mayer-Rosa: Iel-leicht noch ein Punkt dazu: Wenn es denn Gelder gibt – manche Kommunen unterstützen ja die Unternehmen – dann braucht es viel Papierkrieg, bis einmal Geld

fließt. Der Mittelstand hat aber einfach nicht das Personal dafür, die Bürokratie zu managen. Die Großen, wie Herr Paulus sagt, die haben den Apparat, die können das machen und die bekommen auch Geld. Aber der Mittelstand wird erst einmal ganz genau bewertet: Deshalb auch unser Ansatz: Wir müssen etwas anders machen, weil die Politik zu langsam ist. Wir gehen andere Wege, und das testen wir jetzt auch mit JP zusammen. *anm* ◀

Herr Paulus, Herr Mayer-Rosa, vielen Dank für das Gespräch.



Johann Paulus, Geschäftsführer von JP Industrieanlagen.

Bild: JP Industrieanlagen

Pick-by-Light-Kommissioniersystem.

Retrofit als ganzheitlicher Prozess

Heel, einer der weltweit führenden Hersteller natürlicher Arzneimittel mit Hauptsitz in Baden-Baden, Deutschland, beauftragte die Erneuerung seines bestehenden Pick-by-Light-Kommissioniersystems. Heitec und Heisab konnten die Aufgabe erfolgreich umsetzen. **VON STEVEN LIESIGK**

Das in die Jahre gekommene Pick-by-Light-Kommissioniersystem sowie die angebundene Fördertechnik bei Heel sollten modernisiert werden, um die Effizienz zu erhöhen und Zukunftssicherheit zu gewährleisten. Ziel war vor allem, die vorhandene Software, sowie die teilweise veraltete Hardware, abzulösen und die gesamte Funktionalität der Materialfluss-Steuerung direkt in SAP EWM zu integrieren. Heitec und Heisab bearbeiteten den Auftrag gemeinsam.

Realisierung

Um eine reibungslose Systemintegration in das bestehende SAP EWM sicherzustellen, analysierten Heisab und Heitec in einer umfassenden Voruntersuchung

gemeinsam mit dem Kunden die bestehenden Abläufe, identifizierten Optimierungspotenzial und definierten die Anforderungen präzise. Dies ermöglichte eine klare Budgetierung sowie eine verlässliche Terminplanung.

In der anschließenden Umsetzungsphase wurden strukturierte Arbeitspakete nach Priorität und Kompetenzbereich gebildet, um die Komplexität des Gesamtprojekts zu reduzieren. Die schrittweise Umsetzung führte zu schnell sichtbaren Ergebnissen und einem transparenten Projektfortschritt.

Um das beleglose Kommissionierverfahren Pick-by-Light, das die Mitarbeiter mit Lichtsignalen – ähnlich einem Ampelsystem – durch den Kommissioniervorgang leitet, in SAP EWM MFS

(Material Flow System) zu integrieren, wurde die Steuerung der Fördertechnik überarbeitet und zusammen mit den neuen Waagen und der weiteren Pick-by-Light-Hardware nahtlos an SAP EWM (Heisab) und SPS (Heitec) angebunden.

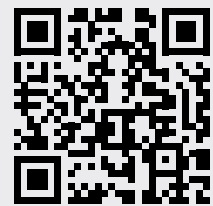
Durch den Einsatz eines digitalen Zwillings konnten umfangreiche Tests und die Simulationen der neuen SPS-Logik vor der Inbetriebnahme virtuell durchgeführt werden. So erfolgte die Inbetriebnahme in Anschluss schnell, fehlerarm und effizient.

Das Projekt wurde in enger Zusammenarbeit von Heisab und Heitec realisiert. Durch die erfolgreiche Kooperation konnte das Pick-by-Light-System nicht nur modernisiert, sondern auch vollständig in SAP EWM integriert werden. Das Ergebnis

NEWS LETTER

öffnen

AUGEN



**Sichern Sie sich jetzt
Ihren wöchentlichen kostenfreien
Newsletter!**

[www.autocad-magazin.de/
newsletter/](http://www.autocad-magazin.de/newsletter/)

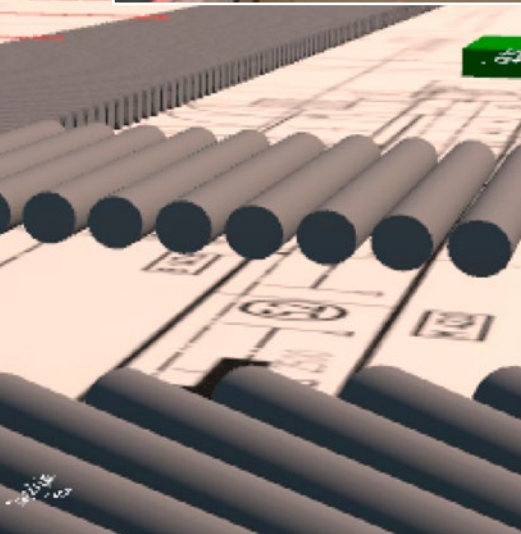
AUTOCAD
Konstruktion, Simulation, Generatives Design und Digitale Fabrik **MAGAZIN**

**WIN
VERLAG**

Bild: Cookie Studio / Shutterstock.com



**Paket-
Scanning.**



reduzierte Fehlerquote im Kommissionierprozess. Die Lösung überzeugt zudem durch ihre modulare Struktur und agile Projektphasen, die eine hohe operative Flexibilität ermöglichen. Dank des Einsatzes eines digitalen Zwillings und umfassender Vorab-Tests konnte ein schnelles und sicheres Go-live realisiert werden. Nicht zuletzt gewährleistet die konsequente Nähe zum SAP-Standard eine langfristige Wartbarkeit, Informations- und Investitionssicherheit.

Heitec versteht Retrofit als ganzheitlichen Prozess: Von der Bestandsaufnahme und Erstellung eines detaillierten Berichts über eine Fein-Spezifikation und Pflichtenhefterstellung bis hin zur Planung und Umsetzung der Projekte. Dieser Service umfasst die Identifikation von Optimierungspotenzialen, Budgeterstellung und eine umfassende Umbau- und Anpassungsplanung. Auch die Beschaffung der notwendigen Komponenten und Systeme wird koordiniert. Zudem werden Schulungen und Produktionsbegleitung angeboten, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Optional wird eine Bewertung der Maschinensicherheit durchgeführt, für neue und alte Maschinen. Mit einer Risikobeurteilung nach EN ISO 12100 erhalten Kunden eine direkte Übersicht über den Sicherheitsstatus und Handlungsbedarf der geprüften Maschine. Weiterführend werden Kunden auch gerne durch den gesamten Konformitätsprozess begleitet. *anm* ◀

Steven Liesigk, der Autor, ist Branchenmanager Intralogistik bei der Heitec AG.



sind schlanke und transparente Prozesse, eine zuverlässige Kommunikation zwischen SPS und SAP sowie eine spürbare Reduzierung von Fehlern im Kommissionierprozess. Der hybride Projektansatz mit digitalem Zwilling, der das Gesamtprojekt nach klassischem Vorbild aufsetzt, jedoch immer wieder agile Sprints einbaut, ermöglichte einen reibungslosen Projektablauf und einen schnellen Produktivstart. Mit dem SAP EWM MFS und dem digitalen Zwilling verfügt der Kunde über eine zukunftsichere Lösung, die Effizienz und Wartbarkeit langfristig gewährleistet.

Kundennutzen

Der Kundennutzen zeigt sich in mehreren entscheidenden Aspekten. Durch die vollständige Integration in SAP EWM entfällt der Bedarf an zusätzlicher Middleware, was die Systemlandschaft vereinfacht, und die Effizienz steigert. Die direkte Kommunikation zwischen SPS und SAP erhöht die Prozesssicherheit. Gleichzeitig sorgt die moderne Pick-by-Light-Technologie für eine deutlich

Wie Software den Materialfluss steuert



Die neue Lösung von EVO Informationssysteme ermöglicht es, Transportaufgaben zwischen Maschinen, Lager- und Montagebereichen vollständig automatisiert zu steuern.

Die neue Lösung der EVO Informationssysteme GmbH ermöglicht es, Transportaufgaben zwischen Maschinen, Lager- und Montagebereichen vollständig automatisiert zu steuern. Dabei übernimmt EVOorchestration die zentrale Rolle in der Prozesskette: Die Software erstellt und verteilt Transportaufträge automatisch – sowohl an autonome Mobilroboter (AMR) verschiedener Hersteller als auch an Mitarbeiter im Betrieb.

„Mit EVOorchestration bringen wir die innerbetriebliche Logistik auf das nächste Level der Digitalisierung“, erklärt Jürgen Widmann, Geschäftsführer der EVO Informationssysteme GmbH. „Unsere Lösung vernetzt Mensch, Maschine und Roboter – unabhängig vom Hersteller – und sorgt so für einen durchgängigen Materialfluss im gesamten Produktionsumfeld.“

Demofabrik in Schwäbisch Gmünd

Um die erfolgreiche Umsetzung einem größeren Publikum vorzustellen, erfolgte

Mit EVOorchestration hat die EVO Informationssysteme GmbH über mehrere Jahre eine Softwarelösung zur automatisierten Generierung, Erfassung und Steuerung von Transportaufgaben für Mobilroboter entwickelt. Für einen Kunden wurde nun das erste Mobilroboterprojekt erfolgreich umgesetzt.

die Erstinbetriebnahme in der Demofabrik Smart Factory in Schwäbisch Gmünd. Die Software EVOorchestration kommuniziert über etablierte Standards wie VDA 5050 mit unterschiedlichen Flottenmanagern und kann so Roboter verschiedener Hersteller im Hybridbetrieb parallel steuern. Durch diese Offenheit ist eine flexible Erweiterung bestehender Systeme möglich. Zugleich kann die Software mit dem ERP- oder PPS-System gekoppelt werden, um darüber die übergeordnete Prozesssteuerung zu übernehmen.

Der Einsatz des Leitsystems ermöglicht eine schnelle und einfache Integration von Mobilrobotern in die Intralogistik. Mithilfe des MES-Systems EVOperformance können Maschinen in Echtzeit überwacht und Transportaufträge automatisch auf Basis des Fertigungsfortschritts ausgelöst werden. Dadurch wird auch in Spät- und Nachschichten eine autonome Versorgung von Maschinen und Werkstationen gewährleistet – ein entscheidender Vorteil für den mannlosen Betrieb in modernen Fertigungsumgebungen.

Vielseitige Anwendungen

Die Anwendungsmöglichkeiten von EVOorchestration sind vielfältig: von der Materialversorgung über den Teiletransport bis hin zur Bereitstellung von Werkzeugen oder der automatisierten Entsorgung von Spänen. Besucher des

Workshops „Digitalisierte Betriebsorganisation“ am 5. November 2025 in Schwäbisch Gmünd konnten sich bei einer Live-Vorführung von der Leistungsfähigkeit des Systems überzeugen.

Die erfolgreiche Umsetzung zeigt eindrucksvoll: EVO treibt die Automatisierung und Digitalisierung in der Produktion immer weiter mit neuen Ideen und Konzepten voran – und liefert schon heute die Lösungen, mit denen die digitale Fabrik von morgen Wirklichkeit wird.

anm ◀

Bild: EVO Informationssysteme GmbH



INFO: EVO INFORMATIONSSYSTEME GMBH

Die EVO Informationssysteme GmbH entwickelt seit über 25 Jahren (Gründungsjahr 1997) praxisnahe und modulare Softwarelösungen für Industrieunternehmen. Der Fokus liegt auf Effizienzsteigerung, Ressourcenschonung und nachhaltiger Wettbewerbsfähigkeit – mit Blick auf dynamische Märkte und globale Herausforderungen.

Anlagenbau & Verfahrenstechnik · Antriebstechnik · Architektur & Bauwesen · Elektrotechnik & Elektronik · GIS & Infrastruktur · Industrial Design & Visualisierung · Fluidtechnik · Konstruktionsbauteile · Mechanik & Maschinenbau · Normelemente · Safety · Sensorik · Verbindungstechnik

Anlagenbau & Verfahrenstechnik

Die Kernkompetenz der Contelos GmbH...



liegt in der integrativen Bearbeitung der Projekte. Kompetente Beratung mit der Erfahrung aus 18 Jahren im Autodeskgeschäft sichern Ihren Projekterfolg durch: Projektbegleitung – CAD-Richtlinien-Zertifizierte Trainings. Unsere Geschäftsstellen finden Sie in Gehrden und Bremen.

Contelos GmbH

Robert-Bosch-Str. 16, 30989 Gehrden
Tel.: 0 51 08 / 92 94-0, Fax: 0 51 08 / 92 94-0
E-Mail: info@contelos.de
Internet: www.contelos.de

Antriebstechnik

WENN ES UM KUPPLUNGEN GEHT, DENKEN WIR EXTREM FLEXIBEL



Dank unseres flexiblen, modularen Baukastensystems im Bereich Metallbalg- und Elastomerkupplungen können wir Ihnen aus Standardkomponenten immer eine schnelle Kupplungslösung anbieten. Neben unserem Standardprogramm bieten wir auf Wunsch auch Kupplungen für Sonderlösungen an.

JAKOB Antriebstechnik GmbH

Daimler Ring 42, 63839 Kleinwallstadt
Tel.: +49 (0) 6022 2208 0, Fax: +49 (0) 6022 2208 22
E-Mail: info@jakobantriebstechnik.de
Internet: www.jakobantriebstechnik.de

Antriebstechnik

Wir treiben Ideen an - ABM Greiffenberger Antriebstechnik



Als international führender Systemanbieter anspruchsvoller, leistungsfähiger Antriebslösungen für Maschinen, Anlagen und mobile Geräte, bietet ABM Greiffenberger kunden- und applikationsspezifische Produkte, die ein Maximum an Effizienz und Zuverlässigkeit gewährleisten.

ABM Greiffenberger Antriebstechnik GmbH

Friedenfelser Straße 24, 95615 Marktredwitz
Tel.: +49 9231 67-0, Fax: +49 9231 67-5145
E-Mail: info@abm-antriebe.de
Internet: www.abm-antriebe.de

Antriebstechnik

Schweizer Spezialist für Qualitätsantriebe



maxon ist der führende Anbieter von hochpräzisen Antriebssystemen. Seit über 60 Jahren entwickelt und baut der Schweizer Antriebsspezialist DC- und EC-Motoren. Die Produktpalette umfasst zudem Getriebe, Encoder, Steuerungen sowie komplette mechatronische Systeme.

maxon motor gmbh

Truderinger Straße 210
81825 München
E-Mail: info.de@maxongroup.com
Internet: www.maxongroup.de

Antriebstechnik

Experte für Antriebs- und Automatisierungstechnik



Baumüller ist ein führender Hersteller elektrischer Automatisierungs- und Antriebssysteme. An sechs Produktionsstandorten und in über 40 Niederlassungen weltweit arbeiten rund 1.950 Mitarbeiter an intelligenten Systemlösungen für den Maschinenbau und die E-Mobilität.

Baumüller Nürnberg GmbH

Ostendstraße 80-90, 90482 Nürnberg
Tel.: 0911/5432-0, Fax: 0911/5432-130
E-Mail: mail@baumueller.com
Internet: www.baumueller.com

Antriebstechnik

Der smarte Weg zum perfekten Getriebe



Neugart ist das Familienunternehmen unter den Getriebeherstellern. 1928 gegründet, ist die Firma bis heute und mittlerweile in der vierten Generation inhabergeführt. Neugart GmbH entwickelt, produziert und vertreibt Planetengetriebe und kundenspezifische Sondergetriebe.

Neugart GmbH

Keltenstraße 16, 77971 Kippenheim
Tel.: 07825 847 0, Fax: 07825 847 299
E-Mail: sales@neugart.com
Internet: www.neugart.com

Antriebstechnik

Antriebstechnik made in Kelheim



Die Heidrive GmbH ist ein innovativer Antriebsspezialist mit rund 300 Mitarbeiter/innen und hat ihren Sitz in Kelheim. Unsere kundenspezifischen Antriebslösungen werden in den Branchen Industrie, Robotik, Medizin-, Labor-, 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

Antriebstechnik

Rollon – Modulare Linear-technik für Ihre Automation



Seit mehr als 40 Jahren hat sich Rollon auf die Entwicklung und Produktion von linearen Bewegungssystemen spezialisiert. Heute gehört das internationale Unternehmen zu den weltweit führenden Komplettanbietern für Lösungen im Bereich der Lineartechnik und der linearen Automation.

Rollon GmbH Lineartechnik

Bonner Straße 317-319, D-40589 Düsseldorf
Tel.: +49 (0) 211 95 747 -0, Fax: +49 (0) 211 95 747 -100
E-Mail: info@rollon.de
Internet: www.rollon.com

Wir machen Ihre Antriebe
komfortabel und zuverlässig



Im Laufe von mehr als 70 Jahren hat sich SGF zum Marktführer in der Drehmomentübertragung entwickelt. Die einzigartigen, fadenverstärkten Kupplungen und Antriebswellen werden in kleinen Pumpenantrieben bis hin zu großen Industrieanlagen verwendet.

SGF GmbH & Co.KG

Graslitzer Straße 14, 84478 Waldkraiburg
Tel.: +49 8638 605 588
E-Mail: Industry@sgf.com
Internet: www.sgf.com

Hersteller von Wälzlagern
und Spindeleinheiten



Entwicklung, Konstruktion und Herstellung von Wälzlagern bis zu einem Außendurchmesser von 1600 mm sowie Werkzeugmaschinen-spindeln. Rekonditionierung von Wälzlagern und Reparatur von Werkzeugmaschinen-spindeln. Beides auch von Fremdfabrikaten.

Spindel- und Lagerungstechnik Fraureuth GmbH

Fabrikgelände 5, 08427 Fraureuth
Tel.: +493761/801-0, Fax: +493761/801-150
E-Mail: slf@slf-fraureuth.de
Internet: www.slf-fraureuth.de

Linear- und Torquemotoren
die bewegen



Mit Hauptsitz in Almelo (NL) und weltweiten Vertriebsniederlassungen fokussiert sich Tecnotion auf die Entwicklung und Herstellung von eisenlosen- und eisenbehafteten Linearmotoren sowie Torquemotoren, die branchenübergreifend Einsatz in industriellen Applikationen finden.

Tecnotion GmbH

Elsenheimerstraße 59, 80687 München
Tel.: +49 (0)89 38 15 37 400
E-Mail: info@tecnotion.de
Internet: www.tecnotion.de

Die Kernkompetenz der
Contelos GmbH



liegt in der integrativen Bearbeitung der Projekte. Kompetente Beratung mit der Erfahrung aus 18 Jahren im Autodeskgeschäft sichern Ihren Projekterfolg durch: BIM - Facility Management – Zertifizierte Trainings. Unsere Geschäftsstellen finden Sie in Gehrden und Bremen

Contelos GmbH

Robert-Bosch-Str. 16, 30989 Gehrden
Tel.: 0 51 08 / 92 94-0, Fax: 0 51 08 / 92 94-79
E-Mail: info@contelos.de
Internet: www.contelos.de

Digitalisieren und automatisieren
Sie Ihre Prozesse mit DREICAD.



Mit unseren Autodesk-Lösungen CAD, CAM, PDM, PLM, BIM und Simulation bieten wir Ihnen ein breit gefächertes und branchenübergreifendes Leistungsspektrum. DREICAD unterstützt Sie bei Ihrer digitalen Transformation von der Idee bis zum fertigen Produkt.

DREICAD GmbH

Karlstraße 37, 89073 Ulm
Ulm, Nürnberg, Augsburg, Berlin, Frankfurt
Tel.: +49 731 379305-0, E-Mail: kontakt@dreicad.de
Internet: www.dreicad.de

IO-Systeme | Verteilerboxen
Profinet/EtherCAT/IO-Link



- Aktive IO-Boxen mit integrierter Elektronik für die direkte Kommunikation mit Steuerungen über Feldbussysteme
- Passive IO-Boxen für die schnelle und unkomplizierte Signalverteilung
- Umfangreiches Connectivity-Zubehör für Systemlösungen erhältlich
- Schutzart IP67

CONEC Elektronische Bauelemente GmbH

Ostenfeldmark 16, 59557 Lippstadt
Tel.: 02941/765-0, Fax: 02941/765 65
E-Mail: info@conec.de
Internet: io-systeme-verteilerboxen.de

ENABLING THE WORLD'S IDEAS®



Als globaler Distributor von elektronischen Komponenten und Automatisierungsprodukten liefert Digi-Key sowohl kleine Stückzahlen für Entwicklung/Prototypenbau als auch Produktionsstückzahlen. Das Angebot umfasst über 10,8 Millionen Produkte von über 2.300 Herstellern.

Digi-Key Electronics Germany GmbH

Theresienhöhe 11a, 80339 München, Deutschland
Tel.: +49 (0)30 915 884 91 (kostenlose Support-Hotline)
E-Mail: eu.support@digkey.com
Internet: www.digkey.de

Breites Produktportfolio



Mit über 12.500 Produkten ist FINDER einer der größten europäischen Hersteller für Industrie- und Installationsprodukte.

FINDER GmbH

Hans-Böckler-Str. 44, 65468 Trebur
Tel.: 0614720330, Fax: 06147203377
E-Mail: info@finder.de
Internet: www.finder.de

Wir sind Anbieter von
Spezialkabelösungen



Unsere Kabel sorgen in der Industrielektronik, Sensorik, Automation, Mess-Steuerungs- und Regeltechnik sowie zahlreichen anderen Bereichen für gute Verbindungen. Bei uns finden Sie das richtige Produkt. Sei es aus unserem breiten Lagersortiment oder als Sonderkonstruktion.

kabeltronik Arthur Volland GmbH

Mühlweg 6, 85095 Denkendorf
Tel.: 08466/9404-0, Fax: 08466/9404-20
E-Mail: info@kabeltronik.de
Internet: www.kabeltronik.de

Kontakttechnologien
für höchste Ansprüche.



Das vielfältige Produkt-Portfolio von ODU bietet höchst spezialisierte Kontaktarten. Jedes Kontaktsystem ist in Funktionalität und Eigenschaften passgenau auf die jeweilige Anwendung ausgerichtet sowie in verschiedensten Durchmessern und Anschlussarten erhältlich.

ODU GmbH & Co. KG

Otto Dunkel GmbH
Pregelstraße 11, 84453 Mühldorf
Tel.: +49/8631/6156-0, Fax: +49/8631/6156-49
E-Mail: zentral@odu.de

Die Kernkompetenz der Contelos GmbH



liegt in der integrativen Bearbeitung der Projekte. Kompetente Beratung mit der Erfahrung aus 18 Jahren im Autodeskgeschäft sichern Ihren Projekterfolg durch: Projektbegleitung – CAD-Richtlinien – Zertifizierte Trainings. Unsere Geschäftsstellen finden Sie in Gehrden und Bremen

Contelos GmbH

Robert-Bosch-Str. 16, 30989 Gehrden
Tel.: 0 51 08 / 92 94-0, Fax: 0 51 08 / 92 94-79
E-Mail: info@contelos.de
Internet: www.contelos.de

Hersteller pneumatischer Handhabungsmodule im Baukastensystem



Made in Germany seit 1979: Rundschaftttische, Schwenkantriebe, Parallelgreifer, Hubeinheiten, Lineareinheiten, Zubehör, Linienschlitten, Mini-Module. Langlebige und präzise pneumatische Module im Baukastensystem. Fügen über Zentrierringe. Eigene Konstruktion, Fertigung u. Montage.

Friedemann Wagner GmbH Handhabungstechnik

Robert-Bosch-Str. 5, 78559 Gosheim
Tel.: +49 7426 949 000, Fax: +49 7426 949 009
E-Mail: info@wagnerautomation.de
Internet: www.wagnerautomation.de

Design & engineering simulation solutions



MSC Software ist eines der zehn ursprünglichen Softwareunternehmen und weltweit führend in der Unterstützung von Produktherstellern bei der Weiterentwicklung ihrer Engineering-Methoden mit Simulationssoftware und Dienstleistungen. Erfahren Sie mehr unter mscsoftware.com

MSC Software GmbH

Am Moosfeld 13, 81829 München
Tel.: +49 89 21093224
E-Mail: info.de@mscsoftware.com
Internet: www.mscsoftware.com/de

Messtechnik & Sensorik



Althen Sensors & Controls ist spezialisiert auf das elektrische Messen der meisten physikalischen Größen wie Druck, Kraft, Weg etc. Das Portfolio umfasst Sensoren und Aufnehmer, Wägezellen, Messverstärker, Datenlogger, Joysticks und Elektronik für die Automatisierungstechnik.

Althen GmbH Mess- & Sensortechnik

Dieselstraße 2, 65779 Kelkheim
Tel.: +49 6195 7006 0, Fax: +49 6195 7006 66
E-Mail: info@althen.de
Internet: www.althen.de

Komponenten und Komplettlösungen für die Fabrikautomation



Umfangreiches Spektrum an Profil-, Förder- und Lineartechnik sowie Betriebs-einrichtungen, auf Basis von mehr als 250 verschiedenen Aluminiumprofilen. Durch das Baukastenprinzip wird ein Höchstmaß an Kompatibilität aller Produkte untereinander erzielt

Maschinenbau Kitz GmbH

Ampèrestraße 18, 53844 Troisdorf
Tel.: +49 228 45 98 0, Fax: +49 228 45 31 45
E-Mail: info@mk-group.com
Internet: www.mk-group.com

Effektive Sensorik-Automatisierungslösungen für die Praxis



Umfangreiches Portfolio an optoelektronischen Sensoren und bildverarbeitenden Vision-Sensoren für die Fabrikautomation. Unsere Produkte sind in zahlreichen Anwendungen und Branchen im Einsatz, vom Automobil- und Maschinenbau bis hin zur Lebensmittel- und Pharmaindustrie.

Sensopart Industriesensorik GmbH

Nägelseestraße 16, 79288 Gottenheim
Tel.: +49 7665 94769-0
E-Mail: info@sensopart.de
Internet: www.sensopart.com

Die Kernkompetenz der Contelos GmbH



liegt in der integrativen Bearbeitung der Projekte. Kompetente Beratung mit der Erfahrung aus 18 Jahren im Autodeskgeschäft sichern Ihren Projekterfolg durch: Projektbegleitung – CAD-Richtlinien – Zertifizierte Trainings. Unsere Geschäftsstellen finden Sie in Gehrden und Bremen

Contelos GmbH

Robert-Bosch-Str. 16, 30989 Gehrden
Tel.: 0 51 08 / 92 94-0, Fax: 0 51 08 / 92 94-79
E-Mail: info@contelos.de
Internet: www.contelos.de

Innovative Befestigungslösungen seit 1977



22.000 industrielle Befestigungsteile und Eisenwaren • Maßgeschneiderte Verbindungselemente aus Kunststoff und Metall • Technisches Team zur Beratung und Prototypenentwicklung • Persönlicher Kundendienst • Warenlager • Globale Beschaffung • 3D Dateien • Kostenloser Musterversand

JET PRESS BülowBogen Business Center

Heilbronner Straße 150, 70191 Stuttgart
Tel.: +49 711 490 04 420
E-Mail: verkauf@jetpress.de
Internet: www.jetpress.com/de

Digitalisieren und automatisieren Sie Ihre Prozesse mit DREICAD.



Mit unseren Autodesk-Lösungen CAD, CAM, PDM, PLM, BIM und Simulation bieten wir Ihnen ein breit gefächertes und branchenübergreifendes Leistungsspektrum. DREICAD unterstützt Sie bei Ihrer digitalen Transformation von der Idee bis zum fertigen Produkt.

DREICAD GmbH

Karlstraße 37, 89073 Ulm
Ulm, Nürnberg, Augsburg, Berlin, Frankfurt
Tel.: +49 731 379305-0, E-Mail: kontakt@dreicad.de
Internet: www.dreicad.de

Dresselhaus - Ihr Mehrwertpartner im C-Teile Management



Die Dresselhaus Gruppe gehört europaweit zu den führenden C-Teile-Spezialisten mit Schwerpunkten im Bereich Befestigungstechnik, Verbindungselemente, Sonder- und Zeichnungsteile. Auch bieten sie individuelle Kanban-Lösungen mit smarten Technologien im Bereich der Digitalisierung.

Joseph Dresselhaus GmbH & Co. KG

Zeppelinstraße 13, 32051 Herford
Tel.: +49 5221 932-0, Fax +49 5221 932-400
E-Mail: vertrieb@dresselhaus.de
Internet: www.dresselhaus.de



SPI GmbH
Kurt-Fischer-Straße 30a
22926 Ahrensburg/Hamburg
Tel. +49 (0)4102 706-0
E-Mail: sheetmetal@spi.de
Internet: spi.de/inventor

Autodesk Inventor Add-In für Blechverarbeiter und Blechdienstleister
SPI SheetMetal Inventor erweitert die Blechfunktionalität von Inventor. Blech-spezifische Befehle und Berechnungen minimieren Konstruktionsfehler und verkürzen die Konstruktionszeit. Der SPI-Abwicklungsalgorithmus sorgt für fertigungsgerechte Abwicklungen und reduziert damit den Aufwand in der Arbeitsvorbereitung. Eine nahtlose Verbindung zwischen Konstruktion und Fertigung wird durch eine Vielzahl von Ausgabeformaten (z.B. DXF, GEO, STEP, XML) ermöglicht.
CAM-Schnittstellen für TRUMPF, WiCAM, Bystronic, LVD und Schröder. Add-on für Kostenkalkulation.



Bohnhardt CAD-Consulting
Falderbaumstraße 35
34123 Kassel
Tel.: +49 561 50744 0
Fax.: +49 561 50744 99
E-Mail: info@bohnhardt.de
Internet: www.bohnhardt.de

Unsere neue Symbolbibliothek Flucht- und Rettungsplan wurde für CAD-Anwender entwickelt, die nur hin- und wieder Flucht- und Rettungspläne für kleinere und mittlere Objekte erstellen wollen. Für den Einsatz in großen Projekten bieten wir unsere AutoCAD-Applikation PLANX! für die professionelle Erstellung normgerechter Pläne für den vorbeugenden Brandschutz an. Erstellen Sie Brandschutzpläne und leiten Sie diesen mit der Planautomatik ganz einfach lagerichtig gedrehte Flucht- und Rettungspläne und Feuerwehrpläne ab. PLANX! wurde entwickelt für Anwender aus Industrie, Handel und Verwaltung die verpflichtet sind diese Pläne ständig vorzuhalten.



DREICAD GmbH
Karlstr. 37, 89073 Ulm
Niederlassungen: Ulm, Nürnberg, Augsburg, Berlin, Frankfurt
Tel.: +49 731 379305 0
E-Mail: kontakt@dreicad.de
Internet: www.dreicad.de

DREICAD steht seit über 25 Jahren für Innovation in der digitalen Transformation. Als führender Autodesk-Partner optimieren wir Prozesse in CAD, PDM, PLM, BIM und CAM.
Mit unserem **Produktkonfigurator** und der Komplementärsoftware **easyData Class, Gateway** und **Automation** erweitern wir Autodesk Vault um **Klassifizierung, ERP-Anbindung** und **automatisierte Dokumentenerstellung**. Zusätzlich bieten wir weitere Tools für Vault, Revit und AutoCAD, die Ihre Projekte effizienter und nachhaltiger machen.



SolidCAM GmbH
Gewerbepark H.A.U. 36
D-78713 Schramberg
Tel. +49(0)7422 2494-0
Fax +49(0)7422 2494-30
E-Mail: deutschland@inventorcam.com
Internet: www.inventorcam.com/de

InventorCAM von SolidCAM
– die nahtlos integrierte Fertigungslösung für Autodesk Inventor
InventorCAM ist eine von Autodesk zertifizierte, leistungsstarke und einfach zu bedienende CAD/CAM-Lösung für die CNC-Fertigung. Die Software mit der revolutionären iMachining-Technologie unterstützt die gesamte Bandbreite der CNC-Anwendungen bis hin zu komplexen Drehfräszentren und Langdrehmaschinen. Der patentierte iMachining-Technologie-Assistent sorgt für unglaubliche Zeiteinsparungen, indem er automatisch die optimalen Schnittbedingungen für die Bearbeitung unter Berücksichtigung von Material, CNC-Maschine und Werkzeug berechnet.



vectorcam GmbH
Technologiepark 9
D-33100 Paderborn
Tel.: 05251 – 180 80 0
E-Mail: info@vectorcam.com
Internet: www.vectorcam.com
YouTube: [vectorcamTV](https://www.youtube.com/vectorcamTV)

vectorcam – CAM-Software aus Deutschland
Die vectorcam GmbH ist ein modernes dynamisches Unternehmen aus Paderborn. Mit über 25 Jahren Erfahrung bietet das CAD/CAM-System vectorcam praxisorientierte Lösungen für die NC-Programmierung. Sowohl einfache als auch komplexe Bauteile lassen sich im Handumdrehen programmieren. Flexible und effektive Bearbeitungsstrategien führen zu sehr kurzen Bearbeitungszeiten und garantieren ein hohes Maß an Qualität für Ihre Werkstücke. Fräsen, Bohren, Drehen/Drehfräsen, Schneiden, Erodieren, Lasern und viele mehr – alle gängigen Bearbeitungsverfahren werden von der leistungsstarken, innovativen Software unterstützt. Service wird bei uns großgeschrieben!



Vero Software GmbH
Schleussnerstraße 90-92
63263 Neu-Isenburg
Tel.: +49 6102 7144 0
Fax: +49 6102 7144 56
E-Mail: info.de@verosoftware.com
Internet: www.verosoftware.de

CAD/CAM Lösungen für die Fertigung
Vero Software ist weltweit führender Anbieter von CAD/CAM-Lösungen. Vero entwickelt und vertreibt Software-Lösungen zur Unterstützung von Entwicklungs- und Fertigungsprozessen, speziell für den Werkzeug-, Formen- und Modellbau, die Metallbearbeitung sowie für die Verarbeitung von Stein und Holz. Zu den weltweit renommierten Marken des Unternehmens gehören unter anderem Alphacam, Edgecam, Radan, SURFCAM, VISI, WorkNC und PartXplore. Zahlreiche renommierte Unternehmen und Zulieferer setzen Vero Software Produkte ebenso ein, wie klein- und mittelständige Betriebe aus verschiedenen Branchen.



CAD Software Solutions
Paul Schüpbach
Ländernachstr. 16
CH-9435 Heerbrugg
Telefon: +41 71 777 39 88
www.sparepartsplace.com
www.morecam.ch
info@sparepartsplace.com

CAD Software Solutions:
Produktivitätswerkzeuge für Inventor und XR-Anwendungen
Der Lösungsanbieter in Sachen Produktivitätssteigerung und CAD-Daten Visualisierung für Inventor. Unser Kompetenzspektrum umfasst neben individueller Inventor API-Programmierung die Produkte:
SPP Toolkit: XR-Apps, inkl. Unity3D Developer Tools. Die erste eigene XR-/HoloLens App in 30 Minuten!
Inventor Controller: die superschnelle Migration von Inventor Daten, verarbeiten von Massen-Jobs (z.B. Erzeugung STEP-Dateien usw.)



CAD+T Solutions GmbH
Gewerbepark 16, A-4052 Ansfelden
Tel.: +43 7229 83100-0, office@cadt-solutions.com, www.cadt-solutions.com

CAD+T Consulting GmbH
Vattmannstraße 1, D-33100 Paderborn
Tel.: +49 5251 1502-40, office@cadt-solutions.com, www.cadt-solutions.com

CAD+T wurde 1990 gegründet und ist heute mit **über 80 Mitarbeitern** eines der führenden Autodesk Systemhäuser in Österreich.

Kernkompetenzen von CAD+T: CAD-Integration, CAM-Anbindung, Datenmanagement mit ERP-Kopplung, CAD-Programmierung, Consulting und Training (Autodesk Authorised Training Center).

CAD+T bietet Lösungen für: Möbelindustrie (eigene Applikation auf AutoCAD & Inventor Basis), Maschinenbau (AutoCAD Mechanical, Produkt & Factory Design Suites), Stahlbau und Blech, Architektur (AutoCAD Architecture), Datenmanagement (Autodesk Vault Familie), Hardware (HP, Großformatdrucker usw.).



PURE CODE

FX64 Software Solutions

Schiller Straße 13
D-95659 Arzberg
Tel. +49 9233 716 137
Fax +49 9233 716 138
E-Mail: info@fx64.de
Web: www.fx64.de

FX64 Software Solutions

ist mit **20 Jahren Projekterfahrung** aus **500+ Softwareprojekten** weltweit einer der führenden Autodesk Entwicklungspartner. Unsere Kernkompetenz beinhaltet die Entwicklung von maßgeschneiderten Softwarelösungen für die Autodesk Produkte **Inventor, AutoCAD, Vault und Fusion**. Wir unterstützen Sie in allen Projektphasen vom Lastenheft bis zur Dokumentation. Als einziger Anbieter in DACH bieten wir auch **Autodesk API Programmierschulungen** für Ihre Mitarbeiter. Neben Sonderlösungen umfasst unser Portfolio auch Standardprodukte im Bereich **Automatisierung, Datenverwaltung und Simulation**.



Plattform-Technologie
Architektur & Bau
GIS & Tiefbau
Mechanik & Maschinenbau
Visualisierung & Animation

A-Ganz Österreich



WIFI Österreich

Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Wien
Tel. +43 (0)5 90 900 3071
Fax +43 (0)5 90 900 113071
E-Mail: susanne.schilder@wko.at
Internet: www.wifi.at/CAD

A + 30000



CAD+T Solutions GmbH

Gewerbepark 16, A-4052 Ansfelden
Tel.: +43 7229 83100-0,
office@cadt-solutions.com
www.cadt-solutions.com
CAD+T Consulting GmbH
Vattmannstraße 1,
D-33100 Paderborn
Tel.: +49 5251 1502-40

00000



BCS CAD + INFORMATION TECHNOLOGIES GmbH BIM SERVICE-CENTER

Rippiener Straße 19
01217 Dresden
Tel. +49 (0)351 40423300
Fax +49 (0)351 40423329
E-Mail: training@bcscad.de
Internet: www.bcscad.de

10000



PC-COLLEGE Training GmbH

Stresemannstraße 78
10963 Berlin
Tel. +49 (30) 2350000
Fax: +49 (30) 2142988
E-Mail: info@pc-college.de
Internet: www.pc-college.de

30000



Contelos GmbH

Robert-Bosch-Str. 16
30989 Gehrden
Tel. 05108/9294-0
Fax 05108/9294-79
E-Mail: info@contelos.de
Internet: www.contelos.de

Schulungsanbieter

AUTODESK Authorized Training Center

80000



DREICAD GmbH

Karlstr. 37, 89073 Ulm
Niederlassungen: Ulm, Nürnberg, Augsburg, Berlin, Frankfurt
Tel.: +49 731 379305 0
E-Mail: kontakt@dreicad.de
Internet: www.dreicad.de

80000



Mensch & Maschine Akademie

Argelsrieder Feld 5
82234 Wessling
Tel.: +49 8153 933 0
E-Mail: info@mum.de
Internet: www.mum.de/seminare

Unabhängige CAD-Schulungs-Anbieter

20000



ELBCAMPUS Kompetenzzentrum

Handwerkskammer Hamburg
Zum Handwerkszentrum 1
21079 Hamburg
Tel. +49 40 35905-777
Fax +49 40 35905-700
E-Mail: weiterbildung@elbcampus.de
Internet: www.elbcampus.de

Programmierschulungen

D/A/CH



FX64 Software Solutions

Schiller Straße 13
D-95659 Arzberg
Tel. +49 9233 716 137
Fax +49 9233 716 138
E-Mail: info@fx64.de
Internet: www.fx64.de

AUTOCAD Magazin 01/26

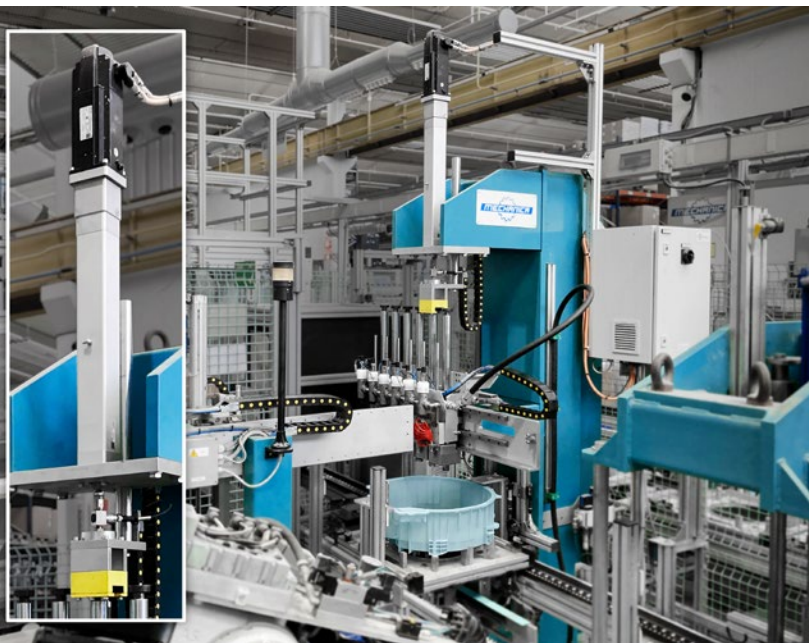


Bild: BSH Gruppe

BRANCHE

Konsumgüterindustrie

Rohstoffengpässe, Fachkräftemangel und veränderte Bedürfnisse der Kunden setzen auch die Konsumgüterbranche unter Druck. Wir berichten aus der Perspektive der IT und des Engineerings über die Herausforderungen und Lösungen.

PRODUKTENTWICKLUNG

Digitaler Zwilling und PLM

Auf die Fertigungsindustrie kommen Aufgaben zu, die Datenmanagement und Produktentwicklung neu definieren müssten, zum Beispiel die Integration von 3D-Visualisierungsdaten oder die Datenmengen die sich aus der industriellen Vernetzung ergeben. Ein digitaler Zwilling kann sie dabei unterstützen.

KONSTRUKTIONSBAUTEILE

Lineartechnik

Industrie 4.0 und Vernetzung stellen althergebrachte Methoden der Produktentwicklung in Frage. Das gilt besonders auch für die Lineartechnik. Neuartige Systeme in Kombination mit Automationslösungen eröffnen hier ungeahnte Möglichkeiten.

Weitere Themen:

HARDWARE: Großformatdrucker für CAD und GIS

FERTIGUNG: Software für die Blechbearbeitung

KOMPONENTEN: Konstruktionselemente im Maschinenbau

ARCHITEKTUR & BAUWESEN: Digitale Bauausführung mit BIM und KI

Impressum

Herausgeber und Geschäftsführer:

Matthias Bauer, Dennis Hirthammer, Günter Schürger

AUTOCAD MAGAZIN im Internet:

www.autocad-magazin.de

So erreichen Sie die Redaktion:

Chefredakteur: Andreas Müller (v.i.S.d.P.)

(andreas.mueller@win-verlag.de, Tel. 089/3866617-11)

Redaktion: Regine Appenzeller

(regine.appenzeller@win-verlag.de, Tel. 089/3866617-17)

Autoren dieser Ausgabe:

Jörn Bosse, Lars Brandstätter, Foster Ferguson, Jens Frantzen, Michael Fuller, Andreas Grave, Andreas Kraus, Thomas Krüger, Steven Liesigk, Andy Middleton, Silke Molch, Wilfried Nelkel, Gerhard Rampf, Felicitas Ribbrock, Patrick Schulze, Robert Timmerberg, Yasin Yasar

So erreichen Sie die Anzeigenabteilung:

Anzeigengesamtleitung:

Martina Summer

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

Mediaberatung:

Tilman Huber

(tilman.huber@win-verlag.de, Tel.: 089/3866617-26)

Manuela Gries

(manuela.gries@win-verlag.de, Tel.: 089/3866617-25)

Anzeigendisposition:

Auftragsmanagement@win-verlag.de

Chris Kerler (089/3866617-32, Chris.Kerler@win-verlag.de)

Abonnentenservice und Vertrieb

Tel.: +49 89 3866617 46

www.autocad-magazin.de/hilfe

oder eMail an abo@win-verlag.de mit Betreff „AutoCAD Magazin“.

Gerne mit Angabe Ihrer Kundennummer vom Adressetikett

Bildnachweise:

shutterstock.com, Adobe Stock, Werkfotos

Titelbild: [patruflo/stock.adobe.com](https://www.patruflo.com/stock.adobe.com)

Layout: Design-Concept, Viktoria Horvath

Druck:

Vogel Druck und Medienservice GmbH

Leibnizstraße 5

97204 Höchberg

Produktion und Herstellung:

Jens Einloft

(jens.einloft@vogel.de, Tel.: 089/3866617-36)



Anschrift Anzeigen, Vertrieb und alle Verantwortlichen:

WIN-Verlag GmbH & Co. KG,

Chiemgaustraße 148

81549 München, Tel.: 089/3866617-0

Verlagsleitung:

Martina Summer

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

Objektleitung:

Rainer Trummer

(rainer.trummer@win-verlag.de; Tel.: 089/3866617-10)

Zentrale Anlaufstelle für Fragen zur Produktsicherheit

Martina Summer

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

Bezugspreise:

Einzelverkaufspreis: 14,80 Euro in D, A, CH und

17,00 Euro in den weiteren EU-Ländern inkl. Porto und MwSt.

Jahresabonnement (8 Ausgaben): 118,40 Euro in D, A, CH und 136,00

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.

38. Jahrgang

Erscheinungsweise: 8-mal jährlich

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Honorierte Artikel gehen in das Verfügungsrecht des Verlags über.

Mit Übergabe der Manuskripte und Abbildungen an den Verlag erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Für unverlangt eingeschickte Manuskripte, Fotos und Abbildungen keine Gewähr.

Copyright © 2025 für alle Beiträge bei der WIN-Verlag GmbH & Co. KG

Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des

Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fallen

insbesondere der Nachdruck, die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie,

die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf

CD-ROM und allen anderen elektronischen Datenträgern.

Ausgabe: 08/2025 (ET: 04.12.2025)



ISSN 2191-7914

Unsere Papiere sind PEFC zertifiziert

Wir drucken mit mineralölfreien Druckfarben

AUSSERDEM ERSCHEINEN BEI DER WIN-VERLAG GMBH & CO. KG diese Magazine:

DIGITAL BUSINESS, DIGITAL ENGINEERING Magazin, Digital Manufacturing, Bauen aktuell, DIGITAL PROCESS INDUSTRY, e-commerce Magazin, r.energy, PlastKnow, Plastverarbeiter, KGK Rubberpoint

Das nächste Heft erscheint am 10.02.2026

UNSER KUNSTSTOFFWISSEN IST GOLD WERT.

Wir zeigen die wichtigsten Themen
der Kunststoffbranche.

Kompakt, praxiserprobt und mit messbarem Mehrwert.

Unsere Schatztruhe ist gefüllt mit Know-how von Material über Prozess bis Qualität.

www.plastxnow.de

Jetzt öffnen und
E-Paper entdecken



PLASTVERARBEITER

Eine Marke von

PLAST
NOW

WIN
VERLAG

Lph8 KONGRESS



**Zertifiziert durch
Architekten- und
Ingenieurkammern.
Sie erhalten mind.
8 Fortbildungs-
punkte.**

Bauprozesse optimieren

28. Januar 2026 in Würzburg

Wirtschaftlich und rechtssicher durch die Leistungsphase 8

Erleben Sie den ersten „Würzburger Lph 8-Tag“, eine innovative Veranstaltung speziell für Architektur- und Ingenieurbüros. In praxisbezogenen Vorträgen und einer begleitenden Fachausstellung entdecken Sie neue Lösungen rund um Honorar, Vertrag, Objektüberwachung und Baustellen-Organisation - verstärkt durch neueste Technologien wie KI.

Jetzt anmelden und Wissensvorsprung sichern:

www.Lph8-Kongress.de

Ein Kongress von:

IWW
INSTITUT

WIN
VERLAG