

# AUTOCAD

Fachmagazin für Konstruktion, Architektur und Planung

MAGAZIN



## Wie KI Produktionssysteme besser und schneller macht

Neue Konzepte für das Industrial Engineering

### PRAXIS

Tipps und Tricks:  
Expertenwissen  
für CAD-Anwender

### MASCHINENBAU

Neue Maschinengeneration:  
Modellbasiertes Framework für die  
SPS-Entwicklung

### MULTICAD SOLUTIONS

Heterogene Systemlandschaften:  
CAD- und PLM-Lösungen für  
Konstruktion und Fertigung

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!**

# Cybersicherheit für vernetzte Maschinen

Liebe Leser,

NIS 2, CRA und CSA – diese Abkürzungen stehen für Sicherheitsrichtlinien der EU. Doch was genau dahintersteckt, wie sich die Vorgaben ergänzen oder überschneiden und was sie für die Produktentwicklung im Maschinenbau bedeuten, das kann schon einmal Schweißausbrüche und Angstzustände auslösen, mit Blick auf noch fehlende Informationen oder die bevorstehende Bürokratie. Dabei ist es für die Maschinenbauer höchste Zeit, jetzt zu handeln, und die Anforderungen in ihre Produktentwicklung einfließen zu lassen. Denn würden sie hier einfach die Hände in den Schoß legen, müssten sie mit bis zu 15 Millionen Euro oder 2,5 Prozent des weltweiten Jahresumsatzes dafür büßen. Ab 2027 braucht es beispielsweise laut Cyber Resilience Act (CRA) für vernetzte Geräte, Maschinen und Anlagen in der EU eine nachgewiesene Konformität. Dass digital vernetzte Maschinen längst ein Einfallstor für Cyberangriffe geworden sind, findet andererseits auch in der neuen Maschinenverordnung Berücksichtigung. Auch hier sollten Unternehmen nicht zögern. In unserem Branchenschwerpunkt zum Maschinenbau erfahren Sie ab Seite 12 mehr darüber, wie sich die Vorschriften in den Entwicklungsprozessen abbilden lassen.



**Andreas Müller**

Chefredakteur

Nicht nur für die Cybersicherheit sind Fachleute mit Spezialwissen gefragt. Auch die Automatisierungstechnik ist auf sie angewiesen. Auf Seite 48 stellen wir eine neue Lernmethode vor, die mechanische Modelle durch digitale Anlagenzwillinge ersetzt. Somit entfällt die kostenträchtige Modellierung für den Aufbau und das Programmieren von Anlagen: Interdisziplinäre Ausbildungsinhalte lassen sich auch leichter vermitteln. Und da wir schon beim Thema Ausbildung sind: Studierende der TH Köln können Industrie 4.0 hautnah erleben, wie unser Beitrag auf den Seiten 52 bis 53 zeigt. Denn ein kompakter Demonstrator mit Roboter, Fördertechnik und Kamerasystem macht komplexe Produktionsprozesse interaktiv erfahrbar.

Vielleicht werden Sie zweifeln: Industrie 4.0, gibt es die noch? Aber ja. Genauso könnten Sie fragen, ob es die dedizierte CAD-Workstation noch gibt; um die ist es nämlich auch etwas ruhiger geworden. Was die heute können sollte, und wie CAD-Anwender beispielsweise von KI-Technologie profitieren, das lesen Sie auf den Seiten 26 bis 28.

# INHALT 7/25

## SZENE

- 06 Cloud- und KI-basierte Workflows  
News: Autodesk University 2025

## BRANCHE: MASCHINENBAU

- 8 Wie internationale Leads heute entstehen  
Maschinenbau unter Exportdruck
- 10 Auf Knopfdruck zum IEC-Code  
Automatisierung im Maschinenbau
- 12 Die Uhr tickt, und das Risiko ist konkret  
Cyber-Resilienz – Unternehmen in der Pflicht
- 14 Cybersicherheit für Maschinen  
EU-Maschinenverordnung
- 16 Ersatzteile finden statt suchen  
Kiefel digitalisiert den Service mit Door2parts

## PRAXIS

- 18 Tipps & Tricks  
Die AutoCAD-Expertenrunde
- 22 Ein neuer Stil  
ACM-MLSASSIGN.LSP
- 22 Blöcke nach Daten sortieren  
K\_BLOCKSORT.LSP
- 23 Löschen nach Objekttyp  
ACM-TYPLOESCH.LSP
- 23 Schöner Platz für Gästehandtücher  
HANDTUCHREGAL.LSP
- 24 Für Durchblick sorgen  
ACM-UNSICHTBAR.LSP
- 24 Überschobene Schalung mit  
gerundetem Oberbrett  
FR\_BV\_UESRU.LSP
- 25 DWG-Dateien aus DBS-Datei anpassen  
DWGBLOCKADJUST.LSP
- 25 Linienobjekte selektieren und markieren  
ACM\_LW.LSP

## SPEZIAL: CAD-Workstations

- 26 Für alle Fälle das passende System  
Peter Beck, Dell, im Gespräch

## KONSTRUKTIONSBAUTEILE: Antriebstechnik

- 40 Schraubaufgaben unkompliziert regeln  
Servoverstärker
- 40 Leistung, Kompaktheit und Konformität  
Gleitgewindeträge: Kriterien für die Auswahl



**BRANCHE: MASCHINENBAU** Das Maschinenbauunternehmen Rommelag entwickelt die neue Maschinengeneration ihrer patentierten BFS-Technologie auf einem modellbasierten SPS-Framework. Das ermöglicht effizientere Prozesse durch integrierte Unit-Tests und Simulationsmöglichkeiten.

Bild: Rommelag



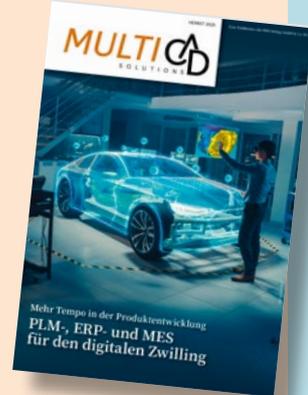
**DIGITALE FABRIK** Studierende der TH Köln erleben Industrie 4.0 hautnah: Ein kompakter Demonstrator mit Roboter, Fördertechnik und Kamerasystem macht komplexe Produktionsprozesse interaktiv erfahrbar.



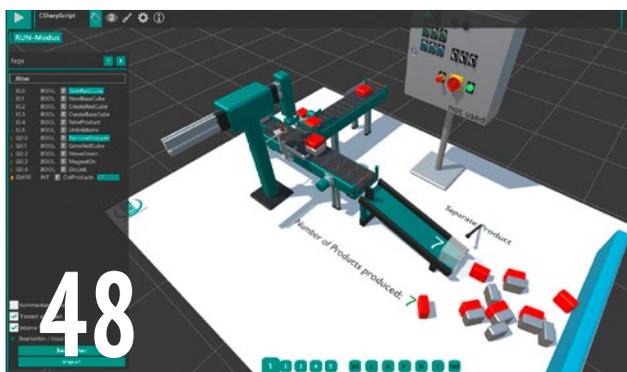
**SONDERTEIL MULTICAD SOLUTIONS** Wenige Unternehmen genießen heute noch den Luxus einer homogenen CAD-Umgebung. Laut einer Umfrage nutzen Unternehmen allein innerhalb ihrer eigenen Firewalls im Durchschnitt 2,7 CAD-Systeme. Für das Product Lifecycle Management (PLM) bedeutet das große Herausforderungen.

## INHALT

- 30 Wenn die Datensilos entweichen  
Integrationsplattform für PLM, ERP und MES
- 34 Gute Ideen zum Leben erwecken  
Vectorworks 2026
- 36 Diversity im PLM  
Produktentwicklungsprozesse vereinfachen
- 38 Wie KI-Funktionen die Lebenszyklusanalyse unterstützen  
Nachhaltige Produktentwicklung
- 39 Ein CAD-Datenstand für alle  
Neue 3D-Suite, Version EX11 von Elysium



**KONSTRUKTIONSBAUTEILE: ANTRIEBSTECHNIK** Das Feedbackgerät findet oft wenig Beachtung, wenn es um das effiziente Design neuer Maschinen geht. Dabei könnte man es als den geheimen Erfolgsfaktor der Antriebstechnik bezeichnen.



**PRODUKTENTWICKLUNG: INDUSTRIE 4.0 UND IIOT** Universalgelehrte wie früher gibt es heute nicht mehr, zu komplex ist unsere Welt und zu individuell die Aufgaben, die von Spezialisten mit tiefem Fachwissen gelöst werden müssen. Das gilt auch für die Automatisierungstechnik.

- 45 Neue Produkte & News
- 46 Unerlässlich für den Erfolg  
Motion-Control-Feedbackgeräte

## PRODUKTENTWICKLUNG

- 48 Lernen mit digitalen Zwillingen für die Industrie  
Virtuelle Anlagenentwicklung und SPS-Programmierung

## DIGITALE FABRIK

- 50 Industrial Engineering neu gedacht  
Produktionssysteme effizienter Planen mit GenAI
- 52 Industrie 4.0 – praxisnah und interaktiv vermittelt  
Demonstrator an der TH Köln
- 54 Smart Factory: Quo vadis?  
Ganzheitliche Transformation
- 56 Vom CAD-Modell zum Digital Mock-Up  
KI-gestützte Produktentwicklung mit invenio Virtual Technologies

## SERVICE / RUBRIKEN

- 57 Einkaufsführer
- 60 Applikationsverzeichnis
- 61 Schulungsanbieter
- 3 Editorial
- 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: Adesso SE S. 50-51, Autodesk S. 6, AVM Engineering S. 10-11, Camtex S. 39, Dell S. 26-28, DocuFly S. 16-17, Drivelock S. 8-9, Endian S. 14-15, Faulhaber S. 45, Invenio S. 56, Kiefel S. 16-17, Kollmorgen S. 46-47, Maschinenbau Kitz S. 52-53, MHJ Software S. 48-49, Neonex S. 54-55, OneKey S. 12-13, PTC S. 36-37, Razorleaf S. 30-31, Rollon S. 45, Sieb & Meyer S. 40-41, Siemens S. 38, Thomson Industries S. 42-44, Vectorworks S. 34-35

# Cloud- und KI-basierte Workflows

Auf der Autodesk University 2025 hat Autodesk demonstriert, wie Cloud-basierte und KI-gestützte Lösungen Menschen, Prozesse und Daten über den gesamten Projektlebenszyklus hinweg verbinden.

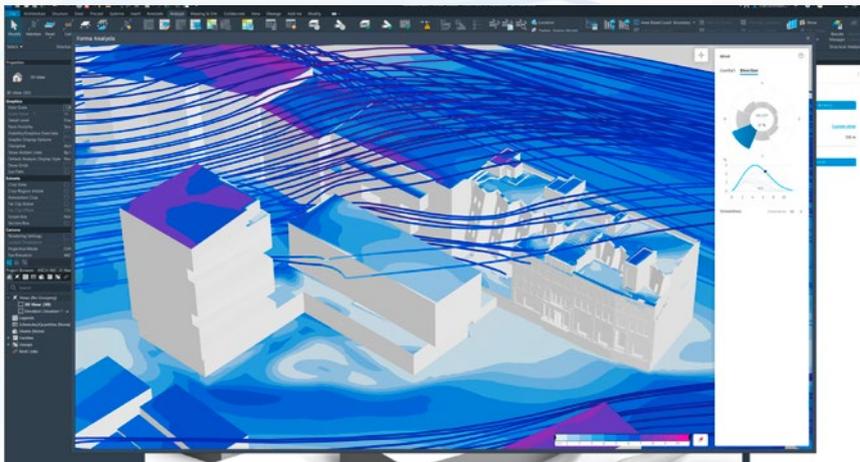


Bild: Autodesk

**F**orma ist nunmehr die erste umfassende, KI-native AECO-Industrie-Cloud, die Planung, Bau und Betrieb in einer einheitlichen Umgebung vereint. Dazu wird Autodesk Construction Cloud (ACC) in Forma integriert. Mit der Integration von ACCs führenden Bau-Management-Tools in Forma bietet Autodesk eine Plattform für den kompletten Lebenszyklus, die eine Verbindung von Design über Bau bis zum Betrieb schafft. Dazu gehört Autodesk Estimate, eine neue cloud-basierte Lösung zur Kostenschätzung, die 2D- und 3D-Abzüge mit Kosten, Material- und Arbeitsberechnungen verbindet, um Bauunternehmern und Subunternehmern genauere Schätzungen und mehr Auftragserfolge zu ermöglichen. Zur Ergänzung dieser Änderungen wird das bisher unter Autodesk Forma für frühe Planungsphasen bekannte Angebot in Forma Site Design umbenannt.

## Forma wird erste durchgängige AECO-Industrie-Cloud

Aufbauend auf den Funktionen von Forma stellt Autodesk zudem Forma Build

Design vor, die erste von vielen neuen Forma-Lösungen, die eine breitere Palette von Branchen und Projektphasen unterstützen sollen. Die Lösung wird in den kommenden Monaten im Beta-Stadium eingeführt. Sie ist für detailliertes Gebäudedesign mit automatisierten Konstruktionswerkzeugen und integrierten Analysen konzipiert. Dies ermöglicht Projektleitenden, CAD- und BIM-Anwendern, detaillierte Gebäudemodelle schnell und präzise zu erstellen. Forma Building Design ist auf Zugänglichkeit und intuitive Bedienbarkeit ausgelegt.

## Integration der Kernwerkzeuge

Während sich Forma weiterentwickelt, investiert Autodesk weiterhin in seine bekannten Kernwerkzeuge. Deshalb führt Autodesk die Bezeichnung Forma Connected Clients ein, die anzeigt, wenn ein Desktop-Produkt in die Forma-Industrie-Cloud integriert ist und so die Kluft zwischen den bereits bestehenden Desktop-Anwendungen und ihren zunehmend Cloud-basierten Workflows überbrückt.

*Mit der Integration von ACCs führenden Bau-Management-Tools in Forma bietet Autodesk eine Plattform für den kompletten Lebenszyklus.*

In diesem Rahmen wird Revit der erste offizielle Forma Connected Client sein. Als Forma Connected Client können Revit-Anwender auf den kontextuellen Datenmarkt von Forma, Umweltanalysen und Kollaborationsfunktionen zugreifen, ohne ihre Desktop-Umgebung zu verlassen und ohne Exporte, Importe oder Nacharbeiten. Im Laufe der Zeit wird Autodesk weitere Desktop-Lösungen zu Forma Connected Clients weiterentwickeln.

Die Kombination von Daten mit immersiver Technologie und KI kann eine neue Form der Zusammenarbeit hervorbringen. Dabei kooperieren Teams phasenübergreifend, branchenübergreifend sowie von Desktop zu Cloud (und umgekehrt) sowohl synchron als auch asynchron. Das Kernstück entsprechender Workflows bildet ein leistungsfähiges gemeinsames Datenumfeld, das Autodesk mit Autodesk Docs als offizielles, gemeinsames Datenumfeld für alle Forma-Produkte bereitstellt. Dies wird zukünftig Forma Data Management heißen.

## Workflows im Bauwesen mit KI

Autodesk erweitert seine Plattform um produktionsreife Implementierungen des Model Context Protocol (MCP) und kontextsensitive Assistenzfunktionen. Sie führen die besonders für die AECO-Branche relevanten Workflows zusammen.

anm ◀

# Wie meviy die Bauteilbeschaffung in ganz Europa revolutioniert

Bilder: MISUMI



Industrie 4.0 und das IoT verändern die Art und Weise, wie Produkte konstruiert und gefertigt werden. Dennoch bremsen für viele Ingenieure lange Beschaffungsprozesse und komplexe Lieferketten den Fortschritt aus. Genau hier setzt meviy, die KI-gestützte On-Demand-Fertigungsplattform von MISUMI, an. Ob Einzelprototyp oder Kleinserie, meviy liefert passgenaue Bauteile, die Ihren Spezifikationen entsprechen. Im Rahmen der europäischen Expansion ist meviy nun auch auf Spanisch, Italienisch, Polnisch und Französisch verfügbar, damit Ingenieure europaweit schneller und effizienter arbeiten können.

## Optimierte Prozesse, maximale Effizienz

Mit meviy entfällt die Abstimmung mit mehreren Lieferanten. Die Plattform vereint Blechteile, CNC-Frästeile und CNC-Drehteile in einer zentralen, einfach zu bedienenden Umgebung. Sofortige Fertigbarkeitsprüfungen stellen sicher, dass Konstruktionen direkt umsetzbar sind. So werden Fehler reduziert und der Entwicklungsprozess deutlich verschlankt. Durch die Verkürzung der Beschaffungszeit um bis zu 90 Prozent können Ingenieure und Einkäufer ihre Projekte effizienter planen und termingerecht umsetzen.

## Konstruktionswissen aus der Praxis

meviy liefert nicht nur Bauteile, sondern auch wertvolle Einblicke in die Fertigung. Ingenieure erhalten über die Plattform praxisnahe Hinweise und bewährte Konstruktionsprinzipien. Die Hinweismeldungen von meviy zeigen klar auf, wie sich Konstruktionen anpassen lassen, um die Fertigbarkeit zu gewährleisten. So profitieren sowohl erfahrene Ingenieure als auch Nachwuchskräfte, da sie ihre Designs schneller optimieren, Fehlversuche reduzieren und die Produktqualität insgesamt verbessern können.

## Flexibilität mit International Economy

Mit der neu eingeführten Submarke International Economy bietet meviy dieselben hochwertigen Komponenten zu deutlich wettbewerbsfähigeren Preisen für Kunden, die längere oder flexible Lieferzeiten in Kauf nehmen können. Dadurch lässt sich das Ver-

hältnis zwischen Kosten und Geschwindigkeit optimal ausbalancieren, ohne Kompromisse bei der Qualität einzugehen. Ideal für Projekte mit begrenztem Budget oder langfristiger Planung.

## Neue Maßstäbe für die Fertigung in Europa

Die Einführung von meviy in Spanisch, Italienisch, Polnisch und Französisch ist mehr als nur eine Lokalisierung. Sie ist Teil einer europäischen Expansionsstrategie, die ein einheitliches und leicht zugängliches Netzwerk für On-Demand-Fertigung schafft. Mit Echtzeit-Angeboten, Fertigbarkeitsprüfungen und Konstruktionsunterstützung in mehreren Sprachen beseitigt meviy Barrieren, die den Beschaffungsprozess bislang verlangsamt haben. So profitieren Unternehmen aus der Automobil-, Maschinenbau- und Industriebranche von kürzeren Beschaffungszeiten, klarerem Feedback und reibungsloseren Abläufen.



## Über meviy

meviy ist eine Fertigungsplattform der nächsten Generation, die es Unternehmen ermöglicht, Sofortangebote zu erhalten, nachdem Sie ihre 3D-CAD-Daten auf meviy hochgeladen haben. Eine deutliche Verkürzung der Lieferzeit bedeutet eine Verbesserung der Effizienz für Konstrukteure und Einkäufer. Für die Produktkategorien Blech-, Fräs- und Drehbauteile wird ein vielfältiges Spektrum an Materialien und Oberflächenbehandlungen angeboten.

Die meviy-Plattform unterstützt Unternehmen aus verschiedensten Branchen wie beispielsweise der Automobil- oder Maschinenbauindustrie. Zusätzliche Informationen finden Sie hier: <https://meviy.misumi-ec.com/de-de/>



### MISUMI EUROPA GMBH

Anschrift: Franklinstraße 61-63, 60486 Frankfurt am Main

Telefon: 0049 69 6 68 17 30 07

E-Mail: [meviy-eu@misumi-europe.com](mailto:meviy-eu@misumi-europe.com)

Web: <https://meviy.misumi-ec.com/de-de/>



# Wie internationale Leads heute entstehen

In einer international ausgerichteten Branche wie dem Maschinenbau ist digitales Marketing der Schlüssel für neue Märkte. Mit einem Dreiklang aus Strategie, interkultureller und technischer Kompetenz werden auch ohne große Kapazitäten erfolgreich Kunden gewonnen. **VON NILS HORSTMANN**

Die deutsche Wirtschaft, insbesondere auch der Maschinenbau, ist exportorientiert: Laut KPMG sind mehr als 27.000 deutsche Unternehmen im Ausland tätig und rund jeder vierte Arbeitsplatz hängt an einem erfolgreichen Exportgeschäft. Spricht man mit mittelständischen Unternehmen, so bestätigen sie, dass neue Märkte – sei es in Bezug auf Branchen oder Zielländer – im Fokus ihrer aktuellen Strategie stehen. Gerade auch Schwellenländer wie Indien geraten in den Fokus. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen deutsche Maschinenbauer ihre globale Präsenz erweitern und sich an die Bedürfnisse internationaler Kunden anpassen.

## Warum Internationalisierung?

Der Eintritt in neue Märkte eröffnet Zugang zu neuen Kunden und Umsatzmöglichkeiten, während gleichzeitig die Abhängigkeit durch Diversifikation verringert wird. Kurzum: Wachstum und Risikominimierung gleichermaßen. Zudem steigert eine weltweit präsente Marke die Bekanntheit und festigt das Image als internationaler Akteur.

Mittelständische Unternehmen im Maschinenbau müssen klug mit ihren Kapazitäten – egal, ob Geld, Zeit oder

Mitarbeitende – haushalten. Die digitale Lead-Generierung hat sich hierbei als entscheidende Strategie etabliert. Mit dem Dreiklang Strategie, interkultureller und technischer Kompetenz ermöglicht sie es Maschinenbauunternehmen kostengünstig, effizient und zielgerichtet internationale Kunden anzusprechen und durch datenbasierte Ansätze messbare Erfolge zu erzielen.

Während früher neue Marktzugänge und internationale Kontakte in erster Linie über Messen und Live-Events aufgebaut werden konnten, muss sich eine erfolgreiche Marketingstrategie zunehmend in Digitale verlagern, da 74 Prozent der Business Buyer ihre Recherche größtenteils online durchführen bevor sie offline kaufen. Das heißt: Digitale Sichtbarkeit wird zum zentralen Erfolgsfaktor.

## Herausforderungen

Das Erschließen eines neuen Marktes bringt einige Herausforderungen mit sich:

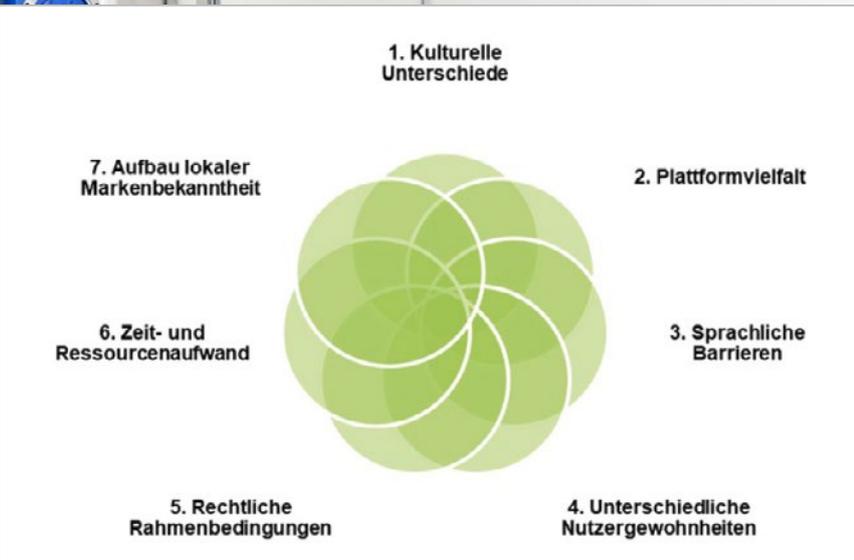
- kulturelle Unterschiede: Marketingstrategien müssen an lokale Eigenheiten angepasst werden, da unterschiedliche Werte und Kommunikationsstile die Wahrnehmung beeinflussen.
- Plattformvielfalt: Die digitale Landschaft variiert stark global: Während Google

und Facebook in westlichen Ländern dominieren, sind Baidu und WeChat in China führend, was angepasste Strategien erfordert.

- sprachliche Barrieren: Effektive internationale Kommunikation erfordert die Überwindung sprachlicher Barrieren, um Vertrauen aufzubauen und Zielgruppen angemessen zu erreichen.
- unterschiedliche Nutzergewohnheiten: Je nach Region variieren Suchgewohnheiten und Kaufverhalten erheblich, was eine Anpassung von Content und Keywords erforderlich macht.
- rechtliche Rahmenbedingungen: Unternehmen müssen sich an unterschiedliche rechtliche Anforderungen in verschiedenen Ländern halten, um rechtliche Probleme zu vermeiden.
- Zeit- und Ressourcenaufwand: Die Entwicklung und Umsetzung internationaler Strategien kann zeitaufwändig und ressourcenintensiv sein, erfordert jedoch sorgfältige Planung.

## Kulturdimensionen

Jeder Zielmarkt hat seine spezifischen Kultur- und Sprachunterschiede – diese zu kennen und zu berücksichtigen, ist bei der internationalen Leadgenerierung entschei-



**Herausforderungen beim Eintritt in internationale Märkte.**

dend. Eine reine Übersetzung von Homepage und Werbematerialien ist nicht ausreichend, um die spezifische Zielgruppe zu erreichen. Wer erfolgreich sein will, muss Marketingstrategien an lokale Eigenheiten anpassen, da Werte und Kommunikationsstile die Wahrnehmung beeinflussen. Die Kulturdimensionen nach Hofstede ermöglichen es, jeden Kulturkreis auf wichtige Aspekte hineinzuzuordnen – beispielsweise in Bezug auf Individualität, die Akzeptanz von Machtunterschieden und langfristige Planung.

**Welche digitalen Kanäle sind relevant?**

Digitale Kanäle sind entscheidend für die Ansprache globaler Märkte – auch im Maschinenbau. Dass die digitale Landschaft stark global variiert, wird häufig unterschätzt. Das bezieht sich auf alle möglichen Kategorien, die im digitalen Marketing eine Rolle spielen. Für alle Kanäle gilt universal: Das regionale Kaufverhalten muss unbedingt berücksichtigt werden.

Die Präsenz und Auffindbarkeit in Suchmaschinen ist essenziell in der Informationsphase Ihrer B2B-Zielgruppe. Google (globaler Marktanteil von circa 90 Prozent), Bing (USA und Europa), Baidu (China), Yandex (Russland und GUS-Staaten), Naver (Südkorea) und Yahoo (Japan) sind die größten globalen Player. Jede Suchmaschine hat ihre eigenen Stärken, Zielgruppen und Marktanteile, je nach Region und Anwendungsbereich. Beim internationalen SEO (Suchmaschinenopti-

mierung) müssen die richtigen Plattformen berücksichtigt werden, zukünftig wird im SEO auch die Sichtbarkeit in AI-generierten Anfragen (GEO) eine zunehmend wichtige Rolle spielen. Auch technische Aspekte wie hreflang-Tags für geographische Zielgruppen und eine Domain-Strategie sind entscheidend. Für Paid Advertising sind lokal angepasste Kampagnen, geographisches Targeting sowie regionale und branchenspezifische Keywords Erfolgsstrategien.

International gibt es verschiedene Industrie-Plattformen wie Alibaba, Global-Spec oder Europages, auch LinkedIn ist ein essenzieller Kanal für die internationale Leadgenerierung. Auch eine effektive Landingpage in der Landessprache konvertiert Besucher in Leads, indem sie klar strukturiert und mobil optimiert ist. Sie fokussiert sich auf eine einzige Aktion, wie einen Download oder ein Kontaktformular. Wichtige Elemente sind ein klares Ziel ohne Ablenkungen, eine prägnante Headline, die den Nutzen sofort kommuniziert, sowie Vertrauensfaktoren wie Kundenlogos, Testimonials und Datenschutz. Einfache, benutzerfreundliche Formulare und ein klarer Call-to-Action-Button erleichtern die Interaktion.

Da im Maschinenbau komplexe Produkte und Lösungen zur Anwendung kommen, braucht es Wege, um diese verständlich zu präsentieren. Fachspezifischer Content hilft dabei, Vertrauen aufzubauen. Besonders Leadmagneten wie Whitepaper, Webinare und Fachartikel sind effektive Tools, die auch eine langfristige Kundenbindung fördert.

**Grob-Werke: Ein Fallbeispiel für digitale Innovation**

Eine besondere Herausforderung für deutsche Maschinenbauer ist, dass sie im internationalen Vergleich eher hochpreisig sind. Die Wettbewerbsvorteile liegen beim Thema Qualität. Daher ist es notwendig, sich mit wertigem Content als starke Marke und Thought Leader zu positionieren, beispielsweise mit Themen wie Innovation, Tradition, Qualität, Referenzen, lokale Kompetenz.

Ein Beispiel für den erfolgreichen Einsatz digitaler Strategien, der sich auch auf kleine und mittelständische Unternehmen übertragen lässt, bietet die Grob-Werke GmbH & Co. KG. Das Unternehmen, bekannt für seine hochpräzisen Produktionssysteme, hat den Schritt weg von traditionellen Plattformen wie Messen und hin zu digitalen Kanälen gewagt. Das Ergebnis: Innerhalb von sechs Monaten wurden bemerkenswerte 1.285 Leads in den USA, Mexiko und Europa generiert – 837 über LinkedIn und 448 über Google Ads.

Wie konnte das erreicht werden? Durch systematische Datenanalyse und die präzise Ansprache über geeignete Plattformen war Grob in der Lage, seine internationale Marktdurchdringung effizient zu steigern. Performance-orientierte Landingpages und wertvoller Content, in Form von Whitepapers, erleichterten die Gewinnung qualifizierter Leads. Diese Maßnahmen stellten sicher, dass komplexe Produkte verständlich und zielgerichtet präsentiert wurden.

**Ausblick**

Für deutsche Maschinenbauer bietet die digitale Leadgenerierung eine vielversprechende Möglichkeit, international erfolgreich zu sein. Durch digitale Werkzeuge können Unternehmen weltweit sichtbar werden und langfristige Kundenbeziehungen aufbauen. Dabei stehen Skalierbarkeit und Effizienz im Vordergrund, was insbesondere für mittelständische Unternehmen von Bedeutung ist. Die Fallstudie von Grob demonstriert den Erfolg dieser Strategien im wettbewerbsintensiven Umfeld.

*anm* ◀

Der Autor, Nils Horstmann, ist CEO von Eviom.



Modellbasierte Entwicklungskonzepte ermöglichen die Automatisierung vieler Entwicklungsaufgaben und erleichtern die Zusammenarbeit der beteiligten Developer sowie die Fehlersuche am laufenden Projekt.



Bild: Christof Wolf

# Auf Knopfdruck zum IEC-Code

Das Maschinenbauunternehmen Rommelag entwickelt die neue Maschinengeneration ihrer patentierten BFS-Technologie auf einem modellbasierten SPS-Framework. Das ermöglicht effizientere Prozesse durch integrierte Unit-Tests und Simulationsmöglichkeiten. **VON SANDRA WALZ**

Modellbasierte Konzepte sind in der Softwarebranche längst zum State-of-the-Art avanciert. Kein Wunder, ermöglichen sie doch die Automatisierung vieler Entwicklungsaufgaben und erleichtern zugleich die Zusammenarbeit der beteiligten Developer sowie die Fehlersuche am laufenden Projekt. Doch ausgerechnet in der Industrie, wo schnelle technologische Fortschritte den Takt angeben, herrschen oft noch veraltete Ansätze vor. So auch bis vor kurzem bei Rommelag Engineering. Im Rahmen seiner Transformation vom Projekt- zum Produktunternehmen, das anstatt Sonderanlagen zukünftig standardisierte Maschinen mit einer flexibel anpassbaren, modularen Software anbietet, nahm der Spezialist für Abfüll- und Verpackungsanlagen 2020 Kontakt zu AVM Engineering auf. Diese implementierten das modellbasierte Framework UP für

die SPS-Entwicklung der neuen BFS-Maschinengeneration. Für Rommelag bedeutete die Umstellung einen kompletten Neuanfang im Softwarebereich, der effizientere, GMP-konforme Prozesse sowie integrierte Unit-Tests und Simulationen in einer Entwicklungsumgebung erlaubt. Bereits im Juli 2024 wurde die erste, auf der neuen Plattform entwickelte Anlage ausgeliefert.

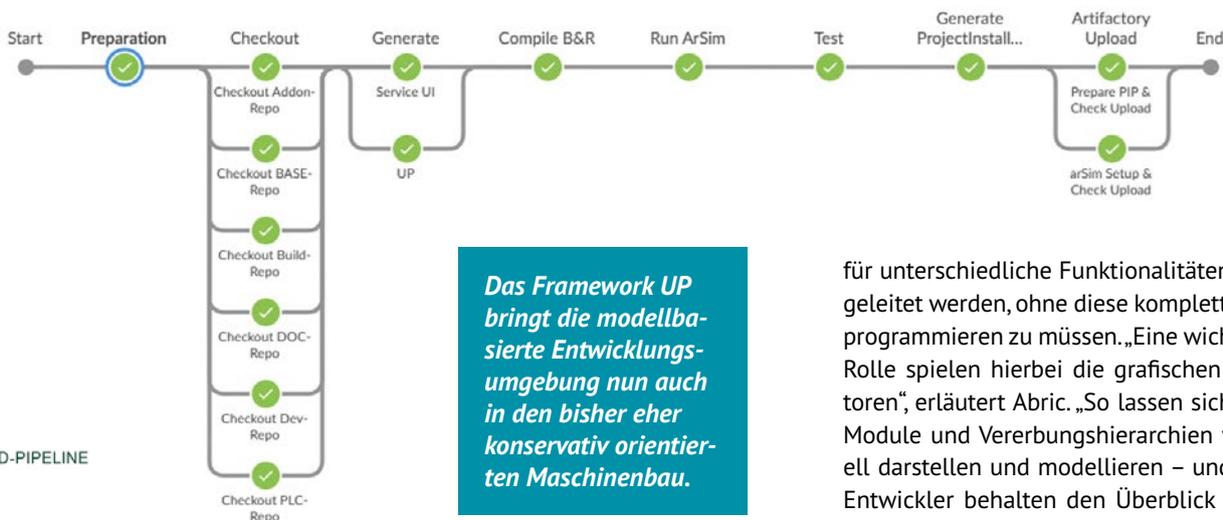
## Standardisierte Anlagenserie

„Die Automatisierungsbranche ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Anbietern“, weiß Frédéric Abric, Verkaufsleiter bei AVM Engineering. „Dabei treffen unterschiedliche Programmiersprachen aufeinander – und darin liegt die Herausforderung, vor der auch Rommelag stand.“ Bis vor kurzem hatte sich der Hersteller auf Sondermaschinen spezi-

alisiert, die nur zu einem geringen Grad standardisiert waren und softwareseitig dementsprechend einen hohen Pflegeaufwand generierten. Mit der Umsetzung der patentierten Blow-Fill-Seal (BFS)-Technologie in einer standardisierten Anlagenserie sollte sich dies jedoch ändern. Dabei handelt es sich um eine Methode, um Flaschen und Ampullen hauptsächlich in der Pharmaindustrie, aber auch für Kosmetik und Lebensmittel mit flüssigen bis halbfesten Produkten zu befüllen, wobei die Bruchgefahr der Behälter sowie der Platzbedarf der Maschine im Vergleich zu herkömmlichen Abfüllanlagen für Glasbehälter signifikant reduziert werden. Da das verwendete Polyethylen- oder Polypropylengranulat vollautomatisch in einem Schritt im Extruder der BFS-Anlage aufgeschmolzen, in Form gebracht, befüllt und sicher verschlossen wird, läuft der gesamte Prozess aseptisch ab und dauert nur wenige Sekunden.

Auf Basis der effizienten BFS-Technologie will Rommelag nun ihre bisherigen, hochspezialisierten Bottelpack-Anlagen sukzessive durch eine modular aufgebaute BFS-Maschinengeneration ersetzen. „Bis dahin kannten wir in erster Linie konventionelle Entwicklungsprozesse, bei denen besondere Kundenwünsche für die jeweiligen Anlagen eigens umgesetzt und SPS-Systeme immer wieder neu angepasst werden mussten“, berichtet Thomas Unzeitig, Manager Software Engineering bei Rommelag. „Mit den neuen BFS-Anlagen haben wir nun einen großen Schritt vom Projekt- hin zum Produktunternehmen gemacht, das standardisierte Maschinen mit flexibel

Bild: Rommelag



**Das Framework UP bringt die modellbasierte Entwicklungsumgebung nun auch in den bisher eher konservativ orientierten Maschinenbau.**

anpassbaren Softwaremodulen anbieten – und dabei die agile Arbeitsweise in einem standortübergreifenden Team einführt.“ Die neue Maschinengeneration markiert dabei einen grundlegenden Neuanfang im Softwarebereich, der den Automatisierungsgrad erhöht und damit auch die Workflows der Entwicklungsabteilung maßgeblich verändert und modernisiert.

Um das umzusetzen, wandte sich der Maschinenbauer 2020 an den Automatisierungsexperten AVM Engineering. Deren Framework UP bringt die modellbasierte Entwicklungsumgebung nun auch in den bisher eher konservativ orientierten Maschinenbau. „Die Umstellung auf moderne Entwicklungsprozesse ist ein zentrales Managementthema in der Industrie, um mit den schnellen technologischen Fortschritten und den sich ständig ändernden Marktanforderungen Schritt zu halten“, erklärt Abric. „In diesem Zusammenhang basiert die Idee für

UP auf der Erkenntnis, dass es effizienter ist, die Logik für eine Maschine zunächst auf einer höheren Abstraktionsebene zu modellieren und daraus den Code für die verschiedenen SPS- und HMI-Systeme zu generieren.“

**Objektorientierung und Visualisierung**

Aufgrund der Standardisierung der Produktpalette mit der neuen BFS-Plattform legt Rommelag großen Wert darauf, dass auch einzelne Elemente der Software flexibel konfigurierbar und wiederverwendbar sind. So werden etwa sämtliche Zylinder einer BFS-Anlage mit Instanzen desselben Controllers angesteuert. Für diese Anwendungsfälle lassen sich mit UP-Eigenschaften, Methoden und Verhaltensweisen objektorientiert vererben. Auf diese Weise können einzelne Funktionseinheiten einfach weiterentwickelt und neue Varianten bestehender Controller

für unterschiedliche Funktionalitäten abgeleitet werden, ohne diese komplett neu programmieren zu müssen. „Eine wichtige Rolle spielen hierbei die grafischen Editoren“, erläutert Abric. „So lassen sich die Module und Vererbungshierarchien visuell darstellen und modellieren – und die Entwickler behalten den Überblick über komplexe Abhängigkeiten.“ Eine durchgängig hohe Codequalität erreicht Rommelag dabei über das integrierte Unit Testing und die Simulationen des Moduls UPact.

Durch das Framework und die Kombination aus grafischen und textbasierten Editoren gibt UP einen klar verständlichen Rahmen vor, der nicht nur die massive Softwareumstellung für Rommelag erleichterte, sondern dank der neuen agilen Arbeitsprozesse auch bei jedem weiteren Projekt einen zügigen Start in die Umsetzung ermöglicht.

Neue Mitarbeiter können sich ebenfalls rasch in der modellbasierten Entwicklungsumgebung zurechtfinden, wie Unzeitig berichtet: „Wir starten in der Regel mit einer Drei-Tages-Schulung bei AVM, darauf folgt dann die interne Einarbeitung. Das lief bisher immer sehr schnell und reibungslos ab.“

**Fazit und Ausblick**

Erste Ergebnisse aus den grundlegend veränderten Entwicklungsprozessen konnte Rommelag bereits verzeichnen: Im Juli 2024 wurde die erste BFS-Maschine, die auf der UP-Plattform konstruiert wurde, an einen Kunden ausgeliefert. „Die modellbasierte Entwicklungsumgebung bietet uns alle Tools, um unsere neue, modulare Maschinengeneration ganzheitlich und effizient zu entwickeln und zu testen. Dies zeigt sich nicht nur an den Resultaten, sondern vor allem im Alltagsgeschäft: Unsere Entwickler sind zufrieden und haben Spaß an der Arbeit“, resümiert Unzeitig. *anm* ◀

Die Autorin, Sandra Walz, ist freie Redakteurin in München.

Bild: Rommelag



**Blow-Fill-Seal (BFS)-Technologie: Flaschen und Ampullen mit flüssigen bis halbfesten Produkten befüllen.**

# Die Uhr tickt, und das Risiko ist konkret

Mit dem EU Cyber Resilience Act (CRA) zieht die EU die Sicherheitsschrauben spürbar an. Ab Herbst 2026 greifen erste verbindliche Vorgaben; ab 2027 dürfen vernetzte Geräte, Maschinen und Anlagen nur noch in Betrieb gehen, wenn sie den CRA-Vorgaben entsprechen. **VON JAN WENDENBURG**

Für Maschinenbauer geht es beim Cyber Resilience Act (CRA) um durchgängige Produktsicherheit von Entwicklung und Montage bis zur Fernwartung – einschließlich dokumentierter Prozesse und Nachweise. Denn wer die Vorgaben missachtet, muss mit bis zu 15 Millionen Euro oder 2,5 Prozent des weltweiten Jahresumsatzes büßen. Zudem können Geschäftsführungen persönlich haftbar sein. Praktisch bedeutet das: Projekte, Abnahmen und Marktzugang können ohne CRA-Nachweis ins Stocken geraten.

Der „IoT & OT Cybersecurity Report 2025“ des Sicherheitsunternehmens Onekey zeigt: Viele Unternehmen haben erste Maßnahmen gestartet, doch an vollständiger CRA-Compliance mangelt es. Für den Report wurden 300 deutsche Industrieunternehmen befragt.

## CRA-Compliance

Nur 32 Prozent der Unternehmen sind mit den CRA-Anforderungen umfassend vertraut, 36 Prozent haben sich damit befasst, 27 Prozent noch gar nicht. Erst 14 Prozent haben umfangreiche Maßnahmen eingeleitet, 38 Prozent erste Schritte unternommen, während ebenso viele noch nichts getan haben. Maschinenbauer sind gut beraten, Roadmaps bis 2027 festzuzurren, Tests und Dokumentation einzuplanen und Zulieferer frühzeitig einzubinden.

Essenziell ist auch, Produkte von Beginn an sicher zu konzipieren (Security by Design/Default) und über

den gesamten Lebenszyklus abzusichern. Dies umfasst den Schutz vor unbefugtem Zugriff, die Wahrung der Datenintegrität und -verfügbarkeit. Ausgenutzte Schwachstellen und Vorfälle sind binnen 24 Stunden zu melden. Pflicht sind zudem Sicherheitsupdates, vollständige Dokumentation und eine SBOM.

In der Onekey-Umfrage gelten als größte CRA-Hürden: 24-Stunden-Meldepflicht (37 Prozent), Secure by Design/Default (35 Prozent) und SBOM-Erstellung (29 Prozent). Betroffen sind Produkte von Consumer-IoT bis Industrial-IoT: OT-Komponenten im Maschinenbau, Smart-Home-Geräte, Industrieroboter, Werkzeugmaschinen.

## Ein Fokuswechsel ist gefragt

Der CRA macht Tempo: Ab 2027 sind vernetzte Geräte, Maschinen und Anlagen in der EU nur noch mit nachgewiesener Konformität zulässig. Für Maschinenbauer heißt das, jetzt die Weichen zu stellen: CRA-Konformität sichert reibungslose Abnahmen und wirkt direkt auf Time-to-Market und CE-Prozesse. Zugleich ist Compliance mehr als Regelerfüllung – 2024 summierten sich die Schäden durch Cyberkriminalität in Deutschland auf 178,6 Milliarden Euro.

Eine aktuelle SBOM ist Schlüssel für Sicherheit und Compliance. Dennoch besitzen nur 12 Prozent der Unternehmen vollständige Transparenz. Zwar befassen sich 44 Prozent mit dem Thema, aber nur 12 Prozent haben für alle Produkte eine SBOM; rund ein Viertel hat bislang

keine. Die Umsetzung ist anspruchsvoll: Legacy- und proprietäre Komponenten sowie lückenhafte Lieferketten erschweren den Überblick. 2024 wurden über 40.000 neue Schwachstellen gemeldet – Hersteller müssen ihre Stücklisten laufend pflegen und prüfen, ob Produkte betroffen sind.

Bei der Umsetzung der CRA-Anforderungen hinkt die Industrie hinterher: Nur 27 Prozent der befragten Unternehmen berücksichtigen die Norm IEC 62443-4-2, obwohl sie als zentrale Grundlage für die Compliance gilt. Die Norm definiert Sicherheitsanforderungen für Komponenten industrieller Automatisierungs- und Steuerungssysteme (IACS). Ziel ist, Komponenten so zu stärken, dass sie gängigen Cyberangriffen eigenständig standhalten.

## ETSI EN 303 645 und RED

Für die CRA-Compliance bleiben zentrale Normen oft unberücksichtigt: ETSI EN 303 645 berücksichtigen nur 25 Prozent der Befragten – sie definiert 13 Anforderungen (unter anderem Datenschutz, Updates, sichere Kommunikation) und dient als harmonisierte Grundlage für den CRA-Nachweis und die CE-Kennzeichnung von IoT-Geräten. Auch die Funknorm RED (EN 18031) findet wenig Beachtung: Nur 16 Prozent beziehen sie ein, obwohl sie für vernetzte Geräte essenziell ist, Funkstörungen vermeiden soll und Konformität vor dem Inverkehrbringen verlangt. Maschinenbauer mit Funkmodulen in Maschinen, Sensoren



### Dialog über digitale Produktionsprozesse und Cybersicherheit in der industriellen Automatisierung.

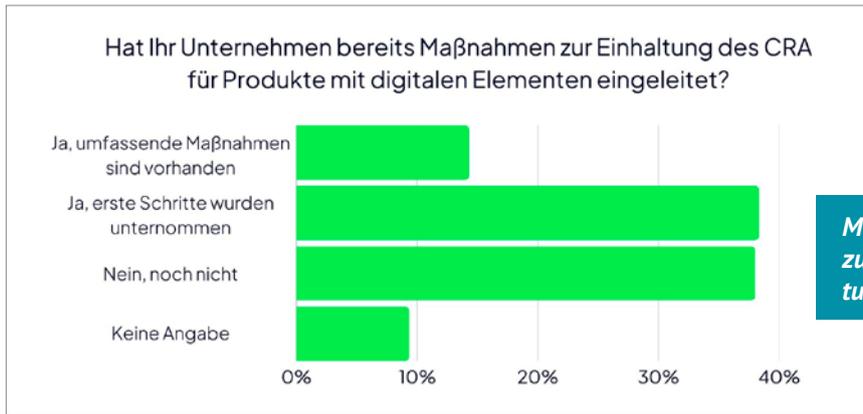
oder Tools sollten diese Normen frühzeitig berücksichtigen.

Der Report zeigt eine breite Streuung der Zuständigkeiten: 46 Prozent verorten die Erfüllung des CRA bei der IT-Sicherheit, 21 Prozent bei der Compliance, 18 Prozent bei der Geschäftsleitung, 16 Prozent bei der Rechtsabteilung, 15 Prozent bei der Produktentwicklung – ein Spiegel des breiten Themenmixes der Verordnung.

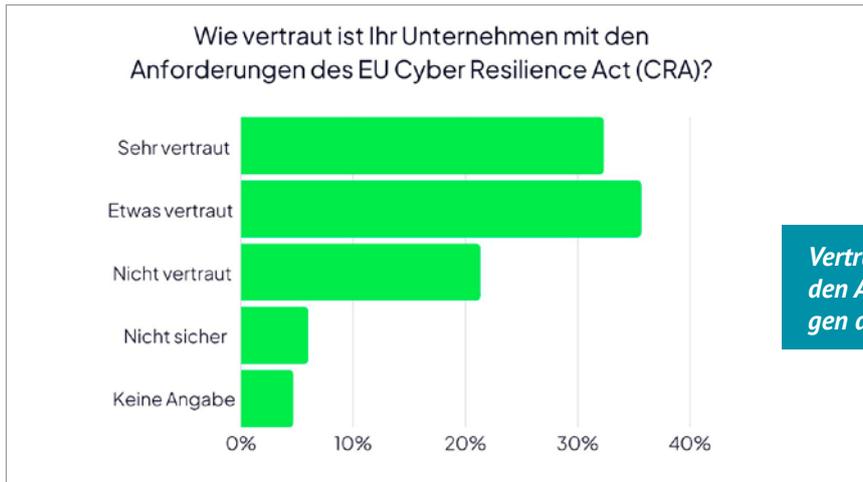
### CRA-Umsetzung läuft

Maschinenbauer sollten Sicherheit von Beginn an einbauen und durchgehend CRA-konform bleiben. Dazu gehören regelmäßige Sicherheitsupdates, vollständige Dokumentation inklusive SBOM sowie die Meldung ausgenutzter Schwachstellen und schwerwiegender Vorfälle innerhalb von 24 Stunden. Die Pflege der Dokumentation liegt meist bei Compliance; Verstöße können hohe Bußgelder und persönliche Haftung nach sich ziehen – entsprechend ist die Führungsebene eingebunden. Wer operativ steuert, variiert stark: 18 Prozent nennen das Produktmanagement, 17 Prozent den Compliance-Verantwortlichen, 15 Prozent den CISO, 11 Prozent einen Cybersecurity-Analysten; nur 8 Prozent sehen die Leitung Softwareentwicklung in der Rolle.

Die Onekey-Industrienumfrage zeigt, wie Unternehmen den abteilungsübergreifenden Handlungsbedarf des CRA organisatorisch abbilden: 28 Prozent



Maßnahmen zur Einhaltung des CRA.



Vertrautheit mit den Anforderungen des CRA.

haben bereichsübergreifende Arbeitsgruppen eingerichtet, 13 Prozent sogar ein dediziertes CRA-Team. 32 Prozent verfügen bislang über keine spezifische Teamstruktur zur Umsetzung der EU-Verordnung.

Auch die Teamgrößen variieren: Bei 18 Prozent arbeiten vier bis zehn Personen an der Umsetzung, bei 15 Prozent bis zu drei, und in 8 Prozent der Fälle mehr als zehn – etwa in der Produktentwicklung, bei Erstellung und Pflege der Software-Stückliste oder in der Compliance. Positiv ist: Über 40 Prozent widmen sich der CRA-Umsetzung mit einer eigens geschaffenen Organisation. Unternehmen ohne klare Struktur sollten diese Lücke zeitnah schließen.

### Training ernster nehmen

Eine weitere Erkenntnis aus dem Report: Unternehmen sollten mehr in die Weiterbildung ihrer Beschäftigten in Bezug auf Cybersecurity und insbesondere den CRA investieren. Bislang führt nicht einmal ein Drittel der befragten Unternehmen mindestens einmal jährlich eine Weiterbildungsmaßnahme in Sachen

CRA für seine Beschäftigten durch. Weitere 28 Prozent halten eine diesbezügliche Schulung alle ein bis zwei Jahre für ausreichend.

### Auf Kurs – doch die Zeit läuft

Die Industrie ist grundsätzlich auf dem richtigen Weg, die Anforderungen des Cyber Resilience Act zu erfüllen. Damit die Fristen eingehalten werden, braucht es jetzt jedoch deutlich mehr Tempo. Wichtig: Der CRA ist eine EU-Verordnung, keine Richtlinie. Er wird entlang der EU-Zeitvorgaben unmittelbar rechtswirksam – ohne nationale Umsetzung. Es gibt also keine Verzögerung durch ein deutsches Gesetzgebungsverfahren, wie es etwa bei NIS2 der Fall ist. Kurz: jetzt beschleunigen, damit Compliance rechtzeitig steht – im Maschinen- und Anlagenbau heißt das, die Zulieferkette frühzeitig einzubinden, Nachweise einzuplanen und die Umsetzung konsequent zu priorisieren. *anm* ◀

Der Autor, Jan Wendenburg, ist CEO von Onekey.



Bilder: Onekey.ioT & OT Cybersecurity Report 2025

# Cybersicherheit für Maschinen



Die neue EU-Maschinenverordnung (MVO) adressiert die Risiken, die durch die Digitalisierung und den Einsatz von künstlicher Intelligenz entstehen. Der Artikel zeigt, mit welchen Maßnahmen sich Maschinen vor Cyberattacken schützen lassen.

VON RAPHAEL VALLAZZA

**D**igital vernetzte Maschinen sind längst ein Einfallstor für Cyberangriffe geworden. Mit der Maschinenverordnung (MVO) gibt es erstmals europaweit einheitliche Regeln, um Maschinen und Anlagen besser zu schützen. Unternehmen sollten zeitnah mit der Umsetzung beginnen, um bis zum Stichtag Konformität zu erreichen.

Ab dem 20. Januar 2027 gilt die MVO direkt für alle Unternehmen, die unvollständige oder vollständige Maschinen in der EU herstellen, in Verkehr bringen oder in Betrieb nehmen – eine Überführung in nationales Recht ist nicht erforderlich.

Anders als in der bisherigen Maschinenrichtlinie 2006/42/EG sind in der MVO erstmals Anforderungen an die Cybersicherheit verankert. Notwendig wurde dies durch die immer engere Verbindung von Informationstechnologie (IT) und Betriebstechnologie (Operational Technology, OT). Maschinen sind heute weitgehend softwaregesteuert,

insbesondere in den Bereichen Überwachung und Wartung sind digitale Lösungen unverzichtbar. Diese Vernetzung sorgt für eine Öffnung der OT gegenüber dem Internet und damit sind Maschinen und Produktionsanlagen auch Angriffen aus dem Cyberraum ausgesetzt. Eine erfolgreiche Cyberattacke kann gravierende Folgen haben – von Produktionsausfällen, über Umweltschäden bis hin zur Gefährdung von Menschenleben.

## Mehr betroffene Unternehmen

Die MVO gilt nicht nur für Maschinenhersteller und -händler, sondern auch für Betreiber, wenn sie die Maschinen wesentlich verändern. Eine wesentliche Veränderung der Maschine macht laut MVO den Anwender zum Hersteller – mit allen dazugehörigen Pflichten. Die tatsächliche Betroffenheit sollten Maschinenbetreiber deshalb genau abklären lassen. Hier können Beratungsunternehmen eine wertvolle Hilfe leisten.

Im Kapitel „Schutz gegen Korruption“ (Anhang III, 1.1.9) definiert die MVO Cybersicherheitsanforderungen, die bis zum Inkrafttreten der Verordnung umzusetzen sind.

## Netzwerke segmentieren

Maschinen und ihre zugehörigen Produkte müssen so konzipiert sein, dass auch beim Anschluss externer Geräte keine gefährlichen Situationen entstehen – unabhängig davon, ob es sich um

direkt verbundene Systeme oder Fernwartungseinrichtungen handelt.

Dieser Abschnitt der MVO thematisiert ein zentrales Problem der Digitalisierung in Sachen Cybersicherheit: Sobald Maschinen und Anlagen vernetzt sind, sind sie über die entsprechenden Schnittstellen auch für Angreifer erreichbar. Sollte es gelingen, Schadsoftware einzuschleusen, so kann sich diese in einer vernetzten Umgebung ungebrems ausbreiten und weitreichende Schäden anrichten.

Zu den wichtigsten Grundlagen für Cybersicherheit zählt deshalb die Netzwerksegmentierung. Dabei werden Netzwerkbereiche mit vergleichbarem Schutzbedarf ermittelt und über IoT-Security Gateways voneinander abgetrennt. Administratoren können so den Datenverkehr anhand detaillierter Regelungen steuern.

## Vielschichtige Cybersicherheit einsetzen

IoT-Security-Gateways eignen sich für die Unterteilung des Netzwerks in einzelne Segmente. Je nach Schutzbedarf kann eine Maschine oder auch ein Teil davon ein eigenes Netzwerksegment bilden. Diese Mikrosegmentierung ist auch ein Baustein der Zero-Trust-Architektur. IoT-Security-Gateways, wie beispielsweise das Endian 4i Edge X, sind mit mehreren Security-Tools ausgestattet und sorgen für eine sichere Konnektivität: Eine Firewall verhindert, dass Schadsoftware Maschinen kompromittieren kann, und



Security-Gateway für industrielle Umgebungen.



zwar unabhängig davon, ob der Schadcode direkt aus dem Internet stammt oder über ein infiziertes Gerät ins Netzwerk eingeschleust wird. Sollte es einem Angreifer gelingen, die Firewall zu umgehen, etwa bei einem Insider-Angriff, greift das integrierte Intrusion Prevention/Detection System (IPS/IDS) ein. Es erkennt Bedrohungen in Echtzeit und startet automatisch geeignete Gegenmaßnahmen. Über eine DNS-Filterung lässt sich zudem festlegen, mit welchen Servern die verbundene Maschine kommunizieren darf.

### Fernzugriff absichern

Neben der Verbreitung von Schadsoftware über vernetzte Geräte stellt auch der Fernzugriff ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar. Sobald ein Port für eine Fernwartung geöffnet wird, entsteht eine potenzielle Angriffsfläche. Cyberkriminelle könnten die Lücke nutzen, um Schadsoftware einzuschleusen, Daten zu stehlen oder sie zu verändern. Die MVO fordert deshalb, die Risiken einer Fernwartung abzusichern.

Ein Virtual Private Network (VPN) schützt in diesem Fall. Es verschlüsselt die Kommunikation, so dass unbefugte Dritte nicht auf die Daten zugreifen oder sie manipulieren können.

Neben den technischen Schutzmaßnahmen ist auch eine granulare Vergabe von Rechten und Berechtigungen wichtig, um bei der Fernwartung die Sicherheit von Software und Maschinen zu wahren. Hilfreich ist eine zentrale

Benutzeroberfläche, über welche die Rollenvergabe erfolgt. Ebenso sicherheitsrelevant ist die Möglichkeit, die Berechtigungen in Echtzeit zu ändern oder zu löschen, zum Beispiel, wenn ein Mitarbeitender das Unternehmen verlässt.

Eine Fernwartung zum falschen Zeitpunkt kann die Sicherheit der Mitarbeitenden gefährden, beispielsweise wenn die Maschine durch die Fernwartung in Bewegung versetzt wird und sich jemand darin oder in direkter Nähe befindet. Bei solch kritischen Maschinen empfiehlt es sich, einen Genehmigungsprozess zu etablieren, über den eine Fernwartung vom Maschinenstandort aus freigegeben werden muss.

### Aktuelle Softwaresicherheit

Jede Software muss aktuell gehalten werden, damit nicht unbeabsichtigt Sicherheitslücken entstehen. Die MVO verlangt daher auch, sicherheitskritische Software über den gesamten Lebenszyklus der Maschine bereitzustellen. Entscheidend ist hier, Sicherheitsupdates so auszuspielen, dass alle verbundenen Gateways gleichzeitig aktualisiert werden. Damit ist die Aktualität der Sicherheitssoftware zu jedem Zeitpunkt gewährleistet. Die MVO fordert zudem, Nachweise für jeden Eingriff in die Software zu speichern, weil unterschiedliche Akteure Zugriff benötigen: Maschinenbetreiber etwa wollen Daten auslesen, Maschinenhersteller müssen Wartungen und Updates durchführen, und auch eine Anbindung an Systeme von Materiallieferanten ist denkbar. Daher ist eine Lösung gefragt, über die sich jeder Zugriff protokollieren lässt. Ideal wäre beispielsweise das Aufzeichnen als Videodatei. Unternehmen, die ihre Maschinen langfristig und nachhaltig schützen wollen, müs-

sen genau wissen, welche Geräte sich in ihren Netzwerken befinden. Das ist keine leichte Aufgabe, denn mit der digitalen Transformation steigt die Zahl der vernetzten Geräte in Unternehmen ständig. Sie lückenlos zu überwachen, ist eine Herausforderung für die IT-Security. Tools wie „Network Awareness“ von Endian gewinnen damit an Bedeutung, denn damit erhält man einen Überblick über sämtliche verbundene Geräte im Netzwerk. Administratoren können mit einem solchen Tool ungewöhnlichen Datenverkehr im Netzwerk jederzeit erkennen und bei Bedarf gegensteuern.

Die MVO markiert einen wichtigen Schritt hin zu mehr Cybersicherheit im industriellen Umfeld und ist eine Antwort auf die zunehmenden Bedrohungen durch die Vernetzung von Maschinen. Mit Umsetzung der Vorgaben haben Unternehmen die Chance, ihre Anlagen zukunftssicher aufzustellen. *anm* ◀

Der Autor, Raphael Vallazza, ist CEO von Endian.



**INDUSTRIAL POWERISE® - ELEKTROMECHANISCHE ANTRIEBE**

- Schlankes Design und wartungsfreier Betrieb
- Einzigartige Kombination mit Gasfeder möglich
- Application Engineering für individuelle Anpassung
- Millionenfache Erfahrung aus der Automobilindustrie
- Exklusiv in Kleinmengen bei ACE

**ACE**  
A STABILUS COMPANY

SCAN HERE FOR MORE INFORMATION:

AB LAGER UND STÜCKZAHL 1 BEI ACE

ACE Stoßdämpfer GmbH · Langenfeld · Germany · [www.ace-ace.de](http://www.ace-ace.de)



# Ersatzteile finden statt suchen

Wer schnell das richtige Ersatzteil findet, kann mit einem guten Gefühl weiterproduzieren. Was früher Geduld, Erfahrung und jede Menge Handarbeit erforderte, gelingt heute bei der Kiefel GmbH aus Freilassing in wenigen Klicks: digital, intuitiv und visuell. **VON PETRA ERNER**

**K**iefel geht neue Wege im Service: Mit dem Kiefel Portal, das auf der Softwarelösung Door2parts der Docufy Vienna GmbH basiert, hat das Unternehmen eine digitale Plattform geschaffen, die das Ersatzteilmanagement grundlegend verändert.

Die Kiefel GmbH mit Sitz in Freilassing gehört seit über 70 Jahren zu den Marktführern in der Konzeption und Herstellung von Maschinen für die Verarbeitung von Kunststoffen und Naturfasern. Auf der Düsseldorfer „K 2025“, der Weltleitmesse für die Innovationen der Kunststoff- und Kautschukindustrie,

zeigt der Spezialist für Thermoform- und Fügetechnologien nun nicht nur Innovationen im Thermoformen und Fiber Packaging. Kiefel setzt auch Maßstäbe in der digitalen Ersatzteil- und Servicewelt: Das Unternehmen präsentiert erstmals exklusive Einblicke in das optimierte Kiefel Portal – mit vielen Neuerungen.

## Optimiertes Portal – mit vielen Neuerungen

Möglich macht das die Docufy Vienna GmbH mit ihrer Softwarelösung

Door2parts. Mit dieser Anwendung können Unternehmen interaktive Online-Ersatzteilkataloge für alle Maschinenvarianten im 2D oder 3D-Format erstellen. Durch die interaktive Darstellung von 2D-Explosionszeichnungen oder 3D-Modellen in Verbindung mit der jeweiligen Stückliste ist das richtige Ersatzteil einfach, schnell und effizient auffindbar.

„Früher war es oft ein Wettlauf gegen die Zeit,“ erläutert Markus Schmid, Director Digital Solutions im After Sales Service bei der Kiefel GmbH. „Eine Maschine stand still, ein dringend benötigtes Ersatzteil musste gefunden werden – und jede Stunde kostete Geld. Der Mitarbeiter musste Betriebsanleitungen zu Rate ziehen, Handbücher wälzen und versuchen, aus einer riesigen Teileliste das richtige auszuwählen.“

## Digitaler Ersatzteilkatalog seit 2014 im Einsatz

Schon 2014 optimierte Kiefel deshalb diese aufwändige Suche und entschied sich für die Software Door2parts, um Kunden, Partnern, Niederlassungen und Agents jederzeit in einem Portal Ersatzteilkataloge und technische Dokumente digital und übersichtlich zur Verfügung zu stellen. Im Laufe der Jahre wurde die Lösung stetig erweitert und um neue Features ergänzt, mitunter:

- 24/7-Service: Original-Kiefel-Ersatzteile mit aktuellen Preisen, Verfügbarkeit (SAP-Schnittstelle) und Klassifizierungen sind rund um die Uhr anfragbar.
- Mehr als nur Ersatzteile: Anlagendokumentationen, Upgrades und sogar Retrofits lassen sich direkt im Portal abrufen.
- Elektrische und pneumatische Pläne sind als interaktive Pläne in der Maschine hinterlegt und mit Ersatzteilen aus der mechanischen Stückliste verknüpft.

## 3D-Modelle als neuer Standard

Die neuen Funktionen des Kiefel-Portals, die auf der K-Messe vom 8. bis 15. Oktober in Düsseldorf Premiere feierten, erweitern diese Möglichkeiten nun um 3D-Ersatzteilkataloge: Interaktive 3D-

## Firmensitz der Kiefel GmbH.



## INFO: KIEFEL GMBH

Das Unternehmen Kiefel mit Hauptsitz in Freilassing, Bayern, ist ein Anbieter neuartiger und nachhaltiger Thermoform- und Fügetechnologien für Polymere und Naturfasern. Für namhafte Hersteller aus der Verpackungs-, Medizintechnik- & Pharma- und Kühlschrankschrankindustrie entwickelt und produziert Kiefel hochwertige Maschinen und Systemlösungen zur Verarbeitung von Kunststoffen, recycelten und biobasierten Materialien sowie Naturfasern. In den firmeneigenen Forschungszentren – den Customer Innovation Centern und dem Material R&D Center – entstehen in enger Zusammenarbeit mit Kunden zukunftsweisende Lösungen für die industrielle Verarbeitung von Polymer- und Faserwerkstoffen.

Kiefel ist eine von vier Business Units der Brückner Group, einer Unternehmensgruppe im Maschinen- und Anlagenbau für Kunststoffe und alternative Materialien mit Sitz im bayerischen Siegsdorf. Mit rund 2.900 Mitarbeitenden in 13 Ländern steht die Gruppe seit über 60 Jahren für technologische Exzellenz, unternehmerische Unabhängigkeit und eine wertebasierte Partnerschaft mit Kunden und Mitarbeitenden.

Modelle, direkt aus den CAD-Daten von Kiefel, laufen ohne Plug-in im Browser. Eine hybride Ansicht für große Maschinen erleichtert die schnelle Navigation durch vorgerenderte 2D-Ansichten mit interaktiver X-Ray-Funktion auf Basis des 3D Modells. Das spart Ladezeiten und sorgt für schnelle Ergebnisse, auch wenn Nutzer mit älteren Endgeräten auf das Portal zugreifen.

### Das Portal als Serviceplattform

„Die Optimierungen im Kiefel Portal machen die Arbeit unserer weltweiten Kunden, Partner, Niederlassungen und Agents noch einfacher, schneller und transparenter. Gemeinsam mit unserem langjährigen Partner Docufy Vienna haben wir dafür wichtige Weiterentwicklungen realisiert, die den Qualitäts- und Automatisierungsgrad in der digitalen Ersatzteil- und Serviceweit noch einmal deutlich erhöhen,“ fasst Markus Schmid zusammen.

Anna-Lisa Rabl, Geschäftsführerin der Docufy Vienna, erläutert: „Das Kiefel Portal ist für uns mehr als nur ein



Bild: Docufy GmbH

„Das Kiefel Portal ist für uns mehr als nur ein technisches Upgrade – es ist das Ergebnis von über zehn Jahren gemeinsamer Entwicklungsarbeit.“ Anna-Lisa Rabl, Geschäftsführerin Docufy Vienna

technisches Upgrade – es ist das Ergebnis von über zehn Jahren gemeinsamer Entwicklungsarbeit. Unsere Vision war es von Anfang an, Ersatzteilmanagement und After Sales Service Prozesse so einfach und intuitiv wie möglich zu gestalten. Mit den neuen interaktiven 3D-Katalogen und der hybriden Darstellung in Door2parts haben wir eine Lösung geschaffen, die nicht nur modernste Technik nutzt, sondern auch im

Alltag der Anwender spürbare Vorteile bringt: schnellere und vor allem visuelle Navigation, höhere Datenqualität und maximale Verfügbarkeit – weltweit und rund um die Uhr. Hier war die K-Messe der perfekte Ort, um diesen nächsten Schritt gemeinsam mit Kiefel zu präsentieren.“ *anm* ◀

Die Autorin, Petra Erner, ist freie Fachautorin in Utting am Ammersee.

# Tipps & Tricks

Alle Tipps sollen zum selbstverständlichen Umgang mit AutoCAD und seinen vertikalen Lösungen animieren, ihn vor allem erleichtern. Aus den vielen Leserfragen 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 Zeichnungsvorschau in den Dateiregisterkarten

**?** In unserem Büro wird aktuell AutoCAD 2022 verwendet. Wir arbeiten auch gerne mit den DWG-Registerkarten, da es uns hier sehr schnell möglich ist, von einer Zeichnung in die andere zu wechseln. Leider hindert uns oftmals die Vorschau des Modell-/Layoutbereichs bei der Verwendung dieser Registerkarten. Da die Vorschau so groß dargestellt wird, passiert es häufig, dass wir nicht in eine andere Zeichnung wechseln können, sondern versehentlich auf eine Vorschau eines Layouts klicken. Das behindert mehr als es hilft. Kann man hier nicht die Zeit verändern, bei der die Vorschau angezeigt wird?

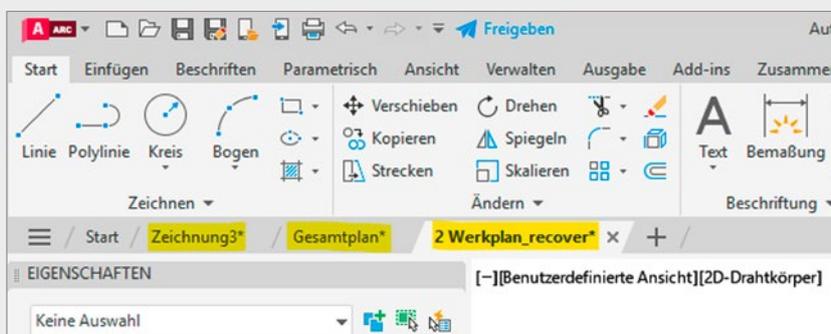


Bild 1: Anzeige der Dateiregisterkarten oberhalb des Zeichenbereichs.

bereiche anzuzeigen. Oftmals führt sie zu einer nicht erwünschten Verzögerung, da es bei komplexen Zeichnungen durchaus einige Millisekunden benötigt, um ein Bild zu generieren. Zunächst einmal spreche ich hier von den Dateiregisterkarten. (Bild 1)

Möchten Sie diese nicht sehen, dann können Sie die Registerkarten auf der Ribbonleiste „Ansicht“ → Gruppe „Oberfläche“ aktivieren oder deaktivieren. (Bild 2)

Der Ausgangswert von FILETABPREVIEW ist 1 und wird in der Registry des aktuellen Benutzers gespeichert. FILETABPREVIEW = 1 bedeutet, dass AutoCAD eine Miniaturvoran-

Mir ist keine Möglichkeit bekannt, die Zeit der Vorschau einzustellen. Jedoch lässt sich die Vorschau komplett abstellen. Es handelt sich dabei um die

Systemvariable „FILETABPREVIEW“, die dafür verantwortlich ist, bei einem „Mouseover“ über die Dateiregisterkarten eine Vorschau des Modell-/Layout-

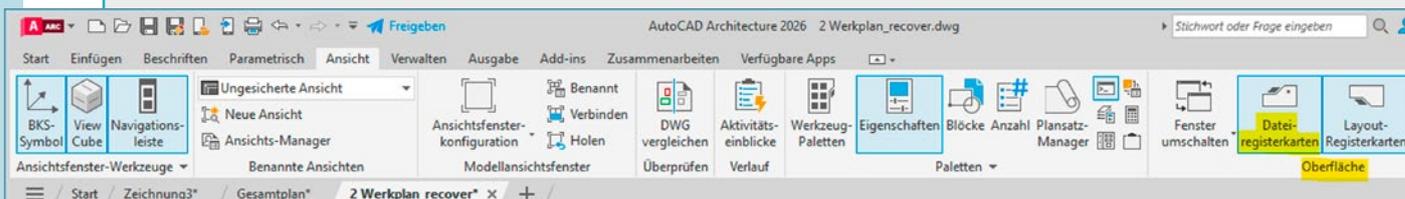
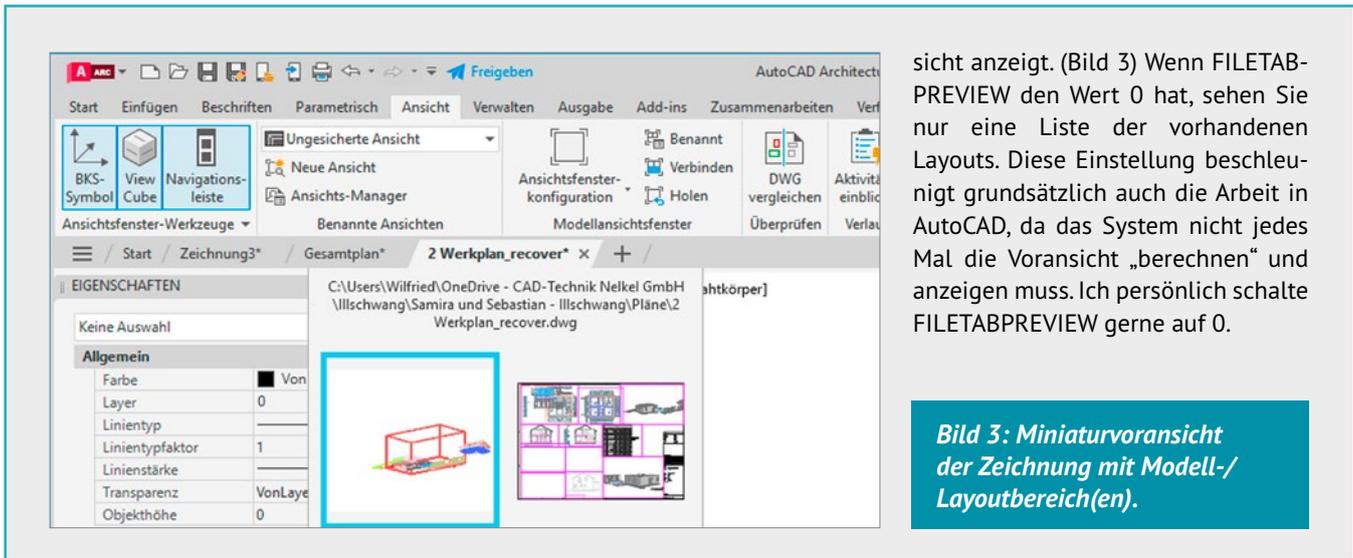


Bild 2: Aktivieren/Deaktivieren der Dateiregisterkarten.



sicht anzeigt. (Bild 3) Wenn FILETABPREVIEW den Wert 0 hat, sehen Sie nur eine Liste der vorhandenen Layouts. Diese Einstellung beschleunigt grundsätzlich auch die Arbeit in AutoCAD, da das System nicht jedes Mal die Voransicht „berechnen“ und anzeigen muss. Ich persönlich schalte FILETABPREVIEW gerne auf 0.

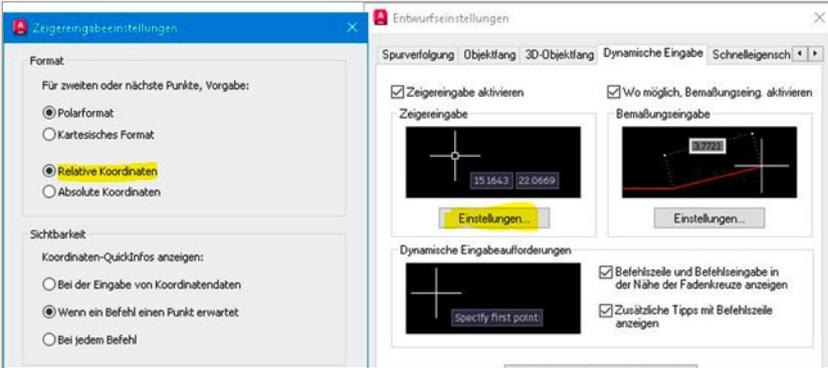
**Bild 3: Miniaturvoransicht der Zeichnung mit Modell-/Layoutbereich(en).**

## 2 Verschieben zu einer bestimmten Koordinate funktioniert nicht

**?** Wir arbeiten mit AutoCAD 2026 und haben beim Verschieben von Objekten zu einer fixen Koordinate immer das Problem, dass AutoCAD scheinbar macht was es will. Angenommen, wir verschieben Objekte von einem bestimmten Punkt aus auf die Koordinate 0,0,0, dann passiert gar nichts. Wie kann das sein? Dass es grundsätzlich funktionieren kann, zeigt sich am Rechner meines Kollegen, welcher mit AutoCAD 2023 arbeitet. Gibt es hier einen Unterschied zwischen den beiden Versionen?

Es gibt hier keinen Unterschied in den Versionen, sondern einen Unterschied zwischen den Einstellungen bei Ihrem Kollegen und Ihnen. Ausschlaggebend für die Interpretation der Koordinateneingabe ist die Systemvariable DYNPICOORDS. Diese steuert, ob die Zeigereinheiten ein relatives oder absolutes Format für die Koordinateneingabe verwendet. Steht diese Variable auf 0, werden die Eingaben relativ interpretiert, steht sie auf 1, ist die Interpretation Absolut. Am einfachsten gelangen Sie zu den Einstellungen dieser Variablen, indem Sie auf dem Symbol für die Dynamische Eingabe mit der rechten Maustaste klicken und dann „Einstellungen für Dynamische Eingabe...“ wählen. (Bild 7)

Über die Einstellungen der Zeigereingabe gelangen Sie ins Dialogfenster „Zeigereingabeeinstellungen“. Aktivieren Sie hier anstatt „Absolute Koordinaten“ die Option „Relative Koordinaten“, je nach dem, was Sie bevorzugen. Es gibt hier eine Empfehlung von meiner Seite aus. Mal angenommen, Sie arbeiten häufig mit Absolutkoordinaten, dann stellen Sie diese hier ein. (etwa, wenn Sie viel mit Gauß-Krüger-Koordinaten arbei-



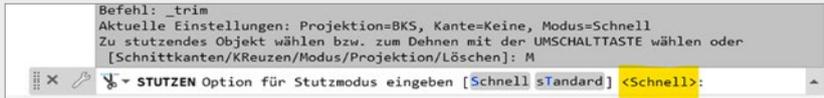
**Bild 7: Einstellungen für die Systemvariable DYNPICOORDS.**

ten wie im Straßenbau üblich). Arbeiten Sie überwiegend mit relativen Koordinaten, aktivieren Sie eben diese Option. Egal, welche Einstellung Sie hier vornehmen. Mit dem @-Zeichen können Sie immer relative Koordinaten erzwingen. Absolutkoordinaten erzwingen Sie mit der Eingabe des Doppelkreuzes #. Es gibt zwei Arten von Relativkoordinaten. 1. Relative Absolutkoordinaten: Sie zeichnen eine Rampe im Schnitt, die auf einer horizontalen Länge von zehn Metern um einen Meter ansteigt. Der tiefste Punkt ist links unten an der Rampe. Starten Sie den Linienbefehl und klicken Sie einen Punkt. Als zweiten

Punkt geben Sie ein @10,1. Das bedeutet, den zweiten Punkt relativ zum ersten um X = 10 und Y = 1 Zeichnungseinheit zu verschieben. Wenn Sie hier @10,-1 eingeben, wandert der zweite Punkt nach rechts unten (also -Y). 2. Dann gibt es noch Relative Polarkoordinaten, die man immer dann braucht, wenn Entfernung oder Winkel vorhanden sind. Starten Sie wieder den Linienbefehl und geben als zweiten Punkt @10<20 ein. Das bedeutet: Zeichne einen zweiten Punkt relativ zum ersten. Dieser zweite Punkt ist zehn Zeichnungseinheiten in einem Winkel von 20 Grad zum ersten Punkt entfernt.

### 3 Stutzen und Dehnen in AutoCAD 2026

**?** Mittlerweile haben wir auf AutoCAD 2026 gewechselt und haben massive Probleme bei den Befehlen STUTZEN und DEHNEN. Früher war es so, dass man für STUTZEN Schnittkanten wählen musste und für DEHNEN die Grenzkanten. Man konnte durch Drücken der Entertaste alle sichtbaren Objekte als Schnitt- oder Grenzkanten definieren. Leider ist diese Anfrage jetzt hinfällig und alle Objekte werden automatisch Schnitt- oder Grenzkanten. Oftmals ist das sinnvoll, aber bei Objekten, bei denen viele Objekte zwischen den gewünschten Schnitt-/Grenzkanten liegen, ist der Vorgang mehr als mühselig, da man nun zimal auf die zu stutzende Objekte klicken muss. Kann man dieses Verhalten irgendwie abschalten?



Umstellen des Stutzen- und Dehnenmodus von Schnell auf Standard.

**!** Ich bin genau Ihrer Meinung, dass die Möglichkeit in früheren Versionen durch einfaches Drücken der Entertaste ausreichend war, um alle Objekte zu Schnitt- oder Grenzkanten zu definieren. Seit der AutoCAD-Ver-

sion 2023 ist der Standard Schnell-Stutzen und -Dehnen.

Jedoch gibt es in der Befehlszeile eine Option „Modus“. Hier kann man von der neuen schnellen Methode „Schnell“ auf die Option „Standard“ umschalten. Dann ist das Verhalten beider Befehle wieder so, wie Sie es gewohnt waren.

### 3 Schraffuren immer assoziativ erstellen

**?** Kann man neue Schraffuren durchgehend assoziativ machen? Immer, wenn wir eine Schraffur erstellen, müssen wir den Button „Assoziativ“ in der Ribbonleiste drücken, da die Schraffur ansonsten nicht assoziativ ist. Leider haben wir das bei einer größeren Planung nicht berücksichtigt und jetzt das Problem, dass unsere Schraffuren überwiegend nicht assoziativ sind. Verändern wir im Nachhinein die Schraffur auf Assoziativ -> „ja“, kommt eine Meldung mit dem Text „Nicht geeignet“. Ich frage mich, wieso suggeriert wird, als wäre dieser Vorgang grundsätzlich möglich. (Bild 5)

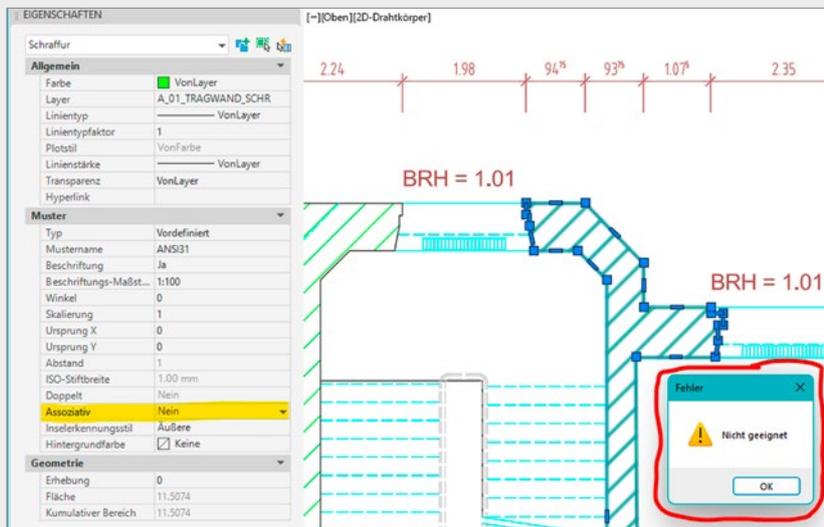


Bild 5: AutoCAD-Meldung nach Ändern der Einstellung „Schraffur assoziativ“ von nein auf ja.

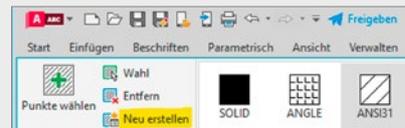
**!** Diese Vorgehensweise über die Eigenschaftenpalette funktioniert nicht. Es gibt zwei grundsätzliche Möglichkeiten, Schraffuren wieder assoziativ zu machen. Die eine besteht darin, die Schraffur auszuwählen. Dann wählen Sie in der Schraffur-Editor-Ribbonleiste oben links den Befehl „NEU ERSTELLEN“ aus. Als neue Umgrenzung wählen Sie „Poly-

linie“ aus oder drücken einfach die Entertaste. Nun erscheint eine Anfrage, ob Sie die Schraffur mit der neuen Umgrenzung verknüpfen möchten. Dies beantworten Sie mit „Ja“ oder drücken wiederum Enter. (Bild 6)

Nun ist Ihre Schraffur wieder assoziativ. Allerdings hat AutoCAD eine weitere Polylinie erstellt, die nun genau über der vorhergehenden Umgrenzung liegt. Da die Schraffuren eh nicht assoziativ waren, können Sie die Umgrenzung vorher löschen und somit doppelte Objekte vermeiden. Das ist nur sinnvoll, wenn es sich bei der Umgrenzung um eine geschlossene Kontur handelt. Eine weitere Möglichkeit, ist eine Funktion, die nur in der Befehlszeile abgearbeitet wird. Der Vorteil ist, dass die bestehende Umgrenzung zum Erzeugen der Assoziativität genutzt wird und am Ende keine doppelte Schraffurumgrenzung entsteht. Wählen Sie zunächst die Schraffur ohne Befehl aus.

Sie sehen nun den Mittelgriff sowie die Scheitelpunkt- und Kantengriffe. Tippen Sie „-schraffedit“ ein. Der Bindestrich vor dem Befehl erzwingt den Befehlsstart in der Befehlszeile. Im weiteren Schritt müssen wir die Schraffur nun neu mit einer Umgren-

zung verknüpfen, was über die Option „v“ für Verknüpfen funktioniert. Nochmals zusammengefasst: Schraffur auswählen, -schraffedit eintippen, V eingeben, Enter innerhalb der Umgrenzung klicken, Enter drücken und fertig.



**Bild 6: Befehl in der Ribbonleiste zum Erstellen einer neuen Umgrenzung.**

### 3 Bogenrichtung ändern

**?** *Immer wieder passiert es, dass ich beim Zeichnen eines Bogens falsch beginne. Die Bogenrichtung beim Zeichnen eines Bogens über Startpunkt, Mittelpunkt, Zentrum ist ja immer entgegen dem Uhrzeigersinn. Auch wundert mich der Textmittlepunkt. Sollte der nicht Zentrum heißen? Wir arbeiten mit AutoCAD 2025.*

**!** Grundsätzlich ist die Bogenrichtung immer entgegengesetzt vom Uhrzeigersinn. Das bedeutet, dass Sie sich 0 Grad rechts befinden, 90 Grad oben, 180 Grad links usw. Diese Winkelrichtung ergibt somit auch die Richtung, wie sich ein Bogen über die von Ihnen angesprochene Konstruktionsweise zeichnen lässt. Die rechte Hand-Regel bedeutet, sie heben die rechte Hand.

Der Daumen zeigt in Richtung Ihres Gesichts. Schließen Sie nun die Hand, zeigt das die standardmäßige Winkelrichtung von AutoCAD an, gegen den Uhrzeigersinn. In Bezug auf die Übersetzung haben sie Recht: Leider ändert Autodesk diese Befehle nicht mehr, obwohl schon seit ewigen Zeiten als Fehler dokumentiert. Mittelpunkt sollte hier korrekt Zentrum hei-

ßen. Seit einigen Versionen haben Sie jedoch die Möglichkeit, die Bogenrichtung auch während des Zeichnens durch Drücken der Strg-Taste temporär zu verändern. Dies ist besonders hilfreich, sollten Sie einmal beim Zeichnen des Bogens „falsch“ begonnen haben. Die Strg-Taste funktioniert im Übrigen auch beim Zeichnen von Polylinien-Bogensegmenten.

## 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:**

- K\_BLOCKSORT.LSP:** Blöcke nach Daten sortieren
- ACM-MLSASSIGN.LSP:** neuen Multiliniestil auf vorhandene Multilinien zuweisen
- ACM-TYPLOESCH.LSP:** Objekte löschen mit Objektypfilter
- ACM-UNSIHTBAR.LSP:** Objekte temporär ausblenden
- HANDTUCHREGAL.LSP:** Handtuchregal für den Einrichtungsplaner
- FR\_BV\_UESRU.LSP:** überschobene Schalung mit gerundetem Oberbrett
- DWGBLOCKADJUST.LSP:** DWG-Dateien aus DBS-Datei anpassen
- ACM\_LW.LSP:** Linienobjekte auf Basis ihrer Längen selektieren und markieren

A

## ACM-MLSASSIGN.LSP: Ein neuer Stil

Ein nicht oft verwendetes AutoCAD-Objekt ist meiner Meinung nach die Multilinie. Als planares Kurvenobjekt ist sie aus geradlinigen Segmenten zusammengesetzt, die wiederum aus bis zu 16 zueinander parallelen Linien bestehen können.

Das optische Erscheinungsbild einer Multilinie wird durch den von ihr referenzierten Stil bestimmt, in dem unter anderen die Anzahl der parallelen Linien, ihr Abstand zueinander, ihre Farbe sowie ihr Linientyp festgelegt werden. Leider kann man bei schon gezeichneten Multiliniern per Kontextmenü oder Eigenschaftspalette keinen anderen Multiliniestil mehr zuweisen. Auch Anpassungen in referenzierten Multiliniestilen sind nicht mehr vorzunehmen, weshalb auch das Aussehen von Multiliniern im Nachhinein nicht mehr einfach zu ändern ist.

Für diese Aufgabe ist das Tool **ACM-MLSASSIGN.LSP** konzipiert, das den ausgewählten Multiliniern einen in der Zeichnung vorhandenen neuen Multiliniestil zuweist und anschließend die Optik entsprechend regeneriert. Nach dem Laden des LISP-Tools mit „\_appload“ oder per Drag & Drop vom Windows-Explorer aus in die aktuelle Zeichnung, steht der Befehl „MLSASSIGN“ zur Verfügung.

Nach Befehlsaufruf kann man in einem Dialog den neuen Multiliniestil auswählen und festlegen, ob der Befehl auf die gesamte Zeichnung, das aktuelle Layout oder eine zu treffende Auswahl angewendet werden soll. Nach Bestätigung der Dialogauswahl ändert das Programm den Multiliniestil von allen ausgewählten Multiliniern auf den gewählten Stil. Dazu werden intern von jeder Multilinie die Koordinaten ausgelesen und mit ihnen eine

neue Multilinie erzeugt. Dieser Kopie werden im Anschluss die allgemeinen Einstellungen entsprechend den Vorgaben im Original zugewiesen. Bei erfolgreicher Umwandlung werden alle Originalmultiliniern gelöscht und die neu erzeugten in einem Auswahlstapel zusammengefasst und aktiv geschaltet, so dass man den neuen Stil gleich überprüfen und auch noch andere Operationen durchführen kann. Mit dem „UNDO“-Befehl kann man die Umwandlungsoperationen wieder rückgängig machen. **Thomas Krüger/ra** ◀

**Programm:** ACM-MLSASSIGN.LSP  
**Funktion:** neuen Multiliniestil auf vorhandene Multiliniern zuweisen  
**Autor:** Thomas Krüger  
**Lauffähig ab:** AutoCAD 2015  
**Bezug:** online

B

## K\_BLOCKSORT.LSP: Blöcke nach Daten sortieren

Wenn man in Grundrissen Geräte einzeichnet und diesen auch Daten wie Gerätenummern, Raumnummern, -namen usw. zuordnet, ist es wichtig, dass diese Geräte mit den gleichen Daten auch in einem Schemaplan zu finden sind. Natürlich kann man die Daten für jedes Objekt einzeln aufrufen und ins Schema übertragen, aber einfacher ist es, die Geräte per Clipcopy einzufügen, weil dann auch alle schon vergebenen Daten erhalten bleiben. Allerdings sind die Objekte immer noch wie im Grundriss angeordnet und man muss sie sortieren. Das übernimmt dann das Programm **K\_BLOCKSORT.LSP**.

Nach dem Start wird man zur Objektwahl aufgefordert und danach erscheint ein Dialog, in dem man die Daten für die Sortierung festlegt. Links sieht man eine Liste aller verfügbaren Attribute, dynamischen Parameter und erweiterten Elementdaten. In der Mitte sind die gewünschten Abstände einzutragen und rechts befindet sich die Liste mit den Sortierkriterien, wenn man diese erstellt hat. Um eine Sortierung zu erstellen, gibt man bei „Abstand zwischen den Objekten“ einen gewünschten Wert ein. Der zusätzliche Abstand zwischen Gruppen wird angewendet, wenn mehrere Objekte den gleichen Wert in den Sortierdaten haben, also etwa Objekte mit der gleichen Nummer. Diese werden mit dem gewünschten Abstand angeordnet, aber danach wird dieser zusätzliche Abstand addiert. Da alle gewählten Objekte in einer Linie angeordnet werden, kann man einen maximalen Abstand eingeben, bei dem die Objekte zusammengefasst werden. Alle Objekte außerhalb dieses Abstands werden in einer separaten Linie angeordnet. Man kann wahlweise in positiver X- oder Y-Achse anordnen und einen Startpunkt wählen, von dem der X- oder Y-Wert ver-

wendet wird. Möchte man keinen maximalen Abstand oder X-/Y-Startwert, ist der Inhalt dieser Felder zu löschen. Ein Sortierkriterium erstellt man mit einem Doppelklick auf das gewünschte Datenfeld in der linken Liste. Dabei werden die aktuellen Werte der Abstände verwendet und in die rechte Liste übertragen. Durch Doppelklick im rechten Feld wird ein Kriterium wieder entfernt und mit dem „Ändern-Button“ lassen sich Blöcke nach ihren Daten sortieren, etwa Attributinhalt oder Werte dynamischer Parameter. **Andreas Kraus/ra** ◀

wendet wird. Möchte man keinen maximalen Abstand oder X-/Y-Startwert, ist der Inhalt dieser Felder zu löschen.

Ein Sortierkriterium erstellt man mit einem Doppelklick auf das gewünschte Datenfeld in der linken Liste. Dabei werden die aktuellen Werte der Abstände verwendet und in die rechte Liste übertragen. Durch Doppelklick im rechten Feld wird ein Kriterium wieder entfernt und mit dem „Ändern-Button“ lassen sich Blöcke nach ihren Daten sortieren, etwa Attributinhalt oder Werte dynamischer Parameter. **Andreas Kraus/ra** ◀

**Programm:** ACM-BKSLOESCHEN.LSP  
**Funktion:** benannte BKS per Dialogfeldauswahl löschen  
**Autor:** Gerhard Rampf  
**Lauffähig ab:** AutoCAD 2010  
**Bezug:** online



## ACM-TYPLOESCH.LSP: Löschen nach Objekttyp

Um den Überblick in einer Zeichnung zu behalten, empfiehlt es sich, ab und zu die nicht mehr benötigten Bestandteile zu entsorgen. Grundsätzlich ist das eine Aufgabe für den Standardbefehl LÖSCHEN. Möchte man aber nur bestimmte Objekttypen aus einem Zeichnungsbereich nehmen, erleichtert und beschleunigt das Tool **ACM-TYPLOESCH.LSP** womöglich die Löschaktion.

Und so funktioniert: Zuerst wird mit den Standard-Objektwahl-techniken „Picken“, „Fenster“ oder „Kreuzen“ eine Grobauswahl getroffen. Anschließend öffnet sich das Dialogfeld „Zu löschende wählen“, in dem sich anhand des Merkmals „Objekttyp“ der Auswahlfilter zusammenstellen lässt. Ein Listenfeld führt hierfür alle im Ausschnitt enthaltenen Objekttypen auf. Bei erneuter

Befehlsausführung ist dabei immer der zuletzt verwendete Filtersatz schon vormarkiert. Über die Suchfunktion im Dialogfeld lassen sich per Platzhaltersuche auch sehr schnell Objekttypgruppen zusammenstellen. So findet beispielsweise die Eingabe „\*bem\*“ alle Bemaßungsvarianten und setzt diese dann zu einem Auswahlkriterium zusammen, das sämtliche Bemaßungen entfernt.

Über zwei Kontrollkästchen kann der Löschvorgang noch feingesteuert werden. Um zu erreichen, dass gerade die dem Filter nicht entsprechenden Elemente gelöscht werden, genügt ein Haken im Kontrollkästchen „Filter invertieren“. Und wer sich seiner Sache sicher ist, kann durch Aktivieren der Option „Layersperrung ignorieren“ auch Objekte löschen, die eigentlich unter dem Schutz durch eine

Layersperrung stehen. Ist mindestens ein Filterobjekttyp bestimmt, wird die „OK“-Schaltfläche scharf gestellt und der Löschvorgang kann beginnen. Sollte das Löschergebnis nicht den Erwartungen entsprechen, sorgt der ZURÜCK-Befehl wieder für den Ausgangszustand. Sämtliche Einstellungen werden gespeichert und stehen – sofern sie sich auf den neuen Ausschnitt anwenden lassen – beim nächsten Befehlsaufruf als Vorgabe zur Verfügung. **Gerhard Rampf/ra**

**Programm:** ACM-TYPLOESCH.LSP

**Funktion:** Objekte löschen mit Objekttypfilter

**Autor:** Gerhard Rampf

**Lauffähig ab:** AutoCAD 2015

**Bezug:** online



## HANDTUCHREGAL.LSP: Schöner Platz für Gästehandtücher

In öffentlichen Toiletten sieht man sie immer wieder: die Plastikkästen mit Papierhandtüchern zur Entnahme einzelner Blätter oder zum Abreißen von der Rolle. Dieses Prinzip ist aus hygienischen Gründen verständlich.

In privaten Räumen oder Hotels mit Designanspruch ist ein Regal mit mehreren Fächern zur Ablage von Textiltüchern oft der Wunsch. Statt eines Bretts für die Auflage der Tücher, ist ein Rahmen mit Rundstangen zur Belüftung die bessere Lösung. Das bedeutet: viele Einzelteile aus geometrischen Grundkörpern mit unterschiedlichen Maßen. Beim Erstellen einer 3D-Zeichnung kämen auch die notwendigen Editierfunktionen nicht zu kurz, wie spiegeln, kopieren und schieben.

Das Tool **HANDTUCHREGAL.LSP** erleichtert diesen Arbeitsaufwand und bietet verschiedene Parameter zur Gestaltung individueller Lösungen. Mit dem Aufruf der Routine startet eine Dialogbox, in deren linken

Bereich ein Bild mit Angaben zu den Parametern erscheint. Im rechten Teil oben beginnen die Parameter mit Regalbreite, Regalhöhe und Regaltiefe. Für den Einfügebereich wichtig ist der „Abstand vom Boden“, denn es handelt sich um ein Hängeregale. Der Wert „Überstand Ablagen oben unten“ regelt den Platz zur Befestigung durch Verlängerung der Aufrechten an der Wand.

Mit der Veränderung der Vorgaben jeweils bei „Rahmenholzstärke“, „Anzahl der Ablagen“ und „Abstand zwischen Ablagen“ plus Enter, berechnet sich das Maß „Regalhöhe“ neu. Die Vorgabe „Regaltiefe“ geht aus der Größe des gefalteten Handtuchs auf A4 hervor und damit auch die „Anzahl der Ablagestangen“. Die Größe des Handtuchs passt sich den Parametern von Regalbreite und Regaltiefe automatisch an. Standardmäßig werden ein Handtuch und ein Handtuchhaken eingefügt. Das lässt sich durch Klicken der „Toggle“ abwählen. Allerdings

schaffen diese beiden Accessoires etwas wohnliche Atmosphäre. Die Regalteile und das Handtuch werden auf verschiedenen Layer erstellt, farblich sichtbar. Haben Sie auf OK gedrückt, ist der Einfügebereich anzugeben und das Handtuchregal entsteht. Das Objekt lässt sich nun noch mit einer Reihe von Befehlen verändern. So könnte man bei vier Ablagen auf jede ein Handtuch kopieren. Der Abstand zwischen den Ablagen ist vorgabemäßig für zwei Handtücher übereinander mit etwas Luft zur Entnahme berechnet. Und der Handtuchhaken bietet sich an, daran etwas aufzuhängen.

**Thomas Elbracht/ra** ◀

**Programm:** HANDTUCHREGAL.LSP

**Funktion:** Handtuchregal für den Einrichtungsplaner

**Autor:** Thomas Elbracht

**Lauffähig ab:** AutoCAD 2023

**Bezug:** online

E

## ACM-UNSIHTBAR.LSP: Für Durchblick sorgen

Auch bei der Arbeit mit AutoCAD gilt manchmal: Weniger ist mehr. So behält man in Zeichnungen mit vielen Objekten den Überblick, wenn störende Elemente temporär von der Bildfläche genommen werden. Im Schattierungsmodus „2D-Drahtkörper“ geht das ganz einfach und schnell mit dem Tool **ACM-UNSIHTBAR.LSP**.

Nach dem Befehlsaufruf fordert das Tool dazu auf, durch Drücken der Eingabetaste die Objektwahl zu starten, für die sämtliche Standardmethoden zur Verfügung stehen. So lassen sich Objekte direkt anklicken, mit Fenster-, Kreuzenauswahl oder auch per Zaun wählen. Sobald eine Auswahl erfolgte, führt das Programm ohne weitere Nachfrage das Ausblenden aus. Das bedeutet, dass ein angeklicktes Objekt unverzüglich vom Bildschirm verschwindet. Ebenso verhält

es sich, wenn mehrere Elemente zu einem Auswahlsatz zusammengefasst wurden. Die beim Start ebenfalls angebotene Option „Einstellungen“ öffnet ein Dialogfeld zum Feintuning des Befehls. In einer Pop-up-Liste kann man die temporäre Größe der Pickbox festlegen. Hierfür stehen die Variante „Aktuelle“ sowie die Größen von 0 bis 20 zur Auswahl.

Auch der Umgang mit Objekten auf gesperrten Layern lässt sich regeln. Sind normalerweise gesperrte Objekte ausgeschlossen, lassen sie sich durch Aktivieren der Option „Layersperrung ignorieren“ ausblenden, obwohl sie eigentlich unter dem Schutz einer Layersperrung stehen.

Die dritte Option „Wiederholmodus ein“ regelt das Ausführungsverhalten des Tools. In der Grundeinstellung wird es im Wiederholmodus

gefahren, also nach einem Ausblendvorgang bleibt der Befehl aktiv und das nächste Objekt wird in Angriff genommen. Ist diese Option ausgeschaltet, wird das Programm nach jeder Objektwahl automatisch beendet. Mit dem Befehl REGEN holt man die unsichtbaren Elemente wieder zurück auf den Bildschirm. Die Elemente sind jetzt zwar nicht mehr zu sehen, gelangen aber bei einer Objektwahl mit den Optionen „Alle“ und „Vorher“ trotzdem in den Auswahlsatz.

Gerhard Rampf/ra ◀

**Programm:** ACM-UNSIHTBAR.LSP  
**Funktion:** Objekte temporär ausblenden  
**Autor:** Gerhard Rampf  
**Lauffähig ab:** AutoCAD 2015  
**Bezug:** online

F

## FR\_BV\_UESRU.LSP: Überschobene Schalung mit gerundetem Oberbrett

Bei der Verwendung von Massivholz sind die Grundkonstruktionen – losgelöst vom Entwurf – materialgerecht auszuführen. Dieses gilt auch für die Fertigung von Breitenverbindungen im Vollholzbereich.

**FR\_BV\_UESRU.LSP** ist eine Routine, mit der sich eine überschobene Schalung mit gerundetem Oberbrett individuell 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.

Die Bretter werden an den Kanten so genietet, dass die Nutwangenstärke und die Nutbreite gleich sind und sie so überschoben zusammengesteckt werden können. Durch die Kombination und im Wechsel mit an den Längskanten gerundeten Oberbrettern entsteht ein rustikales Erscheinungsbild.

In der Dialogbox sind bereits Voreinstellungen hinterlegt, die die

wesentlichen Konstruktionsvorgaben für die Ausführung garantieren. So entspricht der Vorgabewert für die Nuttiefe der halben Brettstärke; die Nuthöhe wird generell auf 1/3 von der Brettstärke berechnet. Die Brettstärke der einzelnen Bretter sollte wegen ihres Schwindverhaltens 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 auf der rechten Seite eingebundenen Vorschaubilds, aus den vier Ausführungsvarianten: „Linkes Startbrett, Oberbrett mit Längsradius, 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 kann man überschreiben. Für weitere Details lässt sich der Schaltknopf

„Auf Grenzen zoomen“ aktivieren.

Lm: Brettbreite  
 D1: Brettstärke  
 D2: Nuttiefe (D 1/2 empfohlen)  
 RU1: Längsradius  
 KZ: Vollholz Kurzbezeichnung  
 ScA: Schraffurabstand  
 ScW: Schraffurwinkel

Die hinterlegte Layerstruktur bezieht sich auf die im Tischlerhandwerk gültige DIN 919 „Technische Zeichnungen – Holzverarbeitung – Grundlagen“. Auch die benutzten Schraffurmuster erfüllen diese Vorgaben nach DIN. Felicitas Ribbrock/ra ◀

**Programm:** FR\_BV\_UESRU.LSP  
**Funktion:** überschobene Schalung mit gerundetem Oberbrett  
**Autorin:** Felicitas Ribbrock  
**Lauffähig ab:** AutoCAD 2023  
**Bezug:** online



## DWGBLOCKADJUST.LSP: DWG-Dateien aus DBS-Datei anpassen

Mit dem Programm DWGBLOCKSCANNER.LSP aus dem AUTOCAD Magazin 6/2025 ist es möglich, ein Datei-Verzeichnis auszuwählen. Die Eigenschaften Blockskalierung, dynamischer Block, Beschriftungseigenschaft und Einheit können von allen enthaltenen DWG-Dateien (auch aus Unterverzeichnissen) ausgelesen und in eine Textdatei JB\_DBS\_PROPLIST.LSP im LISP-Format geschrieben werden.

Aus der Datei JB\_DBS\_PROPLIST.LSP können die enthaltenen Eigenschaften pro DWG-Datei in einem Dialogfenster angezeigt werden. Das geschieht mit dem heutigen Programm **DWGBLOCKADJUST.LSP**. So kann man sich einen Überblick über die Ist-Eigenschaften der DWG-Dateien verschaffen. Mit Eigenschaftsfiltermöglichkeiten oder Blocknamenfiltern lässt sich diese Liste verkleinern. Weiter ist es mit dem aktuellen Programm möglich, die Eigenschaften „Blockskalierung“, „Beschriftungseigenschaft“ und „Einheit“ mit neuen Werten zu versehen.

Sinnvolle Aufgabenstellungen für die beiden Programme DWG-

BLOCKSCANNER und DWGBLOCKADJUST:

- alle DWG-Dateien eines Verzeichnisses sollen zum Beispiel die Einheit [m] erhalten
- alle DWG-Dateien aus einem Verzeichnis sollen zum Beispiel keine Beschriftungseigenschaft enthalten
- prüfen, ob die Eigenschaft einheitliche Blockskalierung bei allen DWG-Dateien eines Verzeichnisses nicht aktiviert ist

Das Anpassen der DWG-Dateien funktioniert wie folgt:

- Es wird die Datei JB\_DBS\_PROPLIST.LSP (erstellt durch Scan mit dem Programm DWGBLOCKSCANNER) ausgewählt.
- Es werden alle DWG-Dateien aus der Datei JB\_DBS\_PROPLIST.LSP angezeigt.
- Die Liste der DWG-Dateien kann durch Filter eingeschränkt werden:
  - Erst wenn Filter aktiviert sind, werden diese für die Einschränkung der DWG-Dateien in der Liste verwendet.
  - Nur die DWG-Dateien sind in der Liste nicht dargestellt, wenn sie den ak-

tiven Filtern nicht entsprechen.

- Zu beachten ist, dass sie bei Verwendung mehrerer Filter mit UND oder ODER verknüpft werden.
- Jetzt können Werte für folgende Eigenschaften festgelegt werden:
  - Blockskalierung (Ja, Nein)
  - Beschriftungseigenschaft (Ja, Nein => Skriptablauf)
  - Einheit (etwa m, mm, Zoll usw. => Skriptablauf)
- Anpassungen durchführen: wenn die Eigenschaften Beschriftungseigenschaft oder Einheit geändert wird, geschieht das in einem Skriptablauf. Es wird ein DWG-Zeichnung nach der anderen geöffnet, die Eigenschaften werden angepasst, die DWG-Datei wird gespeichert und wieder geschlossen. **Jörn Bosse/ra** ◀

**Programm:** DWGBLOCKADJUST.LSP

**Funktion:** DWG-Dateien aus DBS-Datei anpassen

**Autor:** Jörn Bosse

**Lauffähig ab:** AutoCAD 2021

**Bezug:** online



## ACM\_LW.LSP: Linienobjekte selektieren und markieren

Es kommt gar nicht mal selten vor, dass man alte, nicht sehr exakt konstruierte und oft auch in Liniensegmenten zerlegte Zeichnungen erhält, die viele winzig kleine Restlinien, teilweise mit einer Linienlänge von Null, aufweisen. Sind sie sehr komplex und unübersichtlich strukturiert, ist das Auffinden der winzigen Restlinien sehr schwierig. Um das zu überwinden, wurde das Tool **ACM\_LW.LSP** konzipiert.

Mit dem Programm lassen sich Linienobjekte je nach Voreinstellung entsprechend ihrer Längeneigenschaft auffinden, markieren und selektieren. Durch Voreinstellung kann man festlegen, in welchem Längentoleranzbereich die Objekte selektiert werden sollen. Dazu gibt man als „Selektions-

wert von“ den kleinsten und über den „Selektionswert bis“ den größten Wert an, um den Toleranzbereich festzulegen. Dann werden alle Linienobjekte mit Längen größer oder gleich des kleineren Selektionswerts und kleiner oder gleich des größeren Selektionswerts ausgewählt. Auf diese Auswahl kann man mit einem nachfolgenden Befehl mit der Auswahloption „v“ für vorherige Auswahl zugreifen.

Neben der Auswahlatzbildung lassen sich über den Einfärben-Modus die ausgewählten Objekte auch einfärben. Je nach voreingestellter AutoCAD-Markierungsfarbe wird dann den selektierten Objekten die Markierungsfarbe zugeordnet. Je nach Flächenausdehnung des Projekts las-

sen sich aber auch farblich markierte Objekte nicht immer gut auffinden. Für solche Fälle kann auf dem aktuellen Layer über die Modus-Option „Hinweislinien“ die Konstruktion von Linien vom selektierten Objekt zum Ursprung des Benutzerkoordinatenursprungs generiert werden, um diese besser aufzufinden. **Silke Molch/ra** ◀

**Programm:** ACM\_LW.LSP

**Funktion:** Linienobjekte auf Basis ihrer Längen selektieren und markieren

**Autorin:** Silke Molch

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

**Bezug:** online

# Für alle Fälle das passende System

Ohne schnelle Hardware sind CAD, Simulationen und 3D-Visualisierungen im Maschinenbau, der Fertigung oder der Baubranche undenkbar. Im Gespräch mit dem Autocad Magazin erläutert Peter Beck, Field Product Manager Workstation & Rugged bei Dell Technologies, warum die klassische CAD-Workstation längst nicht zum alten Eisen gehört und welche Trends sie in der Zukunft prägen werden.

**Autocad Magazin:** Gibt es für Sie noch die dedizierte CAD-Workstation, und wenn ja, was gehört alles dazu?

**Peter Beck:** Ja, es gibt definitiv noch die dedizierte CAD-Workstation, besonders in Märkten mit einem so starken Fahrzeug- und Maschinenbau wie Deutschland. Dazu gehört zum einen die klassische Desktop-Workstation auf oder unter dem Tisch, die vom kleinen

nennen, die sich die Anwender aus einem zentralen Rechenzentrum oder der Cloud bei Bedarf auf ihr normales Office-System holen.

**Veränderungen in den Engineering-Workflows wie Cloudanwendungen oder hybrides Arbeiten – wie haben sie sich auf den Markt für leistungsfähige Rechner ausgewirkt?**

Markt im Vergleich zu klassischen Workstations relativ klein ist, zertifizieren außerdem nicht alle Software-Hersteller virtuelle 3D-beschleunigte Maschinen. Dabei ist jedoch zu ergänzen, dass zentralisierte Workstations nicht nur virtuell realisierbar sind. Mit entsprechenden Remote-Protokollen und deren Grafiktreiber-Support können Workstations auch zentralisiert werden, ohne sie zu virtualisieren.

**Welche Vorüberlegungen und Auswahlkriterien für eine Workstation sehen Sie als besonders wichtig an?**

**Peter Beck:** Zwei ganz entscheidende Kriterien sind natürlich Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit. Workstations kommen bei komplexen, oft zeitkritischen Aufgaben wie CAD oder Simulation zum Einsatz, wo Ausfälle oder Herausforderungen Projekte verzögern, hohe Kosten verursachen und die Qualität der Ergebnisse beeinträchtigen können. Software-Zertifizierungen sind aber mindestens genauso wichtig. Sie geben den Nutzern die Gewissheit, dass ihre Anwendungen stabil, kompatibel und mit voller Leistung laufen und sie bei eventuellen Bugs vom Software-Hersteller unterstützt werden.

**„Auf die Expertise von Ingenieuren werden wir auch in den kommenden Jahren nicht verzichten können.“**

Peter Beck, Field Product Manager Workstation & Rugged bei Dell Technologies



System mit einem Gehäuse von unter drei Litern bis hin zur großen Tower-Workstation für stationäre Simulationen skalierbar ist. Außerdem haben wir die klassische mobile Workstation, die flexibles Arbeiten ermöglicht und gleichzeitig den Hardware-Anforderungen der Software-Hersteller für eine Zertifizierung gerecht wird. Und drittens ist hier die virtuelle Workstation zu

**Peter Beck:** Stationäre und mobile Systeme haben fast den gleichen Marktanteil, wobei die mobilen Systeme derzeit die Nase ganz leicht vorne haben. Virtualisierte Lösungen waren nach Corona besonders stark gefragt, haben aber immer noch mit Herausforderungen bei den vorhandenen Infrastrukturen zu kämpfen. Weil der Testaufwand hoch, die Performance schwer vorhersagbar und der

„Ob mobil, stationär oder virtuell: Für alle Anwendungsfälle lässt sich ein passendes System finden.“



Wie sieht eine sinnvolle Desktop-Konfiguration mit Peripherie für Anwender von 3D- und Visualisierungslösungen aus?

**Peter Beck:** Ohne konkretere Angaben beispielsweise zur Baugruppengröße oder den eingesetzten Anwendungen ist es schwer, eine pauschale Aussage zu treffen. Grundsätzlich sind die meisten CAD-Anwendungen aber sehr CPU-lastig und benötigen Prozessoren mit hohen Taktraten. Gleichzeitig sollte die Grafikkarte passend ausgewählt werden. Eine zu große GPU macht das System unnötig teuer; ist sie zu klein, führt das zu langsamer Darstellung, langen Lade- und Berechnungszeiten oder sogar zum Absturz der Software. Das schränkt die Produktivität der Anwender ein und frustriert sie. Workstation-Hersteller können mit ihren vorbereiteten Systemen aber

jeden Anwendungsfall sowohl stationär als auch mobil sehr gut abbilden.

Wo empfiehlt sich der Einsatz einer mobilen Workstation?

**Peter Beck:** Wenn die Anforderungen flexible Arbeitsplatzlösungen erfordern und es dafür Notebooks gibt, die vom Software-Hersteller für den Einsatz mit seiner professionellen Anwendung zertifiziert wurden. Empfehlenswert sind mobile Workstations auch immer dann, wenn Nutzer Bedarf an mehr Leistung haben, als ein klassisches Office-System bieten kann. Dabei ist in der Regel keine dedizierte Grafikkarte erforderlich, sondern es genügt eine leistungsfähigere CPU, beispielsweise bei der Arbeit mit einem PLM, PowerBI, Excel oder ähnlichen Tools.

Inwiefern bringt Dell Technologies die vielen verschiedenen Ansprüche in seinem Produktportfolio unter?

**Peter Beck:** Wir haben Anfang des Jahres die Namensgebung unseres Client-Portfolios angepasst, so dass es nun auch für jemanden, der noch nicht so viel mit uns zu tun hatte, relativ einfach ist, ein passendes Modell zu finden. Die Reihe Dell Pro bedient klassische Office-Anwender, während sich Dell Pro Max an professionelle Anwender mit höheren Leistungsanforderungen richtet. Innerhalb von Dell Pro Max unterscheiden wir noch die Klassen Pro Max, Pro Max Plus und Pro Max Premium. Pro Max bietet dabei Einstiegsmodelle für preisbewusste Anwender, Pro Max Plus liefert maximale Skalierbarkeit, Flexibilität und Leistung, und Pro Max Premium bringt hochwer-

## XR-Innovation. Technologietransfer. Zukunft gestalten.

**Das Virtual Dimension Center (VDC) ist Deutschlands führendes Netzwerk für Virtual Engineering, Virtual & Augmented Reality sowie 3D-Simulation und -Visualisierung**

- **XR-Technologien erleben:** Zugang zu Demozentren, Systemvergleichen und XR-Equipment-Verleih
- **Wissen nutzen:** Weiterbildungen, XR-Normung, Branchenanalysen und praxisnahe Studien
- **Vernetzung gestalten:** Start-up-Förderung, Partnernetzwerk und CyberLänd Plattform
- **Projekte realisieren:** Unterstützung bei Förderanträgen, Konsortialbildung und Technologietransfer
- **Sichtbarkeit schaffen:** Teilnahme an Fachveranstaltungen wie der XR EXPO & Veröffentlichung von Branchenerkenntnissen

**Mitglied werden. Vorteile sichern.**



[www.vdc-fellbach.de](http://www.vdc-fellbach.de) | [info@vdc-fellbach.de](mailto:info@vdc-fellbach.de)

„Künstliche Intelligenz wird in den nächsten Jahren wohl zunehmend zu einem integralen Bestandteil des gesamten Konstruktionsprozesses.“

Bild: © WrightStudio adobe.stock.com

tige und innovative Materialien, Designs und Ausstattungsoptionen mit. Ob preisbewusster Start oder maximale Ausbaustufe, ob mobil, stationär oder virtuell: Ich bin mir sicher, dass sich in unserem Portfolio für alle Anwendungsfälle ein passendes System finden lässt.

Ein Feature aktueller Workstations ist die KI-Fähigkeit. Was ist konkret darunter zu verstehen und wie profitieren Anwender davon?

**Peter Beck:** Da müssen wir ein bisschen differenzieren. Oft werden als KI-fähig nur Workstations verstanden, die über eine Neural Processing Unit, eine NPU, verfügen. Das ist ein Co-Prozessor in der CPU, der für die effiziente Ausführung von vortrainierter KI optimiert ist. Dabei wird aber übersehen, dass auch die Grafikkarte ein Co-Prozessor ist, und zwar einer, der schneller arbeiten kann als jede aktuell verfügbare NPU. Manche Software-Hersteller entscheiden sich bewusst dafür, ihre vortrainierte KI auf der NPU laufen zu lassen, weil diese vergleichsweise weniger Energie benötigt.

Es gibt aber auch schon Beispiele, wie Software-Hersteller mit KI, die die Grafikkarte nutzt, zeitaufwändige Standard-Tasks stark vereinfachen können. Mit der richtigen GPU und entsprechender Hardwarekonfiguration kann jede moderne Workstation KI-fähig sein. Eine NPU ist dafür nicht zwingend nötig.

Nennen Sie uns doch bitte ein Beispiel.

**Peter Beck:** Für den Einsatz vortrainierter KI auf der NPU sind etwa die Studio Tools von Microsoft oder das AI Noise Canceling

von Headsets. Für Software, die auf der GPU läuft, gibt es bereits einige Beispiele aus der Industrie, bei welchen Hersteller mit KI wie Stable Diffusion zeitaufwändige Standard-Aufgaben stark vereinfachen können. Ein weiteres Beispiel wäre ein lokales Large Language Model, das Fragen aus einer Wissensdatenbank verständlich beantworten kann.

Die Auswahl an leistungsfähigen Prozessoren und Grafikkarten ist ja eher begrenzt. Wie gelingt es da, sich von anderen Herstellern abzuheben?

**Peter Beck:** Ich denke nicht, dass das Angebot begrenzt ist. Mit Intel und AMD und deren verschiedenen Plattformen wie Intel Core Ultra und AMD Ryzen oder Intel Xeon und AMD Threadripper Pro haben die Nutzer eher die Wahl, wenn sie eine passende Plattform für ihren Anwendungsfall suchen.

Und, was die Möglichkeit zur Abgrenzung von anderen Herstellern angeht: Die Hardware, die uns Technologiepartner wie Intel, AMD und Nvidia zur Verfügung stellen, ist ja nicht alleine lauffähig. Dadurch haben wir schon sehr gute Möglichkeiten, uns vom Wettbewerb zu unterscheiden. Ein Beispiel dafür ist etwa die Technologie CAMM, unsere Speichertechnologie, die in Kooperation mit anderen Herstellern entstanden ist, und die SODIMM in Notebooks ablösen wird. CAMM steht für Compressed Attached Memory Modul und lässt nicht nur schlankere Designs zu, sondern überwindet auch die Geschwindigkeitsbegrenzungen von SODIMM. Ein anderes Beispiel ist der ‚dritte Lüfter‘ in den Systemen von Dell Pro Max Plus.

Er sorgt im Notebookgehäuse für einen Unterdruck, um die Wärmeabfuhr zu optimieren und dadurch auch Komponenten wie den RAM-Speicher oder die SSDs zu kühlen. Aber auch softwareseitig gibt es einige Möglichkeiten zur Abgrenzung. Sogenannte User Selectable Thermal Tables, kurz USTTs, unterstützen Anwender dabei, eine Workstation situationsabhängig zu optimieren: leise mit etwas reduzierter Leistung, maximale Performance mit höherer Lüfterdrehzahl oder ein Kompromiss zwischen Lautstärke und Leistung.

Wie wird sich die Arbeit in Konstruktion und Produktentwicklung in den nächsten Jahren verändern und welches Schicksal steht damit der Workstation bevor?

**Peter Beck:** Künstliche Intelligenz wird in den nächsten Jahren wohl zunehmend zu einem integralen Bestandteil des gesamten Konstruktionsprozesses. Dabei steigert sie nicht nur die Effizienz und Qualität, sondern eröffnet auch ganz neue kreative und technische Möglichkeiten.

Generative KI kann beispielsweise auf Basis von Eingabedaten automatisch mehrere alternative Designs entwerfen, die von den Konstrukteuren dann bewertet werden. Zudem ist sie in der Lage, innovative Formen und Konstruktionen zu entwerfen, auf die Menschen durch bloße Intuition gar nicht kommen würden. Auf die Expertise von Ingenieuren werden wir aber auch in den kommenden Jahren nicht verzichten können – und damit auch nicht auf Workstations.

Herr Beck, wir bedanken uns für das Gespräch. anm ◀

# MULTI CAD

SOLUTIONS



Bild: Camtex GmbH

Mehr Tempo in der Produktentwicklung  
**PLM-, ERP- und MES**  
für den digitalen Zwilling

# Wenn die Datensilos entschwinden

Die Razorleaf Corporation hat eine neue Version von Clover vorgestellt, eine Integrationsplattform für den Digital Thread. Cloud-Native und Low-Code versetzen Unternehmen in die Lage, Integrationsherausforderungen in wichtigen Bereichen wie PLM, ERP, MES zu bewältigen. Von Roland Bauer

Neue Integrationsplattform mit cloud-nativer Technologie von Razorleaf.

Die Razorleaf Corporation, Anbieter in den Bereichen Digital Engineering, Fertigungsberatung und Systemintegration, hat die nächste Generation von „Clover“ vorgestellt, einer Plattform für die Integration digitaler Prozesse. Clover soll Fertigungsunternehmen beim Aufbau eines skalierbaren digitalen Prozesses über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg unterstützen. Idealerweise würde Clover professionelle Dienstleistungen für die Installation, Implementierung und Wartung überflüssig machen und so die mit einer Integrationsplattform verbundenen Kosten und Risiken reduzieren.

Diese aktualisierte Integrationsplattform wurde mit cloud-nativer Technologie entwickelt und bietet verbesserte Leistung und Sicherheit sowie flexible Bereitstellungsoptionen vor Ort, in der Cloud oder als Hybrid. Die Selbstbedienungsfunktionen von Clover ermöglichen es Unternehmen, Integrationen ohne teure technische Ressourcen oder Fachkenntnisse selbstständig einzurichten und zu pflegen.

Die Plattform ermöglicht den Austausch digitaler Produkt- und Fertigungsdaten zwischen Benutzern, über Abteilungen hinweg, im gesamten Unternehmen und darüber hinaus. Durch die

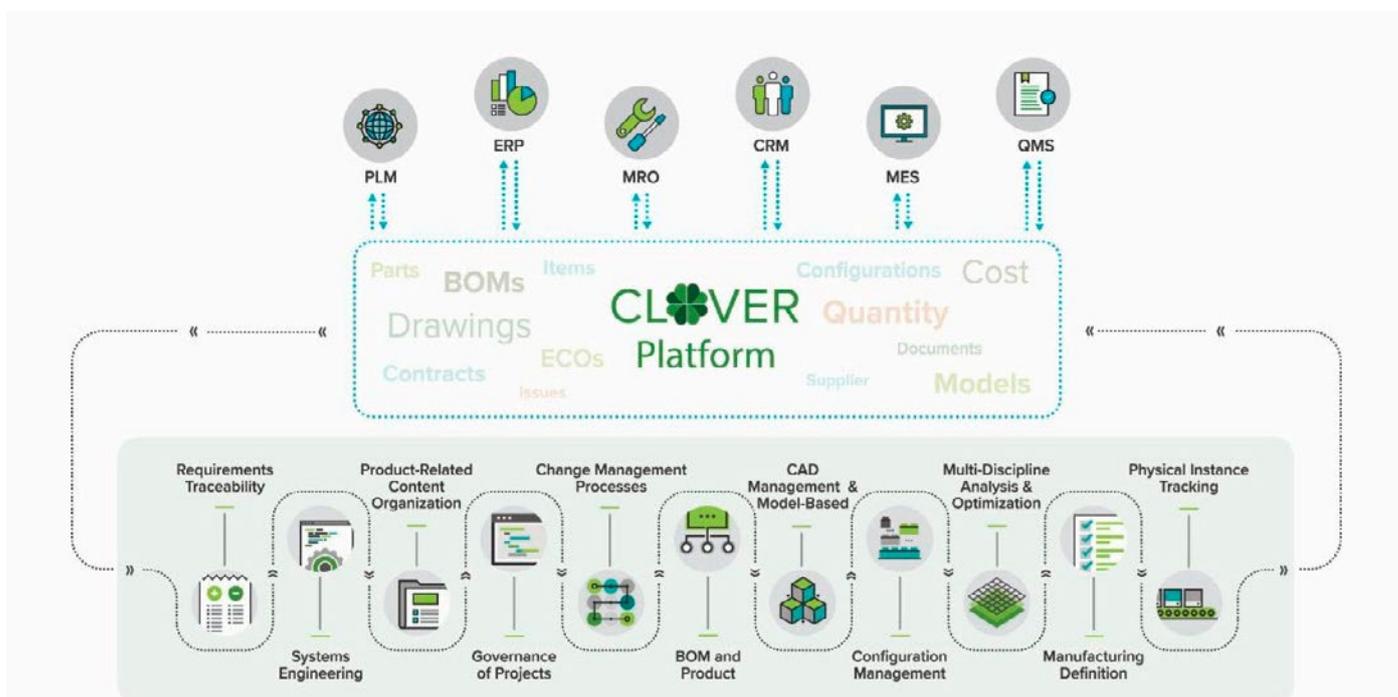


Bild: Razorleaf



Bild: e kumakorn, stock.adobe.com

Schaffung eines gut vernetzten digitalen roten Fadens können Unternehmen die Entscheidungsfindung beschleunigen, die Datengenauigkeit verbessern, die Qualität sicherstellen und die Automatisierung vorantreiben - und so letztlich die Effizienz, Zusammenarbeit und Produktivität in verschiedenen Funktionsbereichen steigern.

## Zugang zu den Produkt- und Fertigungsdaten

„Die nächste Produktivitätsgrenze ist die Optimierung des Unternehmens durch die Schaffung eines einzigartigen Digital Threads“, sagt Eric Doubell, CEO von Razorleaf. „Die Clover-Plattform von Razorleaf setzt bei der Unternehmensoptimierung an, indem sie einen einfachen, skalierbaren Zugang zu Produkt- und Fertigungsdaten bietet, die dann von den Beteiligten im Management, in der Entwicklung, im Einkauf, im Vertrieb, in der Produktion, im Lager und in den Teams von Drittanbietern genutzt werden können - automatisch, wo und wann sie benötigt werden.“

Doubell: „Hersteller haben so viele wertvolle Daten in ihren bestehenden Unternehmens-, Entwicklungs-, Fertigungs- und Geschäftssystemen. Clover ermöglicht es ihnen, diese Systeme schnell zu durchforsten und gezielt nach relevanten Informationen zu suchen, die die spezifischen Geschäftsanforderungen ihres Unternehmens unterstützen. Razorleaf entwickelt Clover kontinuierlich weiter, um einen vollständigen Ontologie-Ansatz zur Strukturierung und Charakterisierung von Daten zu unterstützen.“

„Die Cloud-native, Low-Code-Integrations- und Kommunikationsplattform von CLOVER ermöglicht den nahtlosen Datenaustausch

zwischen verschiedenen Systemen“, sagt Mark Reisig, CIMdata. „Sie versetzt Unternehmen in die Lage, End-to-End-Prozesse in ihrem gesamten Unternehmen zu verbinden und zu optimieren, die betriebliche Effizienz zu steigern und den Bedarf an teuren kundenspezifischen Integrationen zu minimieren.“

## Merkmale der Integrationsplattform

- **cloud-native Architektur:** Flexibilität bei der Ausführung vor Ort, in der Luft, in der Cloud oder in einem Hybridmodell
- **Sicherheit:** Die Dienste sind für die Datenisolierung in Containern untergebracht und bieten eine vollständige Verschlüsselung der Daten im Ruhezustand und bei der Übermittlung
- **erweiterbare Schemata und Plug-ins:** minimiert den anfänglichen Implementierungsaufwand, ermöglicht aber die Ausführung jeder Art von Operation
- **asynchrone Verarbeitung und Echtzeitverarbeitung:** bietet Optionen für die sofortige Rückgabe von Daten oder die Verarbeitung im Hintergrund
- **schnelle und skalierbare Dienste:** schnelles Validieren, Umwandeln und Verarbeiten von Dateien und Daten
- **Polling-Dienste:** ermöglicht Clover die automatische Auslösung von Aufträgen bei Änderungen von Dateien oder Daten
- **Job Scheduling:** Ausführung komplexer Jobs und großer Operationen außerhalb der Geschäftszeiten, um Auswirkungen auf die Produktivität zu vermeiden

## Digitale Transformation für den gesamten Lebenszyklus

Mit seinen robusten Funktionen empfiehlt sich die nächste Generation von Clover als Werkzeug für Unternehmen, die das volle Potenzial der digitalen Transformation über den gesamten Produktlebenszyklus ausschöpfen wollen.

Clover bietet die Integration mit PLM-Systemen wie etwa Aras, Autodesk, Dassault Systèmes, PTC und andere - sowie mit ERP-, MES- und CRM-Systemen wie SAP, Oracle, Epicor, i-Base-t und Salesforce. Durch die Überbrückung von Abteilungssilos ermöglicht Clover den Wissensaustausch zwischen Teams in Echtzeit und minimiert die Komplexität und Kosten, die traditionell mit der Systemintegration verbunden sind. Dieser integrierte Ansatz ermöglicht es Unternehmen, gleichzeitige Arbeitsabläufe zu fördern und die Zusammenarbeit im gesamten Unternehmen zu verbessern. [ra]

**Die Plattform ermöglicht den Austausch digitaler Produkt- und Fertigungsdaten zwischen Benutzern, über Abteilungen hinweg, im gesamten Unternehmen und darüber hinaus.**



**BricsCAD®**

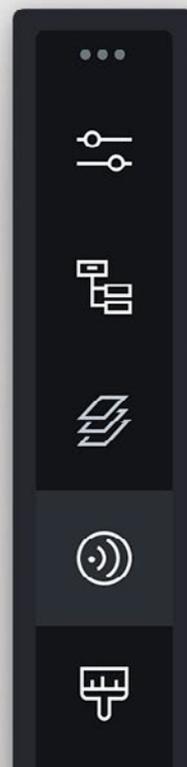
# Die echte CAD-Alternative

BricsCAD ermöglicht es jedem Zeichner, Maschinenbauingenieur, Architekten, Vermesser und Produktdesigner, mehr zu geringeren Gesamtkosten zu erreichen.

Wechseln Sie von AutoCAD® zu BricsCAD - die beste CAD-Alternative - in nur einer Stunde und werden Sie produktiv in weniger als einem Tag.



Entdecken Sie  
BricsCAD





DWG-kompatibel



Keine erzwungene Miete, nur flexible Lizenzierung



Intelligente CAD-Werkzeuge



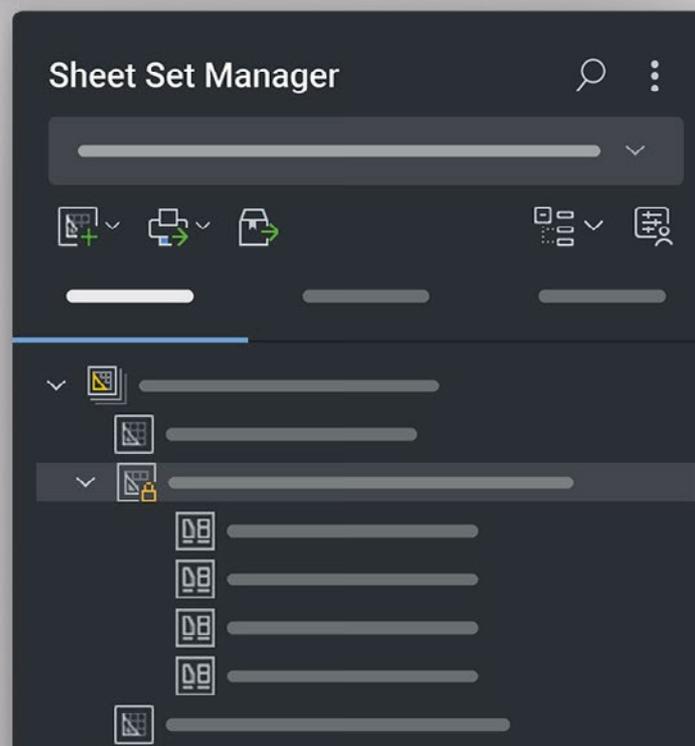
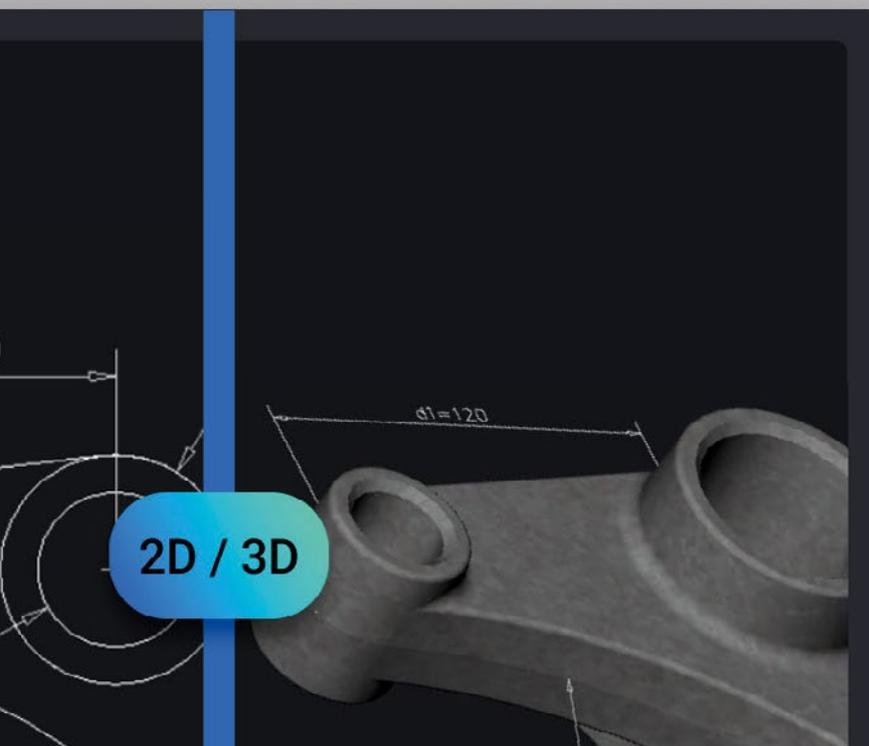
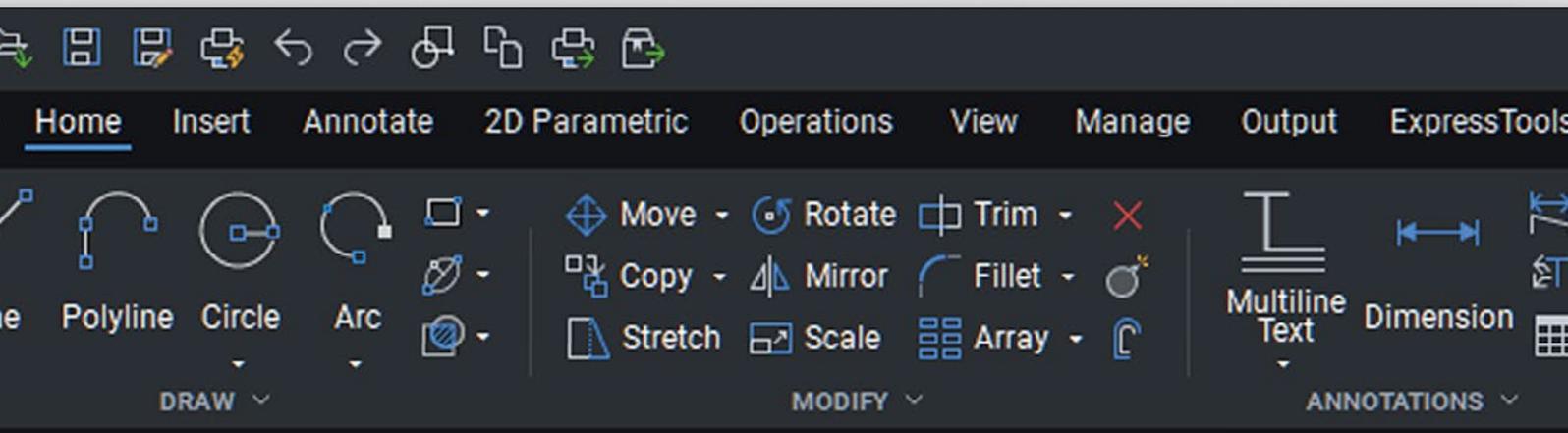
Automatische Übertragung von Konfigurationen und Anpassungen



Sofort vertraut für AutoCAD® Benutzer



Unterstützung von Multi-Thread- und Mehrkern-Operationen



Vectorworks Connect-CAD: Planung von Broadcasttechnik sowie Audio-, Video- und IT-Netzwerken.



# Gute Ideen zum Leben erwecken

Vectorworks gibt als Anbieter von Design- und BIM-Software die Markteinführung der neuen Version Vectorworks 2026 bekannt. Sie soll Architekten und Designern der Unterhaltungsbranche zur Steigerung ihrer Produktivität und zur Erweiterung ihrer Designmöglichkeiten dienen.

Von Lauren Hartman

Vectorworks 2026 umfasst die Programme Architect, Landmark, Spotlight, Design Suite, Fundamentals, ConnectCAD, Brace-



works und Vision. Für Darick DeHart, Chief Product Officer von Vectorworks, ist jedes Projekt eine Chance für kreativen Einfluss. Deshalb minimiere Vectorworks 2026 manuelle Anpassungen, unterstütze mutige Ideen und erfülle technische Standards, damit die Kunden ohne Einschränkungen entwerfen könnten und Zeit für kreative Erkundungen gewinnen, so DeHart.

Branchenforschung und Berichte zeigen, dass Building Information Modeling (BIM) und Nachhaltigkeit erkennbare Trends in der Architektur-, Ingenieur- und Bauindustrie (AEC) sowie der Landschaftsarchitektur und im Design sind. So enthält die neue Vectorworks-Version auch Werkzeuge und Verbesserungen, die besonders auf diese Trends eingehen.

Laut Vectorworks-Bericht von 2025 zu AEC-Branchentrends nimmt die Bedeutung von BIM aufgrund hoher Rendite und großem Kundeninteresse weiter zu. Um der AEC-Branche besser detaillierte BIM-Dokumentationen anzubieten, ermöglicht „Vectorworks Architect“ 2026 eine präzise 2D-Visualisierung von Türen, Fenstern und Wänden auf mehreren Detailebenen. Architekten können Wandpläne direkt in 3D erstellen, um die geplanten Zeichnungen ohne manuelle Umwege darzustellen.

Vectorworks Architect: Wandpläne direkt in 3D.

Bilder: Vectorworks, Inc.



Sustainability-Dashboard: Überprüfung des Nachhaltigkeitsfortschritts bei der Designentwicklung.

Bild unten: Neues LED-Werkzeug für dynamische Videodisplays in Vectorworks Spotlight 2026.

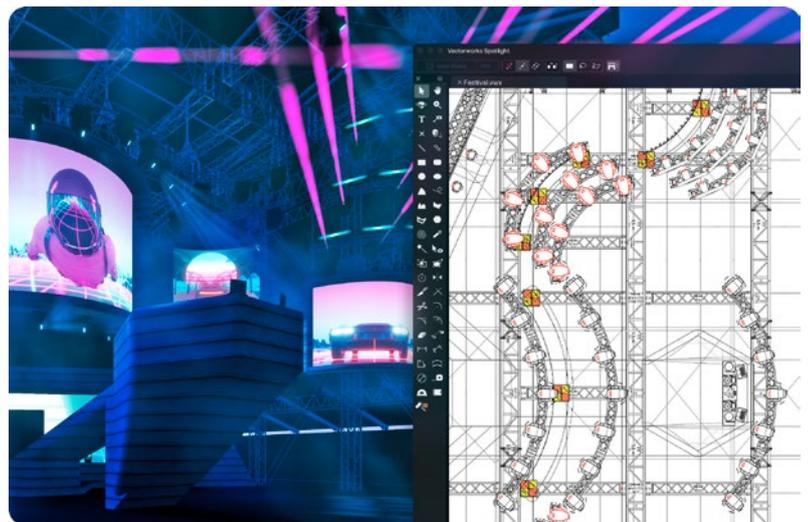
Weltweit wachsende Klimastrategien führen dazu, dass viele Fachleute dennoch nachhaltige Designanalyse-Technologien etablieren wollen. Mit dem neuen „Sustainability Dashboard“ kombiniert Vectorworks 2026 Werkzeuge in einem zentralen Interface, das Echtzeit-Nachhaltigkeitskennzahlen bietet.

### Branchentrends der Unterhaltungsindustrie

Da Live-Events zunehmend immersiv werden, benötigen Fachleute verlässliche Tools für visuelle Darstellungen. „Vectorworks Spotlight 2026“ stellt ein neues LED-Videowandwerkzeug vor, das Designer dynamische Videodisplays erstellen und visualisieren lässt, was die Integration von LED-Videos in Live-Events fördert.

Vectorworks 2026 vereint neue Funktionen und wesentliche Verbesserungen bestehender Werkzeuge. Es reduziert manuelle Arbeit, ermöglicht smartere Automatisierung und eine nahtlose Anpassung. Durch Verbesserungen wie Tiefenschärfe und Arbeitsblattschneiden wird das Design schneller und intuitiver. Vectorworks 2026 sei mehr als ein Upgrade. Es stehe für intelligenteres, schnelleres und nachhaltigeres Design, sagt Rubina Siddiqui, Senior Product Marketing Director von Vectorworks.

Die englischen Versionen sind ab sofort verfügbar, und die Veröffentlichung weiterer Sprachversionen soll laut Hersteller im ersten Quartal 2026 abgeschlossen sein. Weitere Informationen dazu bieten auch die lokalen Vectorworks-Distributoren. Kunden mit Abonnements und Service-Select-Verträgen können die Vectorworks-



Software 2026 nach Veröffentlichung in ihrer Region ganz einfach herunterladen. [\[ra\]](#)

**Autor:** Lauren Hartman

Brand Communications Director, Vectorworks, Inc.

### Über Vectorworks

Vectorworks, Inc. bietet Design- und BIM-Software für Architektur, Landschaftsarchitektur, Design und Unterhaltung in 85 Ländern an. Weltweit nutzen Fachleute Vectorworks auf Mac und Windows für zukunftsweisendes Design. Seit 1985 im Einsatz, bietet Vectorworks kreative Freiheit und ist Teil der Nemetschek Group, mit Hauptsitz in Columbia sowie Niederlassungen in Großbritannien, Kanada, Australien und Japan.

# Diversity im PLM



Wenige Unternehmen genießen heute noch den Luxus einer homogenen CAD-Umgebung. Laut einer Umfrage von PTC nutzen Unternehmen allein innerhalb ihrer eigenen Firewalls im Durchschnitt 2,7 CAD-Systeme. Für das Product Lifecycle Management (PLM) bedeutet das große Herausforderungen. Die Lösung, auf die auch Lufthansa Technik setzt, heißt Multi-CAD. Von Jeff Zemsky

Der Einsatz mehrerer CAD-Systeme ist oft sinnvoll, verursacht jedoch auch Ineffizienz und Redundanzen. Eine Lösung bietet Multi-CAD in PLM.

Dies bringt erhebliche Herausforderungen für das Product Lifecycle Management (PLM) mit sich. Das Ziel von PLM ist es, den gesamten Lebenszyklus eines Produkts zu verwalten, von seiner Konzeption bis zur Entsorgung. Das erfordert die Koordination zwischen verschiedenen Beteiligten und das Management großer Datenmengen. Sind mehrere CAD-Systeme im Einsatz, können sich diese Herausforderungen noch verschärfen, wenn das PLM-System nicht darauf ausgelegt ist, diese zu integrieren.

## Multi-CAD in PLM

Eine Lösung bietet Multi-CAD in PLM, also die Fähigkeit, Daten aus vielfältigen CAD-Systemen innerhalb eines einzigen PLM-Systems zu verwalten und zu integrieren. Mit Multi-CAD in PLM können Unternehmen ihre Produktentwicklungsprozesse über alle genutzten CAD-Systeme hinweg vereinfachen. Denn es ermöglicht:

- über eine einzelne Benutzeroberfläche auf Daten aus verschiedenen CAD-Systemen zuzugreifen und diese anzuzeigen,
- Daten ohne Informations- oder Qualitätsverluste zwischen verschiedenen CAD-Systemen zu konvertieren und auszutauschen,

Manche Unternehmen setzen mehrere CAD-Systeme für die Konstruktion verschiedener Produktteile ein, um die vielfältigen Markt- und Kundenanforderungen sowie regulatorische Vorgaben zu erfüllen. Aufgrund von speziellen Designanforderungen ist dies manchmal notwendig, oft aber auch aufgrund organisatorischer Präferenzen sowie Fusionen und Übernahmen.

Die verschiedenen Systeme verursachen Ineffizienz und Redundanzen. Denn Daten müssen neu erstellt werden, es kommt zu Konvertierungsproblemen und die Konstruktionsabsicht kann leicht verlorengehen. Durch die Unterschiede zwischen den Systemen kann es sogar einfacher erscheinen, ein Modell von Grund auf neu zu erstellen, als es von einem CAD-System in ein anderes zu importieren.

- für die Kommunikation und Zusammenarbeit mit zahlreichen Beteiligten ein gemeinsames Datenformat und eine gemeinsame Sprache zu nutzen,
- Änderungen und Revisionen von Daten aus verschiedenen CAD-Systemen zu kontrollieren und nachzuverfolgen,
- die Leistung und Qualität von Produkten mithilfe von Daten aus verschiedenen CAD-Systemen zu optimieren und zu validieren.

Dadurch unterstützt Multi-CAD in PLM Unternehmen dabei, ihre Effizienz, Qualität und Innovation in der Produktentwicklung zu verbessern. Fehler und Verzögerungen bei der Datenkonvertierung und -übersetzung werden vermieden, so dass die Entwicklungszeit und -kosten reduziert werden. Zudem lässt sich die Produktentwicklung flexibler gestalten, weil die Ingenieure das beste CAD-System für die jeweilige Designaufgabe nutzen können. Dies fördert auch die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit in der Produktentwicklung. Und indem die Datenkonsistenz und -genauigkeit über verschiedene CAD-Systeme hinweg sichergestellt ist, stiegen die Qualität und Zuverlässigkeit der Produktentwicklung.

## Multi-CAD bei Lufthansa Technik

Lufthansa Technik, ein Anbieter von Wartungs-, Reparatur- und Überholungsdienstleistungen (MRO) für Flugzeuge, Triebwerke und Komponenten, kam als weltweit tätiges Unternehmen mit mehr als 25 Jahren Erfahrung an einen Punkt, an dem sie ihr Teiledatenmanagement in einem PLM-System konsolidieren musste. Ein entscheidender Faktor für dieses PLM-System war die Fähigkeit, ein Multi-CAD-Unternehmen zu unterstützen.

„Als wir über eine PLM-Konsolidierung nachdachten, mussten wir uns entscheiden, welches PLM-System wir verwenden und mit welchem Unternehmen wir auf unserem Weg zu einem PLM-System zusammenarbeiten wollten“, berichtet Severin Todt, Senior Director of IT Design, Completion and Manufacturing bei Lufthansa Technik. „Aus dieser Herausforderung heraus entschieden wir uns für ein MVP (minimum-viable-product), so dass die Unternehmen beweisen konnten, dass sie in der Lage sind, das zu liefern, was sie uns verkaufen wollen. PTC hat uns gesagt, dass sie die beste Multi-CAD-Integration haben, und wir haben daran gezweifelt, aber sie haben mit dem MVP bewiesen, dass Multi-CAD am besten von PTCs Windchill unterstützt wird.“

Todt fährt fort: „Wir haben das mit anderen PLM-Systemen verglichen. Es war beeindruckend zu sehen, dass die Fakten und Zahlen, die wir in den Vorverkäufen sehen konnten, auch im realen MVP bestätigt wurden. Es geht nicht nur um die Multi-CAD-Umgebung, die gut unterstützt wird,



Bild: PTC

sondern auch um die Art und Weise, wie PTC bei unserer Bewertung abgeschnitten hat. Wir haben also nicht nur die Technologie in Frage gestellt, sondern auch die Unterstützung, die wir vom Team erhielten. Und auch das war ziemlich überzeugend.“

## Multi-CAD in Windchill

Windchill von PTC bietet Unternehmen eine robuste und flexible PLM-Plattform, die die Lücke zwischen Komplexität und Innovation schließt. Es unterstützt eine Vielzahl von CAD-Dateiformaten und ermöglicht damit die einfache Zusammenarbeit über verschiedene CAD-Tools hinweg ohne Kompatibilitätsprobleme. Durch diese Multi-CAD-Fähigkeit können Teams in ihrer bevorzugten CAD-Software arbeiten.

Um die Datenintegrität zu gewährleisten und die Verwaltung zu vereinfachen, lassen sich CAD-Daten im Originalformat speichern und verwalten, sodass Konvertierungen und Übersetzungen überflüssig werden. Änderungen und Revisionen werden in Windchill automatisch über verschiedene CAD-Systeme hinweg synchronisiert. So sind Konsistenz und Genauigkeit der Produktdaten gewährleistet. Für einen einheitlichen Digital Thread lässt sich jede Phase der Produktentwicklung verbinden, von der Konzeption bis zum Service. Die Integration von CAD-Daten mit wichtigen Produktinformationen ermöglicht einen umfassenden Überblick. Zudem integriert sich Windchill nahtlos in IoT- und Augmented-Reality-Plattformen und Generative-Design-Tools. Dies eröffnet Unternehmen Möglichkeiten für vorausschauende Wartung, immersive Produkterlebnisse und KI-gesteuerte Designoptimierung. [ra]

**Autor:** Jeff Zemsky ist VP, Windchill Product Management bei PTC.

Windchill unterstützt zahlreiche CAD-Dateiformate und ermöglicht so die einfache Zusammenarbeit über verschiedene CAD-Tools hinweg.



**Severin Todt,** Senior Director of IT Design, Completion and Manufacturing, Lufthansa Technik.

Bild: Lufthansa Technik/Bild oben: PTC

# Wie KI die **Lebenszyklus-Analyse** unterstützt

**Siemens hat seine Teamcenter-Software für das Product Lifecycle Management (PLM) um KI-gestützte Funktionen zur Lebenszyklusanalyse (LCA) erweitert.** Von Roland Bauer

KI-gestützte, prädiktive LCA-Daten und Analysefunktionen fügt Siemens eine neue Ebene der Lebenszyklusintelligenz hinzu, die Entscheidungen in Design und Fertigung auf eine solide Basis stellt. Unternehmen können Datensilos beseitigen, die Zusammenarbeit zwischen Design-, Engineering- und Nachhaltigkeitsteams optimieren und schnellere, fundiertere Entscheidungen in großem Maßstab treffen. Idealerweise resultiert dies in konformen, sicheren, kostengünstigen und umweltfreundlichen Produkten.

## Integriert in Engineering-Anwendungen

Mit Teamcenter-Sustainability-LCA können Engineering- und Fertigungsteams die Umweltkonformität, die Risiken in der Lieferkette und die Kosten eines Produkts frühzeitig und während des gesamten Produktlebenszyklus bewerten und in Anwendungen für mechanisches Produkt-Engineering, elektronisches/elektrisches Design und Simulation integrieren.

Produktteams sind in frühen Produktentwicklungsphasen in der Lage, auf ISO-konforme LCA-Berichte mit Einblick in indirekte Treibhausgasemissionen (Scope 2 und 3) zuzugreifen. Das trägt dazu bei, Nachhaltigkeit, Compliance und langfristige Rentabilität der Produkte zu verbessern. Anwender können außerdem die Ergebnisse einer multikriteriellen Simulation analysieren, die direkt in die Stückliste des Produkts in Teamcenter eingebettet ist, um einen besseren Kompromiss zwischen Kosten, Leistung und Nachhaltigkeitsfaktoren zu erzielen. So können Unternehmen Ökodesign-Strategien wie Modularität, Recyclingfähigkeit und Wiederverwendbarkeit umsetzen.

Neil D'Souza, CEO und Gründer von Makersite verspricht sich von der Zusammenarbeit, dass die Produktlebenszyklusintelligenz direkt in die zentralen Entwicklungsworkflows einfließt. Die Integration liefere präzise, detaillierte Einblicke in Kosten, Compliance, Risiken und Umweltleistung, direkt in den alltäglichen Tools der Ingenieure und vom frühen Produktdesign bis hin zu Fertigungsstücklisten. Sie trage dazu bei, erschwingliche, sichere und nachhaltige Produkte schneller zu entwickeln und die Produktstammdaten zu verbessern. Unternehmen könnten außerdem so den wachsenden Compliance-Anforderungen gerecht werden, sagt D'Souza.

[ra]

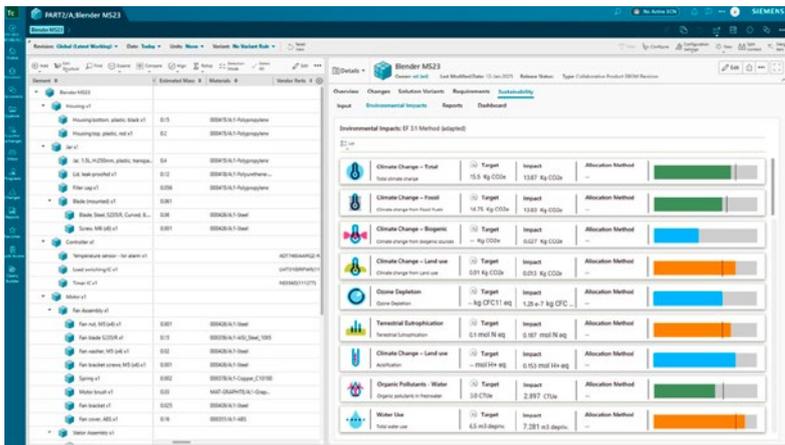


Bild: Siemens

**KI-gesteuerte Funktionen zur Lebenszyklusbewertung (LCA).**

Siemens Digital Industries Software hat die Erweiterung seiner Teamcenter-Software für PLM um KI-gestützte Funktionen zur Lebenszyklusanalyse bekannt gegeben. Strategisch will Siemens durch die Nutzung des digitalen Zwillings und eine robuste Dateninfrastruktur Informationen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg bereitstellen. Daraus können Anwender kontextbezogene Erkenntnisse gewinnen, die jede Phase des Produkts und des Prozesses verbessern. Die LCA-Software soll ermöglichen, KI- und Lieferkettendaten zu nutzen, um nachhaltige, konforme und innovative Produkte schneller und intelligenter zu entwickeln.

## Reduzierte Umweltbelastung

Die gesamte Fertigungsorganisation müsse über umfassend erweiterte Lebenszyklusintelligenz verfügen, meint Frances Evans, Senior Vice President, Lifecycle Collaboration Software, Siemens Digital Industries. Mit den Funktionen zur Lebenszyklusbewertung – von der Entstehung bis zum Ende der Lebensdauer in Teamcenter – stehe es den Kunden offen, Produktinnovationen mit Echtzeit-Umweltdaten zu transformieren.

Teamcenter Sustainability Lifecycle Assessment ist in Zusammenarbeit mit Makersite entstanden. Mit der Ergänzung von Teamcenter um



# Ein CAD-Datenstand für alle

Mit der neuen 3D-SUITE EX11 arbeiten Konstruktion, Qualitätssicherung und Fertigung auf derselben geprüften Datenbasis – für weniger Korrekturen und mehr Tempo in der Entwicklung.

**Die neue Hauptversion der 3D-Suite macht CAD-Daten nahtlos nutzbar. Das Ergebnis: weniger Korrekturen und mehr Tempo in der Produktentwicklung über Abteilungs- und Standortgrenzen hinweg.**

Von Roland Bauer

In vielen Unternehmen passiert es immer wieder: Während die Konstruktion ein 3D-Modell bereits angepasst hat, greifen Fertigung oder Qualitätssicherung noch auf ältere Datenstände zurück. Das führt zu Missverständnissen und unnötigen Verzögerungen. Genau hier setzt die 3D-Suite in der neuen Version EX11 an. Sie unterstützt Unternehmen weltweit dabei, 3D-Modelle über den gesamten Produktlebenszyklus konsistent und rückverfolgbar zu halten – und schafft so die Basis für eine zuverlässige digitale Zusammenarbeit.

3D-Suite ist eine modulare Softwarelösung, die technische CAD-Modelle automatisch optimiert, indem sie umfangreiche Funktionen wie Konvertierung, Reparatur, Geometrievereinfachung, Hüllgeometrie, Vergleich und Prüfung kombiniert. So lassen sich Modelle effizient bereinigen und zuverlässig für Simulationen, Fertigung oder sicheren Datenaustausch vorbereiten.

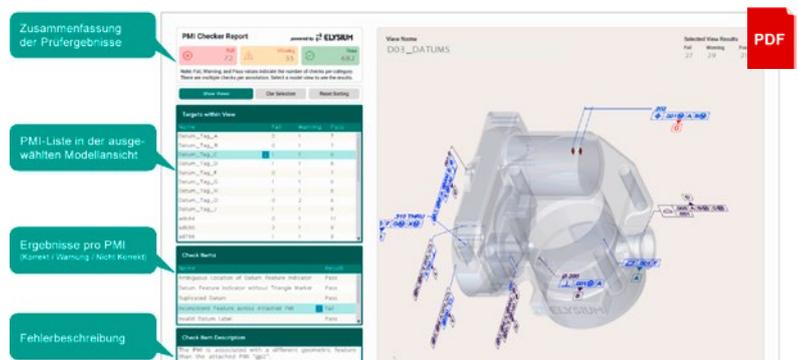
Das Systemhaus Camtex ist Reseller für 3D-Suite EX 11 in Deutschland, Österreich und der Schweiz und unterstützt Kunden sowohl bei der Installation als auch der Konfiguration der Software.

Mit EX11 wird die 3D-Suite um Funktionen erweitert, die Rückverfolgbarkeit und Qualität gleichermaßen sichern. Eine zentrale Rolle spielen sogenannte Model Based Characteristics (MBC): Produktmerkmale wie Maße oder Toleranzen lassen sich direkt im 3D-Modell markieren

und mit eindeutigen Kennungen versehen. Daraus entsteht eine digitale „Bill of Characteristics“, die durchgängig verfügbar bleibt. Ergänzend prüft der neue PMI-Checker automatisch, ob die hinterlegten Fertigungsinformationen vollständig und konform mit internationalen Standards wie ISO und ASME sind. Für Unternehmen bedeutet das weniger manuelle Nacharbeit, weniger Fehlerquellen und mehr Sicherheit in der Umsetzung.

Neben der Automatisierung setzt Elysium auf Verständlichkeit. Mit dem integrierten Data Package Studio lassen sich Informationen in visuelle Datenpakete verwandeln – etwa als interaktive 3D-PDFs oder HTML-Ansichten. So werden selbst komplexe Anforderungen leicht nachvollziehbar und für global verteilte Teams nutzbar. Neu hinzugekommen ist außerdem der DFX Analyzer, der bestehende Prüffunktionen um einen „Design for Assembly Check“ ergänzt. So lässt sich schon in frühen Phasen bewerten, ob Konstruktionen effizient gefertigt und montiert werden können.

Automatisierte PMI-Prüfberichte in 3D-SUITE EX11 sichern die Vollständigkeit und Normkonformität der Fertigungsinformationen.



Die neue Version der 3D-Suite wirkt sich direkt auf den Arbeitsalltag aus: Konstrukteure, Qualitätssicherung und Fertigung greifen auf dieselbe, geprüfte Datenbasis zurück. Das beschleunigt Abstimmungen, reduziert Korrekturschleifen und verbessert die Zusammenarbeit über Abteilungs- und Standortgrenzen hinweg. Das bedeutet: Gewinn an Effizienz, Verlässlichkeit, Geschwindigkeit und normgerechter Qualität in der Produktentwicklung. [ra]

# Schraubaufgaben unkompliziert regeln

Als Spezialist für Entwicklung und Fertigung automatischer Handschrauber und stationäre Schraubsysteme arbeitet Weber Schraubautomaten seit über 20 Jahren mit Sieb & Meyer zusammen. Gemeinsam gehen die Unternehmen neue Wege: Der Servo-verstärker SD4S kommt in der Prozesssteuerung C5S zum Einsatz und sorgt für hohe Dynamik, guten Gleichlauf und punktgenaue Abschaltung.



Bild: Sieb & Meyer AG

Der Schraubspezialist hatte vorab Interesse signalisiert, das neue Gerät testen und bei Eignung nutzen zu wollen. „Wir haben von Weber viele wichtige Impulse erhalten, die wir umgesetzt haben. Als die ersten Prototypen verfügbar waren, war er der erste Kunde, der das Gerät auf Herz und Nieren prüfte.“

Die Weber Schraubautomaten GmbH in Wolfratshausen zählt mit Hand- und stationärer Schraubtechnik inklusive Zuführungen zu

den Trendsettern in der Automatisierungstechnik. Im Sortiment finden sich Elektro-Handschauber, Schraubspindeln, Schraubautomaten, Schraubeinheiten und Schraubsysteme – jeweils abgestimmt auf die konkreten Bedürfnisse der Kunden. Ziel ist immer, den Schraubprozess möglichst schnell und prozesssicher durchführen zu können. „Automatisierungsprozesse in der Montage sind komplex“, so Christian Schöning, Entwicklungsleiter bei Weber. „Es geht darum, Lösungen zu finden, die verschiedensten Anforderungen und Parametern genügen.“ Die Servoverstärker von Sieb & Meyer helfen dabei – und zwar schon seit mehreren Jahrzehnten.

## Einfache Schraubaufgaben indirekt regeln

Mit der Neuentwicklung der SD4x-Generation seitens Sieb & Meyer wurde in der Zusammenarbeit eine neue Runde

eingeläutet. „Unsere Hauptanforderung an den SD4S war, dass sowohl Baugröße als auch Preis im Vergleich zum SD2S reduziert sein mussten“, erinnert sich Christian Schöning. „Das ist für den Einsatz in unserer Prozesssteuerung C5S unumgänglich.“ Die Schraubsteuerung kann für unterschiedliche Schraubaufgaben verwendet werden. Dabei sind verschiedene Schraubstrategien unter Einbeziehung von Drehmoment, Winkel und Tiefe möglich. Die C5S verfügt über einen verschleißfreien Servoantrieb, der für eine ausgedehnte Standzeit der Steuerung und des Antriebssatzes sorgt.

## Flexibilität im Einsatz

Die C5S ist ideal geeignet für Verschraubungen, bei denen keine hochpräzise Drehmomentenerfassung oder eine Dokumentation der Schraubergebnisse nötig ist. Die Steuerung wird beispielsweise beim Fertigen von Möbeln zur Befestigung von Beschlägen und Scharnieren verwendet. Bei diesen Verschraubungen in Holz ist eine Fluktuation der Drehmomente aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit des natürlichen Materials gegeben. Deshalb kann auf eine direkte Messung des Drehmoments verzichtet werden und eine indirekte Bestimmung des Drehmoments durch den Servoverstärker ist möglich.

Weber setzt in der C5S das bislang kleinste SD4S-Modell ein, das mit 230 VAC betrieben wird – noch kleinere Geräte benötigen eine DC-Spannung zwischen 48 und 72 V. Der SD4S treibt den Motor der Schraubspindel an, der über den Bit die

**Servoverstärker SD4S: hohe Dynamik in der Prozesssteuerung C5S, guter Gleichlauf und punktgenaue Abschaltung.**

Die Produktserie SD4S, bei der das S für stand-alone steht, machte den Anfang in der neuen Gerätegeneration SD4x von Sieb & Meyer. Die Gerätefamilie ist für den stationären Einsatz in Schaltschränken, etwa von Werkzeugmaschinen oder Turbokompressoren/-verdichtern, konzipiert und tritt die Nachfolge der SD2S-Modellreihe an, die bei Weber ebenfalls im Einsatz ist. Für die Produktentwicklung war die enge Zusammenarbeit mit Weber ein Glücksfall: „Wir waren schon in den frühen Entwicklungsstufen der Serie SD4S in engem Kontakt zu Weber“, schildert Ralph Sawallisch, Key Account Manager Antriebselektronik bei Sieb & Meyer.



**Baugröße und Preis des SD4S sind im Vergleich zum SD2S reduziert.** Bild: Sieb & Meyer AG



**Der SD4S treibt den Motor der Schraubspindel an, der über den Bit die Schraube eindreht.**

Schraube eindreht. Dabei wird der vom Servoverstärker gemessene Motorstrom verwendet, um auf das Drehmoment an der Schraube zu schließen. Hier ist eine möglichst hohe Präzision des Drehmoments über dem Drehwinkel des Motors relevant. Der SD4S reduziert das Cogging des Motors dabei sehr effizient. Mit Cogging wird das Rastmoment eines Synchron-Servomotors bezeichnet, das durch die Permanentmagnete im Rotor entsteht. Je nach Bauart des Motors kann dieser Effekt unterschiedlich stark auftreten. Die hochdynamische Regelung des SD4x verringert den Effekt auf ein Minimum, so dass das Drehmoment, das letztlich auf die Schraube wirkt, ausgesprochen gleichmäßig anliegt. Wichtig für Weber ist zudem die einfache und

kostengünstige Ansteuerung des Reglers über CANopen. „Andere Feldbusysteme verursachen auf beiden Seiten des Busses Kosten“, erläutert Christian Schöning. „Ebenso wesentlich ist aber, dass der SD4S die Ansteuerung von Servomotoren unterschiedlichster Hersteller ermöglicht.“ Der Multiparametersatz des SD4S ermöglicht es, unterschiedliche Motoren am Servoverstärker anzuschließen und ohne weitere Parametrierung zu betreiben. Ein integrierter EMV-Filter erlaubt es zudem, die Kosten einer externen Filterschaltung zu reduzieren.

### Service auf Augenhöhe

Sehr speziell bei diesem Projekt sei der angesteuerte Motor, der einen hersteller-

spezifischen Rotorlagegeber verwendet, so Ralph Sawallisch. Man habe den SD4S für Weber so angepasst, dass er diesen Geber sicher auswerten könne.

Christian Schöning ergänzt die Hintergründe: „Es gibt auf dem Weltmarkt klein bauende Motoren, die aber herstelllerspezifische Rückführsysteme haben. Der SD4S kann diese auswerten, was für uns eine höhere Flexibilität bei der Motorauswahl bedeutet. Gerade vor dem Hintergrund aktueller Lieferprobleme eröffnet uns das Alternativen bei der Verwendung von Motoren.“

Für ihn liegt genau hier das Alleinstellungsmerkmal des Unternehmens: Die Flexibilität der Produkte ohne Abstriche bei Preis und Support. Der Entwicklungsleiter schätzt aber auch die direkte und technisch fundierte Kommunikation: „Bei Sieb & Meyer kennt man den Kunden und seinen Anwendungsfall. Hier spricht man auf Augenhöhe und bekommt ehrliche Antworten.“ Kein Wunder also, dass Weber den Einsatz des SD4S auch in anderen Produkten prüft – die zusätzlichen Feldbusanschlüssen, die Sieb & Meyer inzwischen realisiert hat, machen auch andere Anwendungsfälle möglich.

anm ◀

Bilder: Weber



**Schraubsteuerung C5S: ausgerüstet mit dem Servoverstärker SD4S aus dem Hause Sieb & Meyer.**



**Holzverschraubungen: Fluktuation der Drehmomente wegen der unterschiedlichen Beschaffenheit des Materials.**

# Leistung, Kompaktheit und Konformität

Gleitgewindetriebe sind zentrale Komponenten in der Lineartechnik. Doch kein Bewegungsprofil gleicht dem anderen. Da fällt es oft schwer, die passende Lösung für eine gegebene Anwendung zu finden. **VON OJESH SINGH**

*Gewindetriebe gibt es in vielen Größen, doch ihre Anpassung an gegebene Anwendungen erfordert häufig individuelle Sonderlösungen.*



Lackierungsgüte, Farbe oder Dicke eloxierter Aluminiumteile

- Montage, zum Beispiel Einbaulage-Halterungen, zusammen mit verschiedenen Kupplungen oder Winkeln
- Anschlüsse, zum Beispiel Bearbeitungswerkzeuge
- Passfedernuten, zum Beispiel Schlüssel­flächen zur Befestigung der Spindel am Motor oder angetriebenen Bauteil; Bohrungsmaße
- Kombinationen, zum Beispiel Hybridsysteme aus Spindel, Mutter, Getriebe, Schienen­abstützung und Schrittmotor
- Neuentwicklungen, zum Beispiel die funktionelle Erweiterung vorhandener Produkte oder die Entwicklung eines völlig neuen Produkts oder Systems
- Dienstleistungen, wie Schmierung, Bevorratung, Transport, Schulung, Reparatur und Wartung.

Sie bestehen aus einer Welle mit Gewinde und einer Mutter: die Gleitgewindetriebe. Entweder bewegt diese Mutter eine angebrachte Last entlang der Welle, oder sie bewegt die Welle mit dort angebrachter Last. Ein angebauter Servo- oder Schrittmotor liefert die benötigte Antriebsenergie. Geräteentwickler können aus mehreren tausend Gleitgewindetrieben mit zugehörigen Komponenten wählen. Doch kein Bewegungsprofil gleicht dem anderen; daher ist es nicht immer einfach, die perfekte Lösung für eine gegebene Anwendung zu finden. Zwar können erfahrene Applikationsingenieure und online verfügbare Auswahltools einer idealen Lösung schon recht nahe kommen, doch ein optimales Ergebnis erfordert praktisch immer ein gewisses Maß an individueller Anpassung in Form von Sonderlösungen. Und nur wer die große Vielfalt der verfügbaren Optionen überblickt, kann die mögliche Bedeutung und Notwendigkeit solcher Lösungen wirklich einschätzen.

## Welche Eigenschaften lassen sich anpassen?

Zu Beginn einer individuellen Anpassung gilt es zunächst, die Bedürfnisse der Endnutzer zu kennen. Daraus kristallisieren sich die konkreten technischen Anforderungen heraus und damit am Ende die passende Antriebslösung. Gewindetriebe mit integrierten Servo- oder Schrittmotoren bieten die wohl vielfältigsten Anpassungsmöglichkeiten. Hier sind die häufigsten Bereiche für eine Sonderlösung:

- Gewindespindeln, zum Beispiel geänderte Steigung, Einbau- und Hublänge sowie die Endenbearbeitung
- Muttern, zum Beispiel Sonderform und -größe der Schlitten, Flansche und Presspassungen
- Werkstoffe, zum Beispiel spezielle Edelstahl­lager, Aluminium- oder Kunststoffgehäuse; Muttern oder Buchsen aus Spezialmetall, Kunststoff, Verbundwerkstoff oder Keramik
- Oberflächenbehandlung, zum Beispiel

## Warum eine Sonderlösung?

Zu den gängigsten Zielen einer Sonderlösung zählen eine verbesserte Leistung, reduzierter Platzbedarf, eine verlängerte Lebensdauer, eine erhöhte Umgebungsfestigkeit, die Einhaltung von Vorschriften sowie der Umstieg von pneumatischen/hydraulischen Zylindern – Stichwort „Elektrifizierung“.

Die Nutzung von Konfigurationsmöglichkeiten und Online-Tools bringt Anwender einer effektiven Lösung ein gutes Stück näher. Dennoch braucht es in der Regel ein gewisses Maß an individueller Anpassung, um die gewünschten Werte in puncto Leistung, Mechanik, Compliance und Kosteneffizienz zu erreichen.

## Anpassung der Leistung

Eine Sonderbearbeitung der Spindel, die dazu dient, einen gleichbleibenden Durchmesser über die gesamte Spindellänge sicherzustellen, kann die Laufruhe deutlich erhöhen und das Axialspiel reduzieren. Eine veränderte Teilung oder Steigung kann die lineare Verfahrensgeschwindigkeit erhöhen. Zusätzliche Bearbeitungsschritte wie Schleifen, Läppen und eine Positionfehlerkorrektur sind ebenfalls geeignet, die Präzision und die allgemeine Leistung des Gewindetribs zu verbessern.

Eine Verkürzung der Spindel, um höhere Lasten auf weniger Raum zu verteilen, kann die Belastbarkeit verbessern. Auf diese Weise sinkt das Biegemoment und damit die Knicklast, was der Gesamtstabilität der Spindel zugutekommt.

## In Form gebracht

Ein Drehgeber/Encoder auf der Motorrückseite verbessert die Steuerungsmöglichkeiten, da das System ein Rückführungssignal erhält (Bild 1). Damit dieses Signal jedoch korrekt ausgewertet werden kann, müssen möglicherweise die Getriebeübersetzung, die Motorauflösung und die Steigung der Spindel modifiziert werden. Mechanische, kontaktbehaftete oder optische Endlagenschalter können ebenfalls hilfreich sein, die Bewegung der Mutter entlang der Spindel zu steuern. Spielfreie Muttern tragen zur Genauigkeit bei, indem sie das Axialspiel eliminieren, während ein Nachschneiden des Spindelgewindes eine bidirektionale Bewegung ermöglicht.

Die meisten Anwendungen profitieren von einer möglichst effizienten



**Bild 1:** Die Ausstattung eines Gewindetribsmotors mit einem Drehgeber unterstützt die Linearssysteme, indem er Digitalsignale zur Überwachung oder Steuerung von Geschwindigkeit, Richtung, Hubweg oder Position liefert.

Nutzung des verfügbaren Platzes. Das Ablängen der Spindel auf die für den gewünschten Hub geringstmögliche Länge trägt ebenso zur Platzersparnis bei wie eine Modifikation des Gehäuses. Das Erhöhen des Steigungswinkels oder eine kompaktere Gewindeform kann ebenfalls zu einer effizienteren Nutzung kürzerer Spindeln beitragen. Wollen die Anwender kompaktere Muttern, können sie Werkstoffe mit einem günstigeren Verhältnis zwischen Festigkeit und Gewicht wählen, wovon möglicherweise auch andere Bereiche profitieren. Auch mittels CNC-Präzisionsbearbeitung lassen sich die Abmessungen optimieren, ergänzt um eine höhere Präzision und Kompaktheit.

Zur Gewichtsreduzierung könnte die Spindel auf einen geringeren Durchmesser geschliffen werden, aber die Auswahl eines anderen Werkstoffs verspricht eine größere Auswirkung. Die meisten Anbieter von Gewindetribsen bieten Standardwerkstoffe in unterschiedlichen Güteklassen an. Wenn jedoch ein geringes Gewicht einen zentralen Faktor der Produktfunktionalität darstellt, sind dazu möglicherweise Sonderwerkstoffe wie ein Kunststoffgetriebe unumgänglich. Die Verwendung von Sonderwerkstoffen ist überdies die gängigste Methode zur Geräuschreduzierung.

## Senkung der Kosten

Der Entwickler bestimmt aber nicht nur Größe und Form, sondern auch die Widerstandsfähigkeit, um durch schnellere Arbeitstakte die damit verbundenen Betriebskosten zu senken. An dieser Stelle spielt die Materialauswahl eine zentrale Rolle. Hochbeständige Werkstoffe wie Edelstahl oder Kohlenstoffstahl bieten beispielsweise eine erhöhte Verschleißfestigkeit und Stabilität. Ebenso können Sonderbeschichtungen wie PTFE die Langlebigkeit verbessern; den größten positiven Einfluss auf diesen Aspekt haben jedoch selbstschmierende Lager. Genauso wichtig sind Sonderwerkstoffe und -beschichtungen, wenn es darum geht, die Lebensdauer der Ausrüstung bei extremen Temperaturen oder anderweitig widrigen Betriebsbedingungen zu verlängern.

Die individuelle Anpassung von Gewindetribsen zielt in den meisten



**Bild 2:** Dieses Achssteuerungssystem veranschaulicht, wie ein Kollmorgen-Schrittmotor mehrere Thomson-Gewindetribsen für eine Fluidpumpe antreiben könnte. Die Konfiguration liefert mehr Pumpendruck, reduziert den Platzbedarf und dosiert das Fluid extrem präzise.

Fällen auf eine Reduzierung der Kosten. Ebenso kann eine verbesserte Leistung die Betriebseffizienz erhöhen und die Ausschussmengen verringern. Die Umstellung vom Schleifen auf ein Kaltwalzverfahren kann zum Beispiel die Produktionskosten senken. Mit einem an die anwendungstechnischen Bedürfnisse angepassten Gewindeprofil lässt sich wiederum die Leistung erhöhen und der Verschleiß verringern – mit dem Ergebnis einer längeren Produktlebensdauer und geringeren Wartungskosten.

## Gesetzliche Auflagen einhalten – Compliance

Eine automatisierte oder robotergestützte Montage verringert in der Regel die Fehleranfälligkeit, was ebenfalls Kosteneinsparungen durch weniger Nacharbeit und Ausschuss verspricht. Eine Standardisierung bestimmter Bauteile über mehrere Produktlinien hinweg kann die Bestandhaltungskosten dämpfen und vereinfacht zudem den Herstellungsprozess. Auf der anderen Seite verursachen Sonderausführungen jedoch möglicherweise auch zusätzliche Kosten, speziell wenn es sich um Einzelstücke oder Kleinserien handelt.

Vor der Entscheidung muss daher immer eine Rentabilitätsberechnung stehen. Spezielle Anpassungen sind zuweilen obligatorisch, insbesondere



Bild: © markskalny, stock.adobe.com



Bild: Portescap

**Bild 3:** Entwickler von Insulinpumpen müssen die Komponenten häufig individuell anpassen, um den Bedürfnissen der Patienten in puncto Präzision und Komfort gerecht zu werden.

bei Anwendungsszenarien, die Sicherheits- und/oder Arbeitsschutzvorschriften unterliegen. Doch selbst wenn die Entwickler mit den einschlägigen Vorschriften vertraut sind, schenken sie ihnen nicht immer ausreichend früh im Planungsprozess die gebührende Aufmerksamkeit. Infolgedessen erkennen sie notwendige Anpassungen erst, wenn ihr System bei einer Validierung oder Überprüfung durchfällt. So kann eine Vorschrift beispielsweise die Modifikation einer Messspindel erfordern, weil im Zielmarkt Anteile von Blei verboten sind.

**Systemlösungen**

Die meisten der bisher erwähnten Sonderausführungen von Gewindetrieben erfolgen auf Komponentenebene. Doch genauso steht es Entwicklern offen, ihren Gewindetrieb durch Einbindung auf Systemebene an ihre Anforderungen anzupassen. So zeigt Abbildung 2 (S. 43) ein Komplettsystem, bestehend aus Gleitspindel, Mutter, Schrittmotor und einer

**Bild 4:** Die Möglichkeit, einen Miniatur-Gewindetrieb oder -Aktuator zu integrieren, bietet die notwendige Flexibilität für die miniaturisierte Medizintechnik.

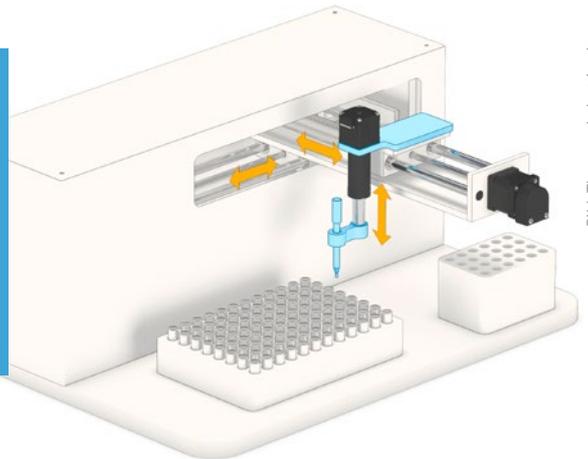


Bild: Thomson Industries, Inc.

Rundwelle zur Führung. Mögliche Vorteile einer solchen Schrittmotor-Baugruppe sind – je nach Architektur – engere Toleranzen bei der Positionierung, eine größere Wiederholgenauigkeit sowie eine präzisere Ansteuerung der Mutter-/Spindelrotation.

**Anwendungsszenarien für Sonderlösungen**

**Betätigung einer Insulinpumpe:** Die Auswahl eines Gewindetriebs für eine Insulinpumpe beginnt damit, die Bedürfnisse der Patienten zu ermitteln und wie diese Bedürfnisse in eine Achssteuerung umzusetzen sind. Die entscheidenden Faktoren sind in der Regel Geschwindigkeit und Ansprechverhalten, eine präzise und wiederholgenaue Medikamentenabgabe sowie minimale Geräuschkentwicklung. Da sich die Insulinabgabe sowohl nach den individuellen Bedürfnissen als auch den schwankenden Blutzuckerwerten richtet, müssen die Pumpen eine präzise, stufenlose Dosierung ermöglichen. Für diese Anforderungen sind häufig Sonderlösungen erforderlich.

Infusionssysteme wie dieses erfordern eine enorme Präzision. Während Standardkomponenten in einigen Fällen ausreichen, sind Kompaktlösungen fast immer individuell anzupassen. So benötigen die Entwickler etwa eine kürzere oder längere Spindel, ein speziell angepasstes Gehäuse, einen Sonderwerkstoff oder eine nicht standardisierte Beschichtung. Die Übertragung der Motorbewegung auf den Gewindetrieb kann ein speziell angepasstes Getriebe erfordern, um die Motorauflösung auf die Spindelsteigung abzustimmen. Zudem kann eine hohe seitliche Belast-

barkeit Kugellager notwendig machen. **Optimierte Laborautomatisierung:** Die Pipettierung ist eine Methodik in der medizinischen Diagnostik und Analyse, die eine zentrale Rolle bei Aufgaben wie der Probenvorbereitung, der Hämatologie, DNA-Sequenzierung und verschiedenen biochemischen Untersuchungen spielt. Beim herkömmlichen Pipettieren wird Flüssigkeit mit einer Spritze angesaugt und anschließend in ein Reagenzglas, eine Petrischale usw. gebracht, um sie verschiedenen Testprotokollen zu unterziehen. Entwickler von Laborgeräten zur Automatisierung von Pipettieranlagen für die klinische Massendiagnostik und -forschung spezifizieren dazu häufig motorbetriebene Gewindetriebe im Miniaturformat.

Wie Bild 4 zeigt, hebt und senkt der Gewindetrieb die Pipette auf der vertikalen Achse, um die Proben in die Röhrchen im Träger zu befördern. Der Gewindetrieb auf horizontaler Ebene verfährt die Pipette von einer Position auf dem Träger zur nächsten. In einer anderen Konfiguration eines Pipettiersystems würde sich das Innenleben des Motors umdrehen, um den Gewindetrieb vor- und zurückzubewegen.

Der Trend zu immer kompakteren, intelligenteren, leistungsfähigeren, sichereren und individuelleren Antriebslösungen befeuert die Nachfrage nach Sonderlösungen im Bereich der Linearaktuatorik. Gewindetriebe sind in diesem Zusammenhang unverzichtbar, denn sie bieten eine unkomplizierte Technologie zur Umwandlung von Rotations- in Linearbewegungen für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche. *anm* ◀

Der Autor, Ojesh Singh, ist Product Manager - EMEA, bei Thomson.

## Kompakte Kraftpakete, vielseitig konfigurierbar



Bild: Faulhaber

### Neue DC-Motoren der GXR- und SXR-Familie im Faulhaber-Portfolio.

Mit der Erweiterung des Produktportfolios präsentiert Faulhaber mehrere Neuzugänge bei den DC-Kleinstmotoren: Die leistungsstarken Motoren der neuen GXR-Familie 1437 mit Kupfer-Graphit-Kommutierung sowie die edelmetallkommutierten Motoren der SXR-Familie in den Größen 1424 und 1437. Entwickelt für Zuverlässigkeit und Flexibilität, eröffnen diese Antriebe neue Möglichkeiten für moderne, platzsparende Antriebslösungen. Die neuen Modelle sind mit einem Durchmesser von 14 Millimetern optimal auf das modulare Faulhaber-Baukastensys-

tem abgestimmt – inklusive nahtloser Kompatibilität zu Planetengetrieben und magnetischem Encoder. Durch die präzise Abstimmung der Komponenten profitieren Entwickler und Ingenieure von Synergien aus einer Hand.

Die GXR- und SXR-Motoren zeichnen sich durch eine langlebige, robuste Bauweise und hohe Performance aus. Dafür sorgt unter anderem die hexagonal angelegte Wicklung, die maximale Leistungsdichte auf kleinstem Raum ermöglicht. Neben verschiedenen Lagerkonfigurationen stehen flexible Spannungsvarianten sowie vielfältige elektrische Anschlussoptionen zur Verfügung. Modifikationen an Front- und Rückwelle sowie eine optimierte Rotorwuchtung zeichnen die Motoren ebenso aus.

Die neuen DC-Motoren sind RoHS-konform und erfüllen hohe Qualitätsstandards. Die Vielzahl an Ausstattungsoptionen erlaubt den passgenauen Einsatz in unterschiedlichen Anwendungsbereichen wie High-End-Optical-Systems, Teleskope und Mikroskope sowie medizinischen Anwendungen, beispielsweise in chirurgischen Robotern oder Infusionspumpen.

## Lineartechnik als Schlüssel zur industriellen Automatisierung

Rollon gehört zu den Komplettanbietern für Lösungen im Bereich der linearen Antriebstechnik und bietet eine der umfassendsten Produktpaletten am Markt. Auf der SPS 2025, die vom 25. bis 27. November in Nürnberg stattfindet, präsentiert das Unternehmen sein Leistungsspektrum und stellt praxisnahe Lösungen für unterschiedliche Automatisierungskonzepte vor.

Ein Schwerpunkt des diesjährigen Messeauftritts liegt auf den Systemlösungen des Unternehmens. Zu den Exponaten gehören unter anderem das Portalsystem H-Bot, das durch sein Design hohe Dynamik und präzise Bewegungen auf engem Raum ermöglicht, das Telescopic System TLS, das mit 2- und 3-stufigen Achslösungen platzsparende Bewegungen bei hoher



Bild: Rollon

### Das Ovalsystem AXNR der Marke Nadella.

Tragfähigkeit und Wirtschaftlichkeit realisiert sowie das Ovalsystem AXNR von Nadella als flexible Lösung für zirkulare Anwendungen mit hoher Steifigkeit und Präzision. Diese Systeme demonstrieren, wie Rollon komplexe Anforderungen in anwendungsoptimierte und leistungsstarke Technik überführt, und stehen stellvertretend für die Innovationskraft und Engineering-Kompetenz des Lineartechnikexperten.

# 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



# Unerlässlich für den Erfolg

Das Feedbackgerät findet oft wenig Beachtung, wenn es um das effiziente Design neuer Maschinen geht. Dabei könnte man es als den geheimen Erfolgsfaktor der Antriebstechnik bezeichnen.

VON GEORGE YUNDT UND JIŘÍ DUROŇ

Das Feedback ist in der Regel unsichtbar im Motorgehäuse verbaut und wird daher leicht übersehen. Dabei ist die Bedeutung dieser unscheinbaren Komponente für die Präzision, Leistung, Zuverlässigkeit und Integrationsfähigkeit des Gesamtsystems enorm.

Maschinen müssen äußerst präzise arbeiten, was besondere Anforderungen an die Antriebstechnik stellt. Servosysteme benötigen daher heute ein exaktes und konsistentes Feedback, um die Position zu halten, die Drehzahl zu regeln und komplexe Bewegungsprofile auszuführen. Allerdings gibt es große Unterschiede zwischen den auf dem Markt verfügbaren Geräten. In vielen Anwendungen erfüllen herkömmliche Drehgeber oder Resolver noch immer ihren Zweck. Moderne Anwendungen erfordern zunehmend Geräte, die mehr können. Gefragt sind außerdem eine schnellere Integration und kürzere Testzeiten. Mit einem modernen Feedbackgerät können Maschinenbauer die Verkabelung und die Einrichtung vereinfachen, ohne

Abstriche bei Auflösung, Genauigkeit und Flüssigkeit der Bewegung machen zu müssen.

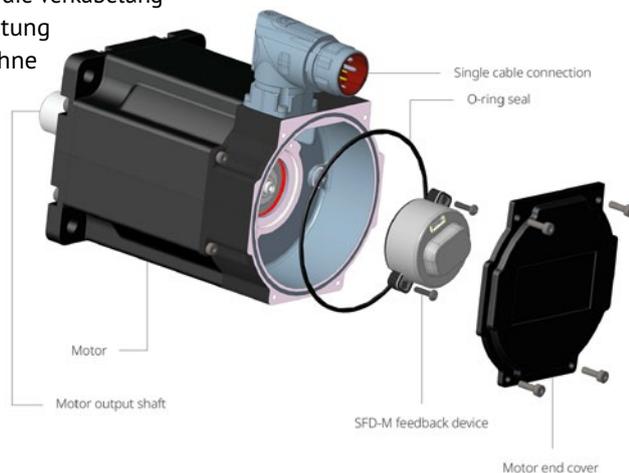
Die wenigsten Ingenieure beginnen ein Projekt mit der Suche nach dem passenden Feedbackgerät. In der Regel stehen Leistung, Zuverlässigkeit und die Auswahl eines Systems im Vordergrund, das jederzeit innerhalb der vorgegebenen Parameter arbeitet. Dafür muss man mit der richtigen Frage starten. Es geht nicht darum, welche Antriebstechnik die beste ist. Vielmehr sollte gefragt werden: „Welche Leistung muss meine Anwendung ermöglichen?“ Grundsätzlich muss ein Feedbackgerät die nötige Auflösung und Genauigkeit liefern, um eine effiziente Regelschleife zu ermöglichen. Ist die Leistung zu gering, kann es zu Bewegungsstörungen, Ruckeln in den Haltepositionen, Vibrationen in der Maschine oder zu Positionierungsfehlern kommen. Zu viel, und die geforderte Leistung wird bei Weitem überschritten, was

oft mit zusätzlichen Kosten einhergeht. Mechanische Verbindungen zwischen Motorwelle und dem für die Bewegung zuständigen Element der Maschine erreichen jedoch nur eine begrenzte Genauigkeit. Zudem gilt es, auch noch andere Kriterien zu betrachten, etwa, wie flüssig die Bewegung ist, wie stark das Signal verrauscht ist und wie viel Bandbreite es im Hinblick auf die Anforderungen bietet. Diese Fragen sind allerdings meist einfach zu beantworten, und die meisten Ingenieure wissen, wie man sie abwägt.

## Weitere Funktionen

Moderne Feedbackgeräte bieten jedoch noch weitere Funktionen, die über einfache technische Leistungsdaten hinausgehen. Sie reduzieren die Komplexität des Gesamtsystems und bieten dadurch derzeit den größten Nutzen:

- **Einfache Verkabelung:** Viele Servosysteme haben spezielle Feedbackkabel, zum Teil mit bis zu 13 oder mehr Adern allein für das Feedbacksignal. Dies führt jedoch zu größeren Schränken, mehr Anschlüssen, engen Biegungen im Kabelkanal und einem wesentlich höheren Installationsaufwand. Moderne Einkabelösungen machen all das einfacher. Außer der Leitung für die Spannungsversorgung des Motors enthält das Kabel nur noch zwei Adern für die Feedbackdaten. Dies reduziert den Zeit- und Arbeitsaufwand für die Installation erheblich.
- **Integrierte Motorkennung:** Viele moderne Feedbackgeräte verfügen über einen internen Speicher für die Motorkennung



*Bild 4: Moderne Servolösungen, wie die Systeme von Kollmorgen, vereinfachen die Integration, sind langfristig zuverlässig und sicher.*

Bilder: Kollmorgen



**Bild 1-3: Es gilt, die Frage zu beantworten, welche Leistung die Anwendung ermöglichen muss.**

sowie die technischen Daten und sogar die Parameter der Feinabstimmung. Werden sie an einen kompatiblen Antrieb angeschlossen, erkennt das System automatisch, mit welchem Gerät es arbeitet. In Systemen, in denen die Motoren leicht zu verwechseln sind – beispielsweise ein Motor für hohe und ein Motor für niedrige Drehzahlen im selben Gehäuse –, vermeidet die automatische Erkennung kostspielige Fehlanpassungen. Die Motorerkennung vereinfacht auch die globale Bereitstellung, insbesondere wenn Maschinen in Regionen mit unterschiedlichen Spannungsversorgungen geliefert werden.

- **Thermische Überwachung:** Temperatursensoren sind für den Motorschutz zwar unverzichtbar, jedoch benötigten sie bisher meist eine eigene Verkabelung zurück zum Antrieb. Mithilfe smarter Feedbacksysteme können die Temperaturdaten über dieselbe digitale Verbindung geschickt werden, die auch für die Positionsdaten genutzt wird. Diese Kombination vereinfacht die Verkabelung und ermöglicht eine Echtzeit-Überwachung der Wicklungstemperatur. Dadurch ist das System besser vor Überhitzung geschützt, erreicht eine konstantere Leistung und ist weniger fehleranfällig.

- **Funktionale Sicherheit:** Wenn Menschen in der Nähe sich bewegender Maschinen arbeiten, hat die Sicherheit oberste Priorität. Moderne Feedbackgeräte unterstützen Funktionale Sicherheit direkt über den Encoder. Mithilfe zertifizierter Encoder können Sicherheitssysteme die Motorposition zuverlässig überwachen und bei einer Bewe-

gung außerhalb der erwarteten Grenzen eingreifen. Durch die Integration der Sicherheit auf der Feedbackebene lassen sich zudem zusätzliche Sensoren oder Relais einsparen und der Systemaufbau vereinfachen. So sind die Compliance-Anforderungen zu erfüllen, ohne die Maschine übermäßig zu verkomplizieren.

### Multiturn-Funktionen

Eine Funktion, auf die viele Maschinenbauer nicht mehr verzichten mögen, ist das absolute Multiturn-Feedback. Der Vorteil: Das System kennt nicht nur den Wellenwinkel innerhalb einer Umdrehung, sondern weiß auch die Gesamtzahl der Umdrehungen – selbst nach dem Ausschalten. Im Vergleich dazu können Systeme ohne Multiturn-Tracking nach einem Neustart die Position der jeweiligen Achse nicht mehr zuordnen. In diesem Falle ist die übliche Vorgehensweise eine Referenzfahrt. Dabei fährt die Maschine langsam einen Referenzpunkt an und initialisiert sich. Das funktioniert zwar, ist aber ineffizient, zeitaufwändig und anfällig für mechanische Fehler. Mit einem absoluten Multiturn-Feedback kommt die Maschine hingegen komplett ohne Referenzfahrt aus.

Multiturn-Funktionalität wird unterschiedlich realisiert. In manchen Geräten sind kleine Getriebe integriert, die die Umdrehungen mitzählen. Das verteuert allerdings den Encoder, macht ihn komplexer und verlängert seine Bauform. Zudem bieten Verzahnungen nur einen begrenzten Multiturn-Bereich von in der

Regel 12 Bit. Andere Feedbackgeräte setzen auf Backup-Batterien. Das ist zwar kompakt und einfach, kann aber potenziell zu Wartungsproblemen sowie zu Zuverlässigkeitsproblemen im Falle eines unvorhergesehenen Batterieausfalls führen. Eine Alternative sind Feedbackgeräte mit Power-Harvesting-Technologie. Hierbei wird gerade so viel Energie aus der Wellendrehung zurückgewonnen, dass die Anzahl der Umdrehungen in einem nichtflüchtigen Speicher festgehalten werden kann.

### Das richtige Feedbackgerät

Nach welchen Kriterien sollten also Maschinenbauer das Feedbacksystem auswählen? Für die meisten Anwendungen sind moderne, digitale Feedbackgeräte mit absoluter Multiturn-Funktionalität mittels Energy Harvesting, Einkabeltechnik, thermischer Überwachung und Motorkennwerten die ideale und zukunftsichere Wahl.

Wer Systeme in großen Stückzahlen baut, sollte aufeinander abgestimmte Komponenten wählen, um die Integration zu vereinfachen und die Entwicklung zu beschleunigen. Unabhängig davon, ob das Thema Feedback auf Komponenten- oder Systemebene angegangen wird, sollte man eine Lösung wählen, bei der möglichst wenige Kompromisse einzugehen sind. anm ◀

*Die Autoren: George Yundt - Chief Engineer Servo Technology, Jiří Duroň - Product Line Manager bei Kollmorgen.*

# Lernen mit digitalen Zwillingen

Universalgelehrte wie früher gibt es heute nicht mehr, zu komplex ist unsere Welt und zu individuell die Aufgaben, die von Spezialisten mit tiefem Fachwissen gelöst werden müssen. Das gilt auch für die Automatisierungstechnik. Hier greift eine neue Lernmethode. **VON ANDREAS ZEIFF**

Für Anlagenerstellung und Programmierung sind immer umfangreichere Kenntnisse erforderlich und schnelle Weiterentwicklungen machen eine herkömmliche Ausbildung schwierig. Eine neue Lernmethode mit virtuellem Inhalt, bei der mit digitalen Anlagenzwillingen der Aufbau und die Programmierung auch selbst erstellter Anlagen möglich ist, erlaubt ein flexibles Lernen nach dem neusten Stand der Technik. Kostenträchtige mechanische Trainingsmodelle entfallen und interdisziplinäre Ausbildungsinhalte werden möglich.

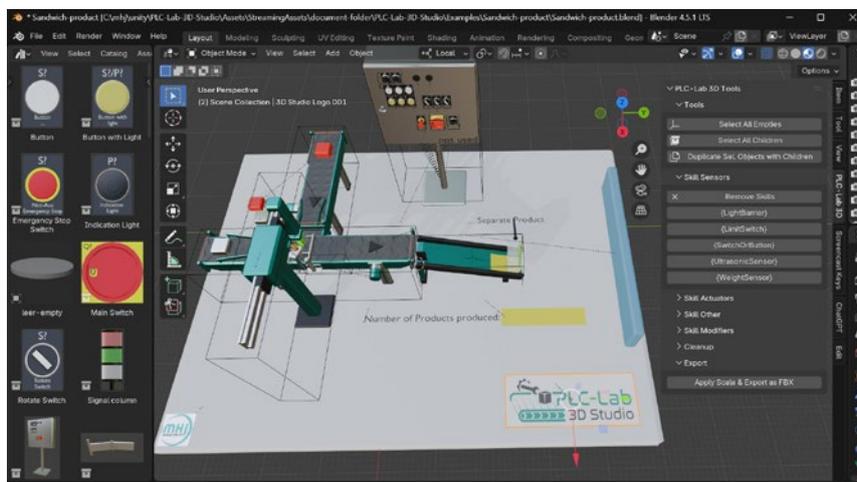
Mit dem technischen Fortschritt müssen auch die Lern- und Ausbildungsmethoden sich verändern. Auch hier hat die

Digitalisierung Einzug gehalten und nutzt die Vorteile von Virtualisierung und digitalen Zwillingen für die Ausbildung von SPS-Programmierern. Die Software PC-Lab 3D Studio von MHJ-Software bildet dabei typische mechatronische Lernanlagen ab, die immer auf dem aktuellen Stand der Technik sind. Um die Praxisnähe weiter zu steigern, haben die Entwickler spezielle Schnittstellen und Plugins geschaffen, mit denen sich die Open Source 3D-Software Blender nahtlos in den Workflow mit PLC-Lab integrieren lässt (Bild 1). Statt wie bisher einzelne, vorkonfigurierte Anlagen zu nutzen, können jetzt individuelle, selbst gestaltete Anlagen oder Anlagenteile verwendet werden. Die Software bietet nun

Lernmöglichkeiten vom angehenden Konstrukteur, um Modelle zu erstellen, bis zum Auszubildenden im Bereich Mechatronik, Elektrotechnik oder Automatisierung.

## Mit realen Vorteilen

In einer virtuellen Umgebung verschiedene Anlagenszenarien zu Übungszwecken abzubilden, hat viele Vorteile. Zum einen kann man flexibel und schnell auf neue Trends reagieren, zum anderen kostet eine Erweiterung des digitalen Zwillings im Vergleich zu realen Übungsanlagen nichts und ist zudem absolut sicher. Dozenten im Bereich Steuerungstechnik können auf den Lehrplan zugeschnittene mechatronische Modelle entwickeln, Maschinenbauer über eine virtuelle Inbetriebnahme ihre Anlagen oder Maschinen in Betrieb nehmen, indem sie diese mit einer Steuerung koppeln und so das Steuerungsprogramm auf seine Funktionalität überprüfen. Bei realen Übungsanlagen werden Verfahren wie Bohren und Fräsen aus Kosten- und Sicherheitsgründen meist nur simuliert, da hier Dämpfe, Späne und ähnliches entstehen können. Im Digitalen Zwilling dagegen kann virtuell tatsächlich „gebohrt und entgratet“ werden und Fehler in Anlagengestaltung oder Programmierung auch für tiefe Bohrungen komplett simuliert werden. So erkennt man möglicherweise Fehler, die bei nur angedeutetem Bohren unentdeckt bleiben wie vorzeitige Anschläge, fehlende Kühlung oder wenn Späne nicht richtig abgeführt werden. Daraus

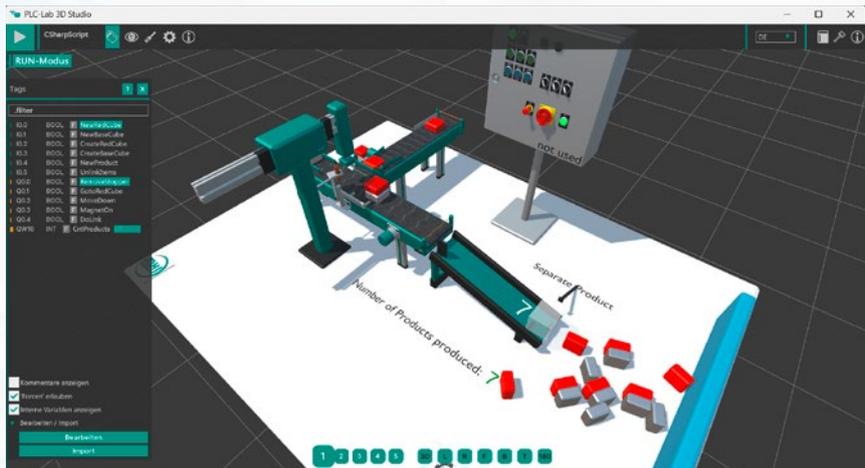


**Bild 1:** 3D-Modellierungssoftware Blender mit dem integrierten Bauteilekatalog von MHJ-Software (links), dem Aufbau einer virtuellen Anlage im Konstruktionsbereich (zentral) sowie dem speziell entwickelten Plugin zur Skill-Konfiguration (rechts).

können Auszubildende viel lernen, ohne dass eine Gefahr entsteht, wenn ein Bohrer abreißt oder sich ansammelnde Späne die Mechanik blockieren. Weitere Szenarien, die abgebildet werden, sind der Transport, die Bearbeitung, Sortierung und Erkennung von unterschiedlichen Werkstücken. Aber auch Aufgaben wie Qualitätsprüfungen, komplette oder vereinfachte Fertigungsprozesse, Einlagerungen, Füllstandsregelungen, Pick- & Place-Aufgaben bis hin zu präziser Positionierung über Antriebe sind virtuell umsetzbar. Das spart gegenüber realen Übungsanlagen enorme Kosten und auch viel Montagezeit, die man besser für Lerninhalte nutzen kann. Um solche Möglichkeiten weiter zu diversifizieren und auch spezielle Lösungen für unterschiedliche Branchen neben den Standardaufgaben zu erstellen, wurde die Trainingsplattform für die Zusammenarbeit mit Blender erweitert. Dazu gehören ein schneller Importmechanismus, eine Asset-Bibliothek mit industriellen Bauteilen sowie ein Plugin, das das Hinzufügen von Verhaltenslogik zu 3D-Objekten erlaubt. Damit können nun auch individuelle Anlagen erstellt und neue Objekte gestaltet und importiert werden.

### Lernprogramm nach Anforderungen aufbauen

Mit Blender verwendet PC-Lab 3D Studio eine etablierte 3D-Software, die noch dazu kostenlos ist. Der damit aufgebaute digitale Zwilling wird dann ins PC-Lab 3D Studio importiert und steht für eine realistische Anlagenprogrammierung und eine realistische 3D-Simulation bereit. Die Anlagenansichten können frei im Raum gewählt werden, so dass der „Anlagenbetreiber“ immer freien Blick auf alle Arbeitsabläufe hat. Damit der Einstieg leichter fällt, steht in Blender bereits eine Objektbibliothek mit Standardobjekten zur Verfügung, wie Aktoren (Schiebezylinder), Sensoren (optisch, magnetisch, kapazitiv) oder Förderbänder, Rutschen, Rollbahnen etc. Aus diesen lässt sich bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Anlagenkonfigurationen schnell zusammenstellen, indem etwa Förderbänder per Drag-and-drop einfach aneinandergefügt werden. Für neue Aufgaben oder als Übung können auch beliebige individuelle Objekte entworfen werden. So können auch sehr spezielle Anlagen



**Bild 2: Skill-basierte Konfiguration in PLC-Lab 3D Studio: Die Abbildung zeigt die Einrichtung eines Skills für einen linearen Antrieb. Links befindet sich der Skill-Manager zur Verwaltung aller Skill-Objekte, rechts die zugehörigen Parametereinstellungen des aktiven**

für eine branchenspezifische, praxisnahe Ausbildung erstellt werden. Bildungseinrichtungen können einen digitalen Zwilling als fachübergreifendes, gemeinsames Projekt einsetzen, bei dem Fachdisziplinen zusammenarbeiten. Konstrukteure entwerfen die Konstruktionszeichnungen und kooperieren mit Elektrotechnikern, Mechatronikern und Fachinformatikern, um den Digitalen Zwilling zu realisieren.

### Schritt für Schritt zum Digitalen Zwilling

Die Simulationsumgebung ist so aufgebaut, dass der Einstieg leichtfällt. Der Ablauf lässt sich in nur sechs Schritte unterteilen:

1. Zuerst wird ein 3D Modell mit Blender erstellt,
2. dann die Objekte vorbereitet; haben sie später dynamische Funktionen, werden sie mit spezifischen Key-Words gekennzeichnet.
3. Die Objekte werden dann als 3D-Modell exportiert.
4. Die Datei wird ins PLC-Lab 3D Studio importiert
5. und dann die Fähigkeiten (Skills) den Objekten zugewiesen und konfiguriert (Bild 2).
6. Abschließend folgt die virtuelle Inbetriebnahme: Das 3D-Modell wird in den RUN-Zustand geschaltet und mit einer SPS oder Soft-SPS verbunden.

Die Schritte 1-3 werden in Blender, die weiteren Schritte 4-6 mit PLC-Lab 3D Studio umgesetzt. Bei der Simulation wer-

den jetzt oft Fehler entdeckt. Mechanische Probleme beim Aufbau der Anlage wie beispielsweise schlecht positionierte Paketabweiser, die zu einem Stau führen oder überstehende Begrenzungsbleche oder nicht richtig eingestellte Sensoren oder falsche Aktoren sind in Blender dann meist einfach zu beheben. Danach muss man das Projekt erneut importieren und hat eine neue, verbesserte Anlage zur Verfügung. Dann gilt es Programmierfehler zu beheben wie zu langsame oder zu kurze Schieberbewegungen, um Pakete vom Förderband in die richtige Abteilung zu drücken oder die mangelhafte Abstimmung der Förderbandgeschwindigkeit, um Ware zu vereinzeln. Auch solchen Problemen kann man in der Simulation schnell auf die Schliche kommen. Läuft die Anlage können dann die Abläufe über ein Feintuning der ablaufrelevanten Parameter noch weiter optimiert werden. Reichen die Standard-Objekte aus der Bibliothek (Bild 4) für den reibungslosen Ablauf nicht aus, können auch an dieser Stelle noch eigene Objekte hinzugefügt werden.

Die Vorgehensweise entspricht dabei weitgehend derjenigen, die auch bei komplexen Anlagen in der Industrie angewendet wird. Als Grundlage für das Blender-Modell können auch CAD-Daten importiert werden. Die Flexibilität von PLC-Lab gilt auch für die große Bandbreite gängiger industriell eingesetzter Softwareprodukte.

anm ◀

Der Autor, Dipl.-Chem. Andreas Zeif ist für das Redaktionsbüro Stutensee tätig.

# Industrial Engineering neu gedacht

Die Digitalisierung und Automatisierung der Produktion schreiten rasant voran. Künstliche Intelligenz (KI) hält Einzug in moderne Smart Factories und ermöglicht immer mehr datengetriebene Entscheidungen. Mehr als 70 Prozent der Unternehmen planen innerhalb des nächsten Jahres GenAI-Lösungen zu implementieren. **VON DR.-ING. LOUIS SCHÄFER**

Die Produktionssystemplanung nehmen Mitarbeitende heute immer noch weitgehend manuell und dokumentenbasiert vor. Im Sinne einer durchgängigen Automation Engine (Bild 1) kann der Einsatz von GenAI das Industrial- und Production-Engineering nicht nur beschleunigen, sondern auch qualitativ verbessern. So überführen etwa moderne Systeme Entwicklungsstücklisten (E-BOM) automatisch in Fertigungsstücklisten (M-BOM), erkennen standardisierte Arbeitsschritte und generieren Vorschläge für Montagefolgen. GenAI kann bestehende Produkt- und Produktionsprozessdaten

analysieren, um Ähnlichkeiten zu bereits produzierten Varianten zu erkennen und automatisch passende Fertigungsverfahren, Arbeitspläne, -zeiten und -anweisungen oder Produktionslayouts vorschlagen.

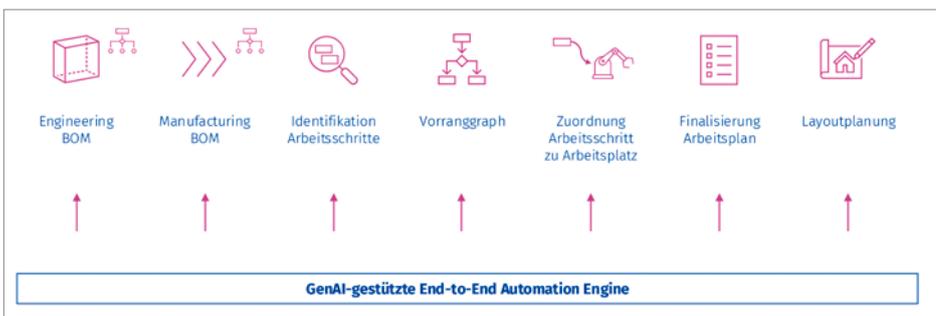
Doch die Umsetzung dieser Vision ist nicht einfach, wie es ein Beispiel aus der Automobilindustrie zeigt: Bei großen OEMs sind teilweise mehr als 150 verschiedene Planungstools im Einsatz. Dieses komplexe Geflecht verfolgt das Ziel, mit vorliegenden Produktinformationen (zum Beispiel E-BOM) ein Produktionssystem (zum Beispiel Montageline) zu planen. Dabei ist nicht nur der End-to-End-Automatisierungsgrad

sehr gering. Auch die Unterstützung des Planers bei spezifischen Teilaufgaben ist ausbaufähig.

## Heute: Manuelle Planung der Arbeitsschritte

Typischerweise werden die Arbeitsschritte manuell direkt aus den Stücklisten abgeleitet. Die Aufgabe umfasst zudem die Zuweisung der Arbeitsschritte zu den Montagestationen sowie deren Reihenfolgebildung (Bild 2). Häufig wiederholen sich Arbeitsschritte von früheren Produkten. Damit nicht jede Linie von Grund auf neu geplant werden muss, können sogenannte Maximalvorranggraphen zum Einsatz kommen (Bild 3). Diese standardisieren wiederkehrende Abfolgerestriktionen aus historischen Planungsdaten, wodurch Verantwortliche diese Erkenntnisse systematisch nutzen, betriebsmittelunabhängige Abläufe erkennen und in die Planung neuer Linien integrieren können.

Da es bei einer industriellen Planung schnell um mehr als 10.000 Arbeitsschritte geht, ist die manuelle Modellierung eines solchen Graphen nicht realisierbar.



*Durchgängige Automatisierung.*

## Die Zukunft: Datenbasierte Planung mit GenAI

Bei einer unüberblickbaren Menge an Arbeitsschritten bietet die Automatisierung mit GenAI die Chance, Arbeitsschritte aus bisherigen Arbeitsplänen zu analysieren, allgemeine Muster zu erkennen und diese in einem wiederverwendbaren Graphen darzustellen.

**1.** Datenintegration und -aufbereitung: Historische Planungsdaten aus ERP-, MES- und PDM-Systemen sowie Planungstools werden gesammelt, bereinigt (zum Beispiel durch eine Harmonisierung der Bezeichner von Arbeitsschritten mittels LLM-basierter Named-Entity-Recognition) und dann eine einheitliche Struktur überführt. Datenarchitekturen (wie Data Lakes, Graphdatenbanken) und Pipelines sorgen dabei für Skalierbarkeit und Konsistenz.

**2.** Mustererkennung und Sequenzanalyse:

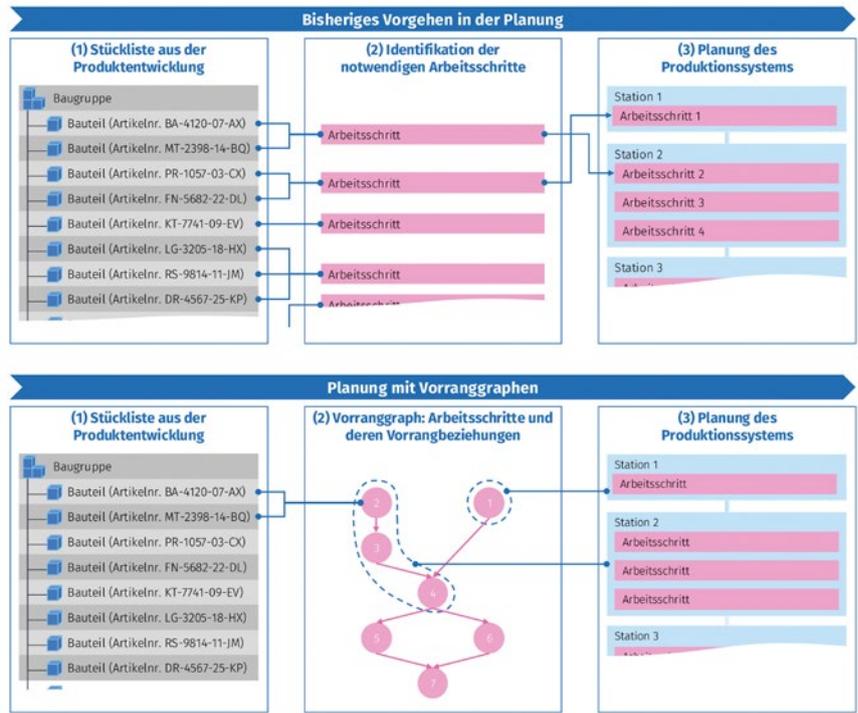
- Mit Transformer-Modellen und spezialisierten Domain-LLMs zur Erkennung komplexer Abhängigkeiten und wahrscheinlicher Reihenfolgemuster.
- Mit Graph Neural Networks (beispielsweise Graphormer) zur Detektion häufig wiederkehrender Abfolgen (Graph-Pfaden).
- Mit Assoziationsanalysen (Apriori/FP-Growth) zur Identifikation von Arbeitsschrittpaaren, die immer nacheinander auftreten.

**3.** Erstellung des Maximalvorranggraphen zur Aggregation der identifizierten Vorrangbeziehungen zu einem konsistenten Graphen.

- Graphgenerierung mit Arbeitsschritten als Knoten und Vorrangbeziehungen als gerichteten Kanten, wobei Graph Embeddings (etwa Node2Vec, GraphSAGE) auch semantische Ähnlichkeiten abbilden.
- Konsistenzprüfung zur Sicherstellung der Zyklusfreiheit (z. B. durch Generative Graph Models, die konsistente, fehlertolerante Strukturen erzeugen).
- Graphoptimierung zur Entfernung redundanter Kanten, die transitiv abgeleitet werden können.

**4.** Verbessern und Verallgemeinern des Vorranggraphen mit GenAI:

- Mit Transformer-Modellen alternative Arbeitsschrittfolgen generieren, die die technologischen Abfolgerestriktionen berücksichtigen
- Anomalieerkennung zur Identifikation



**Bild 2 oben:** Zuweisung der Arbeitsschritte.  
**Bild 3:** Maximalvorranggraphen dienen dazu, dass nicht jede Linie neu geplant werden muss.

on ungewöhnlicher oder unplausibler Reihenfolgen und dem Vorschlag von Alternativen

- Identifikation kritischer Vorrangbeziehungen und Rückfrage über deren Notwendigkeit (technische Notwendigkeit oder Gewohnheit?) im interaktiven Chatbot mit Retrieval

**5.** Validierung und Verifikation zur Sicherstellung der Qualität und Konsistenz des Vorranggraphen durch den Vergleich mit einer Expertenplanung. Durch Human-in-the-Loop-Ansätze und Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF) verbessert sich das Modell kontinuierlich, während Simulationen die Praxistauglichkeit testen können.

**6.** Implementierung und Integration in die bestehende Tool-Landschaft, Knowledge Graphs und moderne Graphdatenbanken. Über MLOps-Pipelines wird ein kontinuierliches Lernen aus neuen Plandaten und Rückmeldungen aus der Produktion gewährleistet.

Damit wird die Produktionsplanung nicht nur schneller und standardisierter, sondern auch robuster und lernfähiger. Sobald neue Planungsdaten hinzukommen, kann KI den Graphen kontinuierlich aktualisieren und optimieren.

### Der generative Vorteil

Um das Industrial Engineering durch den Einsatz von GenAI effizienter zu gestalten,

können produzierende Unternehmen heute die Grundlage herstellen, indem sie

- Daten konsolidieren, um Systembrüche zu überwinden, und eine zentrale Datenbasis aus historischen Planungen zu schaffen.
- KI-Infrastruktur aufbauen und in Industrial-GenAI investieren, die Produkt- und Produktionsdaten analysieren kann.
- KI zur Erkennung von Mustern einsetzen, um wiederkehrende Arbeitsfolgen zu identifizieren.
- sowohl die technische Integration anstoßen, um einen datenbasierten (Maximal-) Vorranggraphen in bestehende Planungstools zu verankern,
- als auch die organisatorische Integration forcieren, um IT- und OT-Know-how zusammenzubringen und Technologien wie GenAI effizient einzusetzen.

Statt mühsam jeden Arbeitsschritt neu zu modellieren, können Unternehmen mit GenAI in Zukunft vorhandenes Wissen intelligent integrieren. Das geschieht künftig in Stunden oder gar Minuten. Technologie und Daten sind da. Jetzt fehlt nur der erste Prompt, der die Planung ins Rollen bringt.

anm ◀

Autor: Dr.-Ing. Louis Schäfer, Adesso SE



Bild 1.



Bild 2.



Bild 3.

# Industrie 4.0 – praxisnah und interaktiv vermittelt

Studierende der TH Köln erleben Industrie 4.0 hautnah: Ein kompakter Demonstrator mit Roboter, Fördertechnik und Kamerasystem macht komplexe Produktionsprozesse interaktiv erfahrbar. Unterstützt von der mk Technology Group können zentrale Konzepte wie OEE vermittelt werden. **VON WERNER WEBER**

Die Anforderungen an Ingenieure verändern sich rasant – und mit ihnen die Lehre. An der TH Köln können Studierende moderne Produktionsprozesse nicht nur theoretisch verstehen, sondern mit einem Industrie-4.0-Demonstrator auch praktisch erleben. Unterstützt haben das Industriepartner wie die mk Technology Group.

Laut einer VDI-Umfrage gaben nur elf Prozent der befragten Studierenden an, dass sie sich gut auf die Herausforderungen der vernetzten Industrie vorbereitet

**„Wir wissen, wie wichtig die Ausbildung von qualifizierten Nachwuchs-Ingenieuren in Zeiten des Fachkräftemangels ist“,**

Maik Kirchner, Vertriebsingenieur für Fördertechnik bei mk

fühlen – bei Berufseinsteigern waren es gerade einmal neun Prozent. Der Verband der Deutschen Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA) fordert daher, dass Hochschulen ihre Curricula rasch anpassen sollten. Dass sich hier etwas verändert, beweist die technische Hochschule Köln.

„In der Tat kam aus der Industrie oftmals das Feedback, dass Absolven-

ten zwar über ein solides theoretisches Fundament im Bereich Produktionsmanagement verfügen, jedoch in der praktischen Umsetzung digital vernetzter Produktionsprozesse noch Verbesserungspotential bestünde“, sagt Yannick Liebertz, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor für Fertigungssysteme Köln (LFK) der TH Köln. „Um Studierende des Masterstudiengangs Maschinenbau auf Industrie 4.0 besser vorzubereiten, also auf Automation, IoT-Vernetzung und KI, haben wir einen Demonstrator entwickelt, mit dem sich die Schlüsseltechnologien üben lassen.“

## Pick-and-Place-Prozess

Beim Demonstrator handelt es sich um einen kompakten Tisch, 900 mm breit und 1.200 mm lang, der sich auf Rollen von Hörsaal zu Hörsaal schieben lässt. Auf diesem Tisch ist ein geschlossener Kreisprozess installiert, wie er auch in einer realen Produktionsumgebung zum Einsatz kommt. Das zentrale Element ist ein Gelenkarmroboter, der eine Pick-and-Place-Aufgabe übernimmt: Er greift nacheinander zwei Scheiben mit Durchmessern von 100 mm und 150 mm und stapelt diese auf einem Förderband übereinander. Hier startet die Förderstre-

cke. Am Ende dieses Förderbandes wird der Stapel auf eine zweite Förderstrecke überführt, die im rechten Winkel verläuft. Über diesem zweiten Förderband ist eine Kamera montiert. Sie prüft, wie präzise die Scheiben übereinander liegen. Das IT-System klassifiziert die Stapel dann in gute und schlechte Exemplare. Nach dieser Qualitätsprüfung erfolgt eine zweite Umlenkung des Stapels um 90 Grad auf ein drittes Förderband, das auf die andere Seite des Roboters zuläuft. Auf diesem Band trennt ein Abstreifer die Scheiben wieder voneinander. Am Ende der Förderstrecke kann der Roboter die vereinzelter Scheiben dann wieder aufnehmen. Der Prozess beginnt von vorn.

## Zentrale Konzepte wie OEE praktisch erleben

Der neue Demonstrator an der TH Köln schafft es, Studierende mit Konzepten von Industrie 4.0 vertraut zu machen. „Dafür sind nicht nur alle wesentlichen physischen Prozesse der Automatisierungstechnik abgedeckt – sprich Handhabung, Materialtransport und Qualitätsprüfung“, sagt Liebertz. Das System mache es auch möglich, Produktionsprozesse in Echtzeit zu analysieren und zu optimieren. Alle Komponenten, von



Bild 4.



Bild 5.

*Bild 1: Mobiler Cobot-Demonstrator an der TH Köln vermittelt Automatisierung hautnah. Bild 2: Die Scheiben werden am Ende der Förderstrecke in einem Prisma zentriert und vom Gelenkarmroboter gegriffen (Aufnahme-Position). Bild 3: Der Gelenkarmroboter greift nacheinander die beiden Scheiben und transportiert sie zur Start-Position des Demonstrators stapelt der Gelenkarmroboter die beiden Scheiben übereinander (Ablage-Position). Bild 5: Der Scheibenstapel wird zur Kameraposition befördert*

Roboter, über Förderbänder bis Kamera, sind vernetzt, sodass das IT-System beispielsweise Taktzeiten, Gut-Schlecht-Anteile und Verfügbarkeiten in Relation setzen kann, um daraus Erkenntnisse für eine Verbesserung abzuleiten. So ließe sich etwa erkennen, wenn die Produktionsgeschwindigkeit über ein sinnvolles Maß gesteigert würde, mit dem Ergebnis, dass die Produktqualität, also die Genauigkeit des Stapels, abnimmt. Langfristig sei geplant, den Demonstrator auch für Projektarbeiten, Abschlussarbeiten sowie interdisziplinäre Lehrformate zu nutzen.

### Der Nachwuchsförderung verpflichtet

Der Demonstrator zeigt, wie Hochschulen ihre Lehre erfolgreich an das Industrie-4.0-Zeitalter anpassen. Dieser Transformation steht oftmals ein begrenztes Budget für neue didaktische Mittel entgegen. Auch die TH Köln stand vor der Aufgabe, das neue System möglichst kostengünstig zu realisieren. Entsprechend aufwändig war die Suche nach

alternativen Anbietern von Automatisierungstechnik. Ein klassischer Gelenkarmroboter für die Industrie beispielsweise kostet schnell mehrere zehntausend Euro und wäre zu teuer gewesen. Die Projektverantwortlichen fanden jedoch beim Kölner Unternehmen Iigus den Rebel als kostengünstige Alternative – einen Gelenkarmroboter, der zu einem Großteil aus Hochleistungskunststoff gefertigt ist.

Unterstützung fand die TH Köln zudem bei der mk Technology Group, die den fahrbaren Tisch für den Demonstrator und die Fördertechnik bereitstellte. „Mk ist uns bei den Investitionskosten sehr entgegengekommen, was die Realisierung des Projekts im gegebenen Budgetrahmen überhaupt erst möglich gemacht hat“, sagt Liebertz. „Wir wissen, wie wichtig die Ausbildung von qualifizierten Nachwuchs-Ingenieuren in Zeiten des Fachkräftemangels ist“, sagt Maik Kirchner, Vertriebsingenieur für Fördertechnik bei mk. „Daher ist es für uns ein Herzensanliegen, innovative Projekte wie dieses als Industriepartner finanziell und auch mit fachlichem Know-how zu unterstützen.“

Das Know-how der Experten von mk war beispielsweise beim Thema Kompaktheit gefragt. Der Demonstrator sollte so platzsparend und so leicht wie möglich sein, damit ihn eine Person von Hörsaal zu Hörsaal schieben kann. Der Rebel von Iigus erwies sich hier als die richtige Wahl. Da der Cobot aus Hochleistungskunststoff gefertigt ist, bringt er nur acht Kilogramm auf die Waage – ein Leichtbau-Ansatz, den mk konsequent weitergeführt hat. So haben die Experten den Tisch mit der 40er-Profilserie von mk gebaut. Dabei handelt es sich um leichte und modulare Aluminiumprofile mit einem Rastermaß von 40 x 40 mm, die sich für leichte Maschinengestelle, Schutzeinrichtungen und Montagearbeitsplätze eignen.

### Kompakter Förderer punktet mit geringer Einbauhöhe

Auf dem Tisch sind zudem drei Gurtförderer GUF-P MINI montiert, die mk insbesondere für den Transport und das Vereinzeln von kleinen und leichten Fördergütern entwickelt hat. Mit Breiten von 50 bis 300 mm, Längen von 350 bis 3.000 mm und einer Einbauhöhe von nur 35 mm bieten die Förderer flexible Einsatzmöglichkeiten in beengten Einbausituationen.

Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) übernimmt die Synchronisation der Bewegungsabläufe, was den reibungslosen Ablauf zwischen der Förderstrecke und der Pick-and-Place Aufgabe des Roboters gewährleistet. Wenn der Rebel die vereinzeltten Scheiben aufnimmt, stellt die Steuerung beispielsweise sicher, dass die Förderbänder am Streckenauslauf abbremsen und sich die Scheiben in einem Prisma zentrieren. So findet der Roboter stets ein stabiles und reproduzierbares Übergabefenster vor, ohne durch zu schnelle Bewegungen der Bänder gestört zu werden. Mit der Steuerung lassen sich zudem Ablaufvarianten testen und Prozessparameter verändern.

### Fazit und Ausblick

„Die Lösung überzeugt nicht nur durch ihre Zuverlässigkeit im Millimeterbereich, sondern vor allem durch ihr attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis – ein wichtiger Faktor für den Einsatz in Ausbildung und Lehre“, sagt Liebertz abschließend. Durch die offene Struktur und modulare Bauweise könne man das System flexibel erweitern.

anm ◀

Der Autor: Werner Weber, Presse und Öffentlichkeitsarbeit bei der Maschinenbau Kitz GmbH.



Yannick Liebertz, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor für Fertigungssysteme der TH Köln (LFK).

# Smart Factory: Quo vadis?

Vor zwei Jahren habe ich im Gespräch mit dem Autocad-Magazin betont, dass die Smart Factory weit mehr als die Einführung neuer IT-Systeme und digitaler Technologien ist. Nur die enge Verzahnung von Mensch, Technologie und Prozess macht die Transformation von Industrieunternehmen erfolgreich. Seither hat sich das Umfeld für die Industrie spürbar verschärft. **VON DR. JOCHEN SCHLICK**

**G**eopolitische Unsicherheiten, wachsender Wettbewerbsdruck und der zunehmende Fachkräftemangel haben die Dringlichkeit einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch eine ganzheitliche Transformation noch einmal verstärkt. Zeit also, Bilanz zu ziehen: Welche Entwicklungen haben sich bewahrt, wo lagen die größten Hürden – und wie sieht der nächste

Systemintegratoren für die Erstellung von Dashboards bezahlt werden, können Anwender diese über natürlichsprachlichen Input direkt erzeugen. Zweitens sind diese Assistenten der intelligente Ansprechpartner für Entscheidungsträger: Sie geben Auskunft über Kennzahlen, Trends und Zusammenhänge.

In Produktionsprozessen an sich ist der Einsatz von KI noch weiter entfernt:

SAP oder andere ERP-Systeme oder die Prüfung von Auftragsbestätigungen für ausgegangene Bestellungen automatisieren. Bei einem Kunden haben wir allein durch die automatisierte Auftrags erfassung eine Effizienzsteigerung im Vertriebsinnendienst von mehr als 40 Prozent nachweisen können.

Auch in fertigungsnahen indirekten Bereichen sehen wir große Potenziale für KI. Ein Beispiel dafür sind Qualitätsmanagementprozesse. Mit Integrationsplattformen können Eight Discipline (8D)-Report-Datenbanken, A3-Reports und andere Datenquellen angebunden und mit KI indexiert werden. Sobald Fehler auftreten, können Qualitätsmanager die Symptome einem Assistenten per Sprach- oder Texteingabe schildern. Auf Basis der Indexierung findet der Assistent sehr schnell historische Problemlösungsreports, schildert diese in einem Chat und zeigt zudem die Originaldateien an. So wird die Problemlösung deutlich beschleunigt – und Qualitäts- und Stillstandskosten signifikant reduziert.

**Bei allen technologischen Veränderungen bleibt eine Sache konstant: Die beiden Vorgehensmodelle für Transformationen beweisen sich nach wie vor als sehr valide und sehr effektiv.“** Dr. Jochen Schlick

Schritt auf dem Weg zu resilienten, intelligenten Operations aus?

**KI ist da, um zu bleiben – und sich weiterzuentwickeln**

Am Ende des Interviews hatte ich damals die Vision einer künstlichen Intelligenz (KI), die Führungskräfte beim Umgang mit Komplexität unterstützt, skizziert. Mittlerweile ist dieser Use Case deutlich greifbarer geworden: MES-Systeme und Low Code-Plattformen integrieren bereits heute intelligente Assistenten, die heute vor allem zwei Use Cases abbilden. Erstens können diese Assistenten genutzt werden, um das System anzupassen oder weiterzuentwickeln. Statt dass

Bild-, Geräusch- oder Vibrationsauswertung erfordern heute noch eigene Machine-Learning-Modelle, die Unternehmen meist noch selbst entwickeln und trainieren müssen. Hier werden in Zukunft sicher viele neue, interessante Use Cases auf die Bildfläche kommen.

**KI automatisiert indirekte Prozesse**

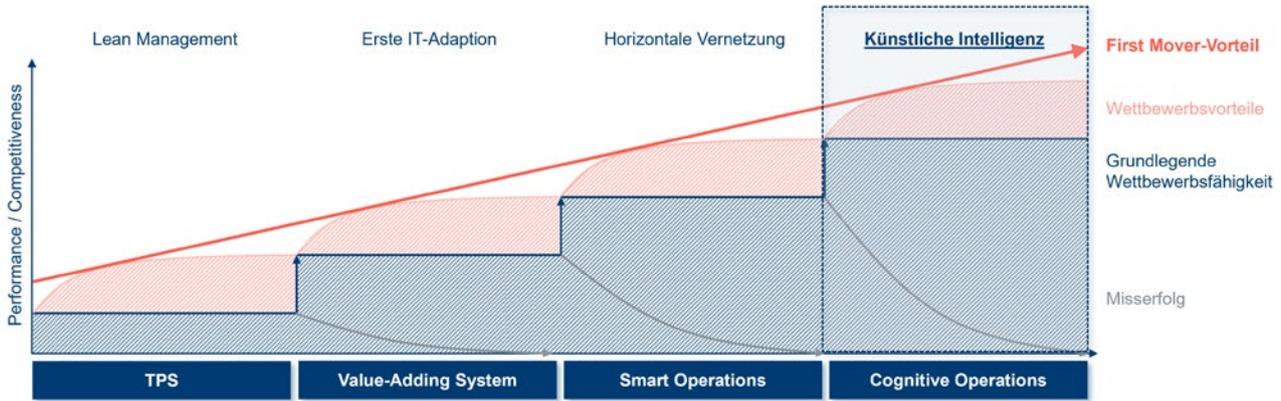
In indirekten Bereichen zeigt KI dagegen heute schon, welches Potenzial durch Implementierung für Industrieunternehmen entstehen kann. Durch die Informationsverarbeitungsfähigkeit mit KI lassen sich Prozesse wie das Erfassen von per E-Mail oder PDF eingehender Bestellungen in

**Smart Operations gleich Dark Operations?**

Die Entwicklung in diesen Bereichen hat auch eine Kehrseite: Wenn KI zunehmend Aufgaben übernimmt, die früher zur Ausbildung gehörten – etwa das eigenständige Erstellen von Auswertungen oder das Interpretieren von Pareto-Diagrammen – fehlt jungen Nachwuchskräften



Die frühe Adaption von KI-Technologien ermöglicht First-Mover-Vorteile.



die Gelegenheit, diese Kompetenzen zu erlernen. Die Gefahr besteht, dass der Mensch künftig nur noch als hochspezialisierter Experte oder Senior-Manager agiert, ohne dass ein natürlicher Kompetenzaufbau möglich ist. So stellt sich die Frage: Wie sollen Talente von einem Einstiegsniveau auf das Level eines erfahrenen Entscheiders gelangen, wenn die Lernpfade durch Automatisierung verkürzt oder ganz eliminiert werden?

Während sich die Visionen der Smart Factory immer besser realisieren lassen, stellt sich nun auch im indirekten Bereich der Fabrik die Frage nach der bewussten Definition der Rolle des Menschen – eine Frage, die wir uns vor Jahren bereits hinsichtlich der Smart Factory gestellt haben: Bedeuten Smart Operations zwangsläufig Dark Operations?

### Also alles prima? Ganz perfekt ist KI leider (noch) nicht

Leider ist KI als Technologie aber noch nicht perfekt. Probleme wie Halluzination, mangelnde Kontexttiefe, Bias & Intransparenz sowie Zweifel, was die Vollständigkeit und Aktualität der Datengrundlagen betrifft, erfordern für viele Use Cases heute noch einen Human-in-the-Loop (HITL), also einen menschlichen Prüfer, der den Output gegebenenfalls überprüft und freigibt. Dies ist besonders in geschäftskritischen Prozessen notwendig, bei denen Fehler kostspielig und deren

Behebung aufwändig werden können. Durch Feedbackschleifen werden die Systeme aber immer besser, so dass wir davon ausgehen können, dass wir in Zukunft keinen HITL, der jeden Prozess prüft, brauchen werden.

### Digitaler Zwilling für die Optimierung von Wertströmen

Im Interview hatte ich skizziert, dass intelligente Fabrik-Avatare ganze Wertstrom-Designs vorschlagen können würden. Dies ist bisher noch nicht der Fall – ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu diesem Punkt ist aber erfolgt: Einige wenige Systeme können als digitaler Schatten mittlerweile Wertströme in komplexen Datenmodellen abbilden und erlauben neue Möglichkeiten für die Wertstromanalyse. Und auch das Wertstromdesign wird durch diese Datenmodelle auf eine neue Ebene geführt: In einem digitalen Zwilling der Wertströme können Simulationen von Nachfrageveränderungen, Planungsprämissen, veränderten Prozessen und neuen Entkopplungsstufen erfolgen. Dies erlaubt es Unternehmen, mit mehr Transparenz über den Ist-Zustand schneller neue Soll-Zustände zu planen. Richtig gelesen: Statt einiger weniger Rennerprodukt-Wertströme können Unternehmen in Zukunft alle Wertströme schnell und effizient planen – und das auch über Werksgrenzen hinweg. Besonders für Unternehmen, die ihren Global

Footprint überprüfen und optimieren müssen, ist dies ein echter Gewinn.

### Transformationsansatz bleibt gleich

Bei allen technologischen Veränderungen bleibt eine Sache konstant: Die beiden Vorgehensmodelle für Transformationen, die ich im Interview damals dargestellt hatte, beweisen sich nach wie vor als sehr valide und sehr effektiv. Die erfolgskritischen Merkmale beider Ansätze sind gleich: Integrieren Sie alle relevanten Stakeholder, sorgen Sie für ein einheitliches Verständnis, erzeugen Sie Ownership für Ideen und Lösungen, bereiten Sie (Teil-) Projekte gründlich vor und managen Sie Ihre Projekte mit einer Kombination aus agilen Methoden und Meilensteinen, um Geschwindigkeit und Motivation hochzuhalten. Wenn Unternehmen diese Tipps beherzigen, erzeugen sie schnell positive Ergebnisse und damit Unterstützung durch das Top-Management und die Eigentümer und kommen gut voran. Unternehmen, die dies versäumen, stolpern mit Ihren Projekten in Dauerschleifen, verlieren Transparenz über ihren Fortschritt, riskieren Budgetüberschreitungen und ultimativ den Erfolg Ihrer Initiativen.

anm ◀

Der Autor, Dr. Jochen Schlick, ist Senior Partner & Co-Founder von Neonex.



# Vom CAD-Modell zum Digital Mock-Up

Der modulare Software-Baukasten VT-DMU der Invenio Virtual Technologies (VT) unterstützt die Produktentwicklung. Er automatisiert Digital Mock-Up-Prozesse (DMU) und optimiert sie mit künstlicher Intelligenz (KI). **VON SIEGFRIED MAIER**

Der modulare Software-Baukasten VT-DMU ermöglicht die intelligente Automatisierung komplexer Entwicklungsprozesse – flexibel, individuell und effizient auf Basis von 3D-Daten.

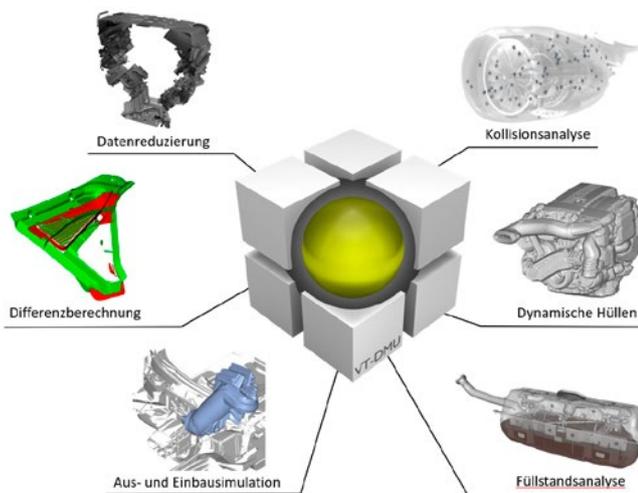


Bild: Invenio Virtual Technologies GmbH

Endposition des zu bewegenden Umfangs und der umgebende Bauraum definiert werden – den Rest erledigt VT-DMU. Mit den ergänzenden Offset-Hüllen werden Bauteile oder Baugruppen wiederum mit einem positiven Offset versehen, um beispielsweise relevante Sicherheitsabstände ohne konstruktiven Aufwand automatisch zu gewährleisten. Zusammengefasst können mit VT-DMU der Entwicklungsprozess beschleunigt und gleichzeitig die Konstrukteure entlastet werden. VT-DMU übernimmt die Automatisierung einzelner Prozesse – etwa die Bewertung geometrischer Konflikte – und schafft damit neuen Raum für wichtige Aufgaben.

Die steigende Komplexität moderner Produkte, kürzere Entwicklungszyklen und wachsender Kostendruck führen zu neuen Anforderungen an die Produktentwicklung. Die Invenio Virtual Technologies (VT) unterstützt hierbei mit dem modularen Software-Baukasten VT-DMU, der Digital Mock-Up-Prozesse (DMU) digitalisiert, automatisiert und durch KI grundlegend umgestaltet.

## Herausforderungen im Konstruktionsprozess

Im Entwicklungsalltag agieren Konstrukteure in unterschiedlichen Rollen – unter anderem modellieren sie CAD-Geometrien, legen Toleranzen fest und berücksichtigen montage- sowie service-orientierte Aspekte, wodurch eine ganzheitliche Sicht auf das Produkt entsteht. Typische Herausforderungen sind späte Projektänderungen sowie zeitintensive, manuelle Prüfprozesse und zahlreiche Routineaufgaben in Kontrolle und Analyse. Diese Faktoren binden wertvolle Kapazitäten und verlangsamen den gesamten Entwicklungsprozess.

VT-DMU bietet eine durchgängige, virtuelle Produktabsicherung, die über klassische DMU-Ansätze hinausgeht und Konstrukteure unter anderem mit folgenden Funktionen unterstützt:

- **Konflikterkennung:** VT-DMU erkennt geometrische Konflikte wie Kollisionen, Abstandsverletzungen oder Mindestabstände im virtuellen Produkt bzw. in den 3D-Daten frühzeitig. Für Schraubverbindungen hat die Invenio VT eine produktive, skalierbare Lösung für automatisierte Schrauben-Checks entwickelt.
- **Differenzanalyse:** Sie berechnet automatisch geometrische Unterschiede in den Baugruppen oder im gesamten digitalen Prototyp und zeigt dem Konstrukteur auf, wo sich Änderungen ergeben haben und ob eine Überarbeitung oder Umkonstruktion im Bauraum oder Verantwortungsbebereich erforderlich ist.
- **Simulationen:** Die Ein- und Ausbausimulation der Invenio VT ermittelt voll automatisch einen möglichen und anschließend einen optimierten Aus- oder Einbaupfad von einzelnen Bauteilen oder Bauteilgruppen. Dafür müssen lediglich die Anfangs- und

## Vielfalt an Funktionen und KI-Unterstützung

VT-DMU umfasst mehr als 50 spezialisierte Funktionen, die sich je nach Anforderung flexibel kombinieren lassen, ähnlich Lego-Bausteinen. Über leistungsfähige APIs lassen sich diese Lösungen in bestehende Kundensysteme und Anwendungen integrieren oder daran anbinden.

Vor mehr als zehn Jahren hat das Technologie- und Beratungsunternehmen eine eigene KI selbst entwickelt, anschließend trainiert und später auf zusätzliche Use-Cases erweitert. „Die Ergebnisse im produktiven Einsatz zeigen, dass wir mit unserer intelligenten Technologie für viele Use-Cases im DMU- und 3D-Umfeld einen echten Mehrwert bieten“, so Michael Pretschuh, Head of Sales and Marketing bei der Invenio VT. Damit treibt die Invenio-KI die digitale Produktentwicklung konsequent voran.

anm ◀

Der Autor, Siegfried Maier, ist Referent Public Relations and Communications bei Invenio Virtual Technologies.

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  
**www.contelos.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**  
Friedenfelder 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

## 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

## 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

## 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

## 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@maxogroup.com  
**Internet: www.maxogroup.de**

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

## 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](mailto:Industry@sgf.com)  
Internet: [www.sgf.com](http://www.sgf.com)

Hersteller von Wälzlagern  
und Spindelinheiten



Entwicklung, Konstruktion und Herstellung von Wälzlagern bis zu einem Außendurchmesser von 1600 mm sowie Werkzeugmaschinenspindeln. Rekonditionierung von Wälzlagern und Reparatur von Werkzeugmaschinenspindeln. 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](mailto:slf@slf-fraureuth.de)  
Internet: [www.slf-fraureuth.de](http://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 eisenbehafeten 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](mailto:info@tecnotion.de)  
Internet: [www.tecnotion.de](http://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](mailto:info@contelos.de)  
Internet: [www.contelos.de](http://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](mailto:kontakt@dreicad.de)  
Internet: [www.dreicad.de](http://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](mailto:info@conec.de)  
Internet: [io-systeme-verteilerboxen.de](http://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](mailto:eu.support@digkey.com)  
Internet: [www.digikey.de](http://www.digikey.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](mailto:info@finder.de)  
Internet: [www.finder.de](http://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](mailto:info@kabeltronik.de)  
Internet: [www.kabeltronik.de](http://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](mailto:zentral@odu.de)

## Die Kernkompetenz der

Contelos GmbH ....



liegt in der integrativen Bearbeitung der Projekte. Kompetente Beratung mit der Erfahrung aus 18 Jahren im Auto-deskgeschäft 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](http://www.contelos.de)

Hersteller pneumatischer  
Handhabungsmodule  
im Baukastensystem

Made in Germany seit 1979: Rundschalttische, Schwenkantriebe, Parallelgreifer, Hubeinheiten, Lineareinheiten, Zubehör, Lin-nearschlitten, 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](http://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](http://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](http://www.mscsoftware.com/de)

## Messtechnik &amp; 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](http://www.althen.de)

Komponenten und Komplett-  
lösungen 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](http://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](http://www.sensopart.com)

Die Kernkompetenz der  
Contelos GmbH ....

liegt in der integrativen Bearbeitung der Projekte. Kompetente Beratung mit der Erfahrung aus 18 Jahren im Auto-deskgeschäft 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](http://www.contelos.de)

Innovative Befestigungs-  
lösungen 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](http://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](http://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**

Zepplinstraße 13, 32051 Herford  
Tel.: +49 5221 932-0, Fax +49 5221 932-400  
E-Mail: vertrieb@dresselhaus.de  
Internet: [www.dresselhaus.de](http://www.dresselhaus.de)

Blechbearbeitung



**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.

Brandschutz



**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.

Fertigung / NC / CAM



**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.

Fertigung / NC / CAM



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.

Fertigung / NC / CAM



**vectorcam GmbH**  
Technologiepark 9  
D-33100 Paderborn  
Tel.: 05251 – 180 80 0  
E-Mail: info@vectorcam.com  
**Internet: www.vectorcam.com**  
YouTube: 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!

Inventor-Lösungen



**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, Edgcam, 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](http://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](http://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.).



**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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://www.fx64.de)

• • • • •

## AUTOCAD Magazin 07/25



Bild: Altair

## BRANCHE

## Luft- und Raumfahrt

Durch die Vernetzung der Prozesse rücken Automatisierung, Antriebstechnik, Informationstechnik und Sicherheit in der Luft- und Raumfahrt noch näher zusammen. Für die Konstruktions-Abteilungen bedeutet das, verschiedene Denkansätze und Konzepte zu verbinden.

## KONSTRUKTION

## PLM-Lösungen

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 PLM-System kann sie dabei unterstützen.

## PRODUKTENTWICKLUNG

## Virtual und Augmented Reality

In der Industrie fristen VR- und AR-Technologien oft noch ein Schattendasein, obwohl man sich ja einst viel davon versprochen hatte. Was braucht es, um der virtuellen Realität in der Produktentwicklung zum Durchbruch zu verhelfen?

## Weitere Themen:

PRAXIS: Schnittstellen zwischen ERP und Produktkonfiguration

KONSTRUKTIONSBAUTEILE: Maschinenelemente und leistungsfähige Energieführungssysteme

BAUWESEN: Trends in der Infrastrukturplanung

DIGITALE FABRIK: Fertigungsplanung

Das nächste Heft erscheint am 04.12.2025

## Impressum

**Herausgeber und Geschäftsführer:**  
Matthias Bauer, Günter Schürger

**AUTOCAD MAGAZIN im Internet:**  
[www.autocad-magazin.de](http://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, Jiri Duron, Thomas Elbracht, Petra Erner, Nils Horstmann, Andreas Kraus, Thomas Krüger, Siegfried Maier, Silke Molch, Wilfried Nelkel, Gerhard Rampf, Felicitas Ribbrock, Louis Schäfer, Dr. Jochen Schlick, Ojesh Singh, Raphael Vallazza, Sandra Walz, Werner Weber, Jan Wendenburg, Georg Yundt, Andreas Zeiff

**So erreichen Sie die Anzeigenabteilung:**

**Anzeigengesamtleitung:**  
Martina Summer  
(089/3866617-31, [martina.summer@win-verlag.de](mailto:martina.summer@win-verlag.de)),  
Anzeigen verantwortlich

**Mediaberatung:**  
Tilmann Huber  
([tilmann.huber@win-verlag.de](mailto:tilmann.huber@win-verlag.de), Tel.: 089/3866617-26)  
Manuela Gries  
([manuela.gries@win-verlag.de](mailto:manuela.gries@win-verlag.de), Tel.: 089/3866617-25)

**Anzeigendisposition:**  
Auftragsmanagement@win-verlag.de  
Chris Kerler (089/3866617-32, [Chris.Kerler@win-verlag.de](mailto:Chris.Kerler@win-verlag.de))

**Abonentenservice und Vertrieb**  
Tel: +49 89 3866617 46  
[www.autocad-magazin.de/hilfe](http://www.autocad-magazin.de/hilfe)  
oder eMail an [abovertrieb@win-verlag.de](mailto:abovertrieb@win-verlag.de) mit Betreff „AutoCAD Magazin“.  
Gerne mit Angabe Ihrer Kundennummer vom Adressetikett

**Bildnachweise:**  
shutterstock.com, Adobe Stock, Werkfotos

**Titelbild:** [ipopba/stock.adobe.com](http://ipopba/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](mailto: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](mailto:martina.summer@win-verlag.de), 089/3866617-31)

**Objektleitung:**  
Rainer Trummer  
([rainer.trummer@win-verlag.de](mailto:rainer.trummer@win-verlag.de); Tel.: 089/3866617-10)

**Zentrale Anlaufstelle für Fragen zur Produktsicherheit**  
Martina Summer  
([martina.summer@win-verlag.de](mailto: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: 07/2025 (ET: 30.10.2025)



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, PlastXnow, Plastverarbeiter, KGK Rubberpoint



# Die DNA von Metrofunk

für Systemerhalt  
hinter der Kulisse



**Metrofunk Kabel-Union GmbH**

Lepsiusstraße 89,

D-12165 Berlin,

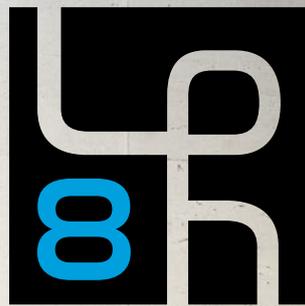
Tel. 030 79 01 86 0

info@metrofunk.de – www.metrofunk.de



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

# Lph8 KONGRESS



## 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](http://www.Lph8-Kongress.de)

Ein Kongress von:

**IWW**  
INSTITUT

**WIN**  
VERLAG