

AUTOCAD

Fachmagazin für Konstruktion, Architektur und Planung

MAGAZIN



Bild: © Andrey Popov/stock.adobe.com

Die nächste Stufe des digitalen Bauens

Warum BIM 2.0 mehr als nur ein Update ist

PRAXIS

Tipps und Tricks:
Praxis-Wissen
für CAD-Anwender

PRODUKTENTWICKLUNG

Trends für 2026: Was für die
Fertigungsunternehmen in
diesem Jahr wichtig wird

DIGITALE FABRIK

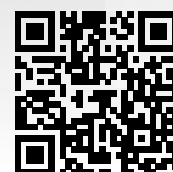
Predictive Maintenance:
Mit Feedback-Loops bessere
Maschinen entwickeln

ENTDECKEN, WAS WIRKLICH GEHT



**SICHERN SIE SICH JETZT IHR
EXKLUSIVES ABONNEMENT!**

www.autocad-magazin.de/abonnement



AUTOCAD
MAGAZIN

eine Marke vom

WIN
VERLAG

Was die Baubranche jetzt braucht

Liebe Leser,

auch wenn in der Baukonjunktur die ersten Frühlingsknospen sprießen, steht das Bauwesen immer noch vor vielfältigen Problemen. Denn steigende Kosten, volatile Materialverfügbarkeiten und hohe Zinsen machen es nicht einfacher, den hohen Bedarf an Wohn-, Infrastruktur- und Industrieprojekten zu decken. Zugleich wächst der Druck, Projekte schneller, nachhaltiger und wirtschaftlicher umzusetzen – und das bei hohen regulatorischen Anforderungen und einem zunehmenden Fachkräftemangel.

Mit traditionellen Planungs- und Entwicklungsmodellen stoßen hier viele Unternehmen an ihre Grenzen. Es braucht vielmehr neue Konzepte, die frühzeitig Transparenz in Bauprojekten schaffen, Entscheidungen absichern und die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit vereinfachen. BIM 2.0-Konzepte rücken dabei zunehmend in den Fokus. Sie erweitern das klassische Building Information Modeling um datengetriebene, cloud-basierte und KI-gestützte Methoden. Varianten schneller bewerten, Risiken früher erkennen und Projekte robuster aufstellen – das sind nur einige der Vorteile, die entsprechende Softwarelösungen bieten. Welche Rolle dabei offene Plattformen und Standards, Automatisierungskonzepte und



Andreas Müller

Chefredakteur

ein durchgängiger Datenfluss spielen, diskutiert unser BIM-2.0-Expertenpanel auf den Seiten zehn bis 13.

Dass diese Vorteile kein Wunschtraum sein müssen, bezeugt unser Interview auf Seite 14 bis 16. Wie es gelingt, die frühen Projektphasen bei der Planung von Rechenzentren zu beschleunigen, und warum sich die Branche derzeit schneller verändert, als viele erwarten, erläutern Daniela Becker seitens Autodesk, und Moritz Mombour für Drees & Sommer. Die Quintessenz: Wer frühzeitig auf neue digitale Werkzeuge, integrierte Prozesse und ein vernetztes Projektverständnis setzt, wird erfolgreich sein.

INHALT 1/26

SZENE

- 06 News & Neue Produkte
- 08 Was Unternehmen jetzt wissen müssen
Der Weg zum Digitalen Produktpass
- 09 Starke Signale zum Jahresbeginn
Messen JEC World und Maintenance

BRANCHE: BAUWESEN

- 10 Die nächste Stufe des digitalen Bauens
Trends im Building Information Modeling
- 13 Cloudbasierte Planung von Rechenzentren
Wie Drees & Sommer und Autodesk mit Forma frühe Projektphasen beschleunigen
- 16 Digitale Präzision für nachhaltige Fertigung
Atlas Copco setzt auf BIM
- 18 Potenziale bei Effizienz und Optimierung
Forschungsprojekt STIFT zum digitalen Gebäudezwilling
- 20 Wie sich die Einbindung der Geodaten auszahlt
BIM-GIS-Integration
- 23 Wie künstliche Intelligenz das Bauen umgestaltet
DigitalBAU 2026

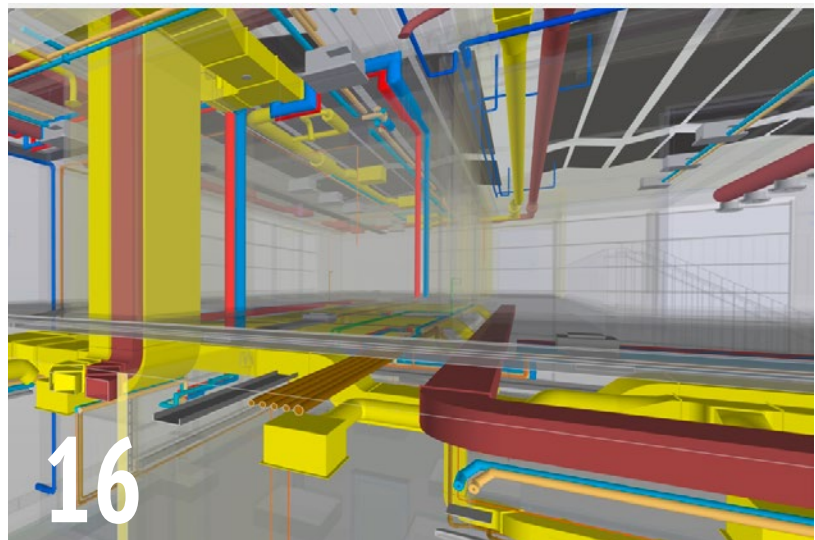
PRAXIS

- 24 Tipps & Tricks
Die AutoCAD-Expertenrunde
- 28 Einfach geblockt!
BLOCKUS.LSP
- 28 Die aktuelle Linienstärke einstellen
ACM-LSTAERKESETZEN.LSP
- 29 Ziemlich universeller Beschrifteter
K_DATA2TEXT.LSP
- 29 2D-Sperrflächen erzeugen
SPERRFLAECHE.LSP
- 30 Holzverbindung mit moderner Technik
ZINKEN-H_3D.LSP
- 30 Segmentlängen prüfen
ACM_MTEST.LSP
- 31 Überschobene Schalung mit Holzkehle am Oberbrett
FR_BV_UESHOK.LSP
- 31 Textinhalt mit einem Schriftfeld referenzieren
ACMSFOFTEXT.LSP



SZENE: Fast alle in der EU verkauften Produkte werden künftig einen digitalen Produktpass (DPP) benötigen. Unternehmen sollten sich darauf vorbereiten.

Bild: ImageFlow/stock.adobe.com



BRANCHE: BAUWESEN PBIM-basierte Planung und energieeffiziente Gebäudetechnik sind Schlüsselfaktoren für ein zukunftsweisendes Industrieprojekt, das in der Kategorie „Ländlicher Raum“ mit dem BIM-Preis Bayern 2024 ausgezeichnet wurde.

Bild: Gammel Engineering GmbH





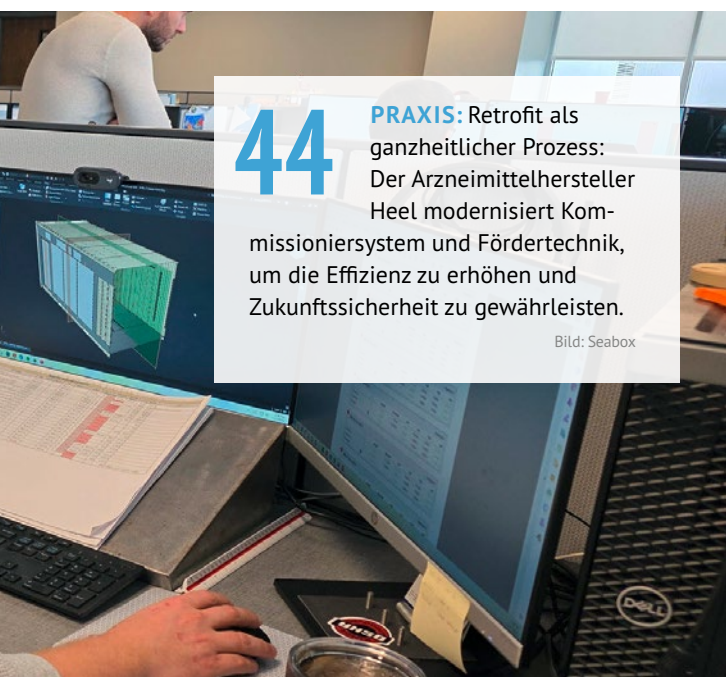
KONSTRUKTIONSBAUTEILE: MASCHINENELEMENTE Viele industrielle Prozesse funktionieren nur dann einwandfrei, wenn die dabei auftretenden mechanischen Kräfte zuverlässig und genau erfasst werden. Die Anforderungen an die Kraftsensoren sind daher besonders hoch.

Bild: Surasak/stock.adobe.com



PRODUKTENTWICKLUNG: Bei der Entwicklung von Ventiltrieben entscheiden Toleranzmanagement und Werkstoffauswahl über Erfolg oder Ausfall. Einige Entwicklungsansätze haben sich für extreme Einsatzbereiche bewährt.

Bild: Con SEPT



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

Bild: Seabox

KONSTRUKTIONSBAUTEILE

- 32 Auf die richtige Dosierung kommt es an
Wie Kraftsensoren die Qualität vieler Anwendungen gewährleisten
- 34 Ventiltrieb-Kits – als Gesamtsystem gedacht
Präzision als Schlüssel für extreme Einsatzbedingungen
- 36 Mit KI Motorkomponenten entwickeln
Hydraulikpumpen
- 38 Neue Produkte & News

PRODUKTENTWICKLUNG

- 40 Orientierung unter veränderten Vorzeichen
Trends im Jahr 2026: Experten im Gespräch
- 44 Thinking Inside the Box
Die Software-Integrationsreise eines Containerherstellers
- 47 Laserschneidmaschine nutzen statt kaufen
„Machine-as-a-Service“ in der Blechbearbeitung

DIGITALE FABRIK

- 48 Das Rückgrat für Echtzeit-Integration
Das Nervensystem der Produktion
- 50 Mit Feedback-Loops zu besseren Maschinen
Predictive Maintenance und Produktentwicklung
- 52 Datensprache und KI – Boten der Digitalisierung
Diagnose von Betriebszuständen
- 54 Was auf Unternehmen zukommt
Die KI-Verordnung

SERVICE / RUBRIKEN

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

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

REDAKTIONELL ERWÄHNT FIRMEN UND ORGANISATIONEN: Atlas Copco S. 16-17, Autodesk S. 13-14, 40; Blechnext S. 47, BuildingSmart S. 20-21, Con Sept S. 34-35, Confluent S. 48-49, Contact Software S. 7, 41; Contelos S. 10, CoreTechnologie S. 7, Drees & Sommer S. 13-14, Easy Fairs S. 9, Eplan S. 7, Eurotube S. 39, Gain Software S. 43, Gammel Engineering S. 16-17, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden S. 20-21, IPH Hannover S. 54-56, JEC World S. 9, Kendrion S. 38, Kisters S. 6, Kollmorgen S. 39, Megatron S. 32-33, Mensch und Maschine S. 11, 41-42; Messe München S. 23, Misumi S. 6, Neural Concept S. 6, Norelem S. 39, Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main S. 20-21, Phoenix Contact S. 18-19, PNY S. 42, Pusan National University S. 36-37, Razorleaf S. 44-46, Ringspann S. 38, Rockwell Automation S. 7, Scantrust S. 8, Schmalz S. 38, Schuller & Company S. 12, Seabox S. 44-46, Vollack Gruppe S. 16-17, Xometry S. 43, Ziehl-Abegg S. 52-53

Fertigungsplattform: Zugeschnitten auf den europäischen Markt

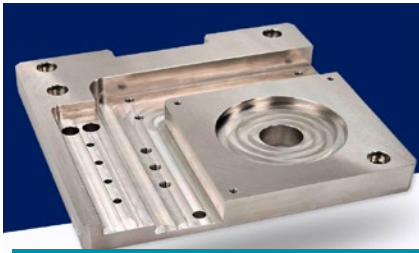


Bild: Misumi

Die Erweiterung der Fertigungsplattform Meviy ist auf den europäischen Markt zugeschnitten.

Meviy, Misumis KI-gestützte On-demand-Fertigungsplattform für die Konstruktion, Preisermittlung und Be-

stellung von 3D-Bauteilen, erweitert das eigene Angebot um eine neue Produktlinie, die speziell auf den europäischen Markt zugeschnitten ist. Die Lösung International Economy wurde für mittlere Losgrößen (drei bis 100 Teile) entwickelt und ermöglicht Unternehmen in der Europäischen Union, ihre Fertigungskosten zu senken, bei gleichbleibend hohen Qualitäts- und Prüfstandards.

„In ganz Europa stehen Ingenieure und Beschaffungsteams unter ständigem Druck die Stückkosten zu senken, ohne dabei Kompromisse bei Design,

Toleranzen oder Qualitätsstandards einzugehen“, erklärt Nobuyuki Yoshida, General Manager bei Misumi

„Um diese Lücke zu schließen, hat Meviy die Produktlinie ‚International Economy‘ eingeführt. Sie bietet einen klar definierten Fertigungsweg für mittelgroße Aufträge mit transparenter Preisgestaltung und Priorisierungslogik, wobei die bewährten Qualitätssicherungs- und Angebotsprozesse von Meviy beibehalten werden. So können Teams innerhalb desselben digitalen Workflows fundierte Kostenentscheidungen treffen.“

3D-Baugruppen: Selektieren und Filtern mit weniger Aufwand

Mit der neuen 3DViewStation bietet Kisters ein Werkzeug, das Anwendern Selektions- und Filterfunktionen selbst für große 3D-CAD-Baugruppen bereitstellt. Sie sind unabhängig vom CAD-System. Die Software umfasst intelligente Selektions- und Filterfunktionen, die es Anwendern erlauben, gezielt jene Bauteile zu identifizieren, die für eine Aufgabe relevant sind. Die 3DViewStation bietet viele Möglichkeiten, Bauteile gezielt auszuwählen, zu isolieren oder zu gruppieren:

- visuelle Selektion durch direktes Anklicken in der 3D-Ansicht mit sofortiger Hervorhebung;
- interaktive Mehrfachauswahl wie

Windows Explorer;

- Mehrfachauswahl durch das Aufziehen eines Rechtecks;
- Nachbarschaftssuche und Selektion mittels Quader, Kugel oder linearem Abstand (zum Beispiel Objekte in der Nähe von Rohren oder Leitungen);
- Anwender können sich entlang der Baugruppenstruktur bewegen und einzelne Komponenten selektieren;
- Umkehrselektion für die einfache Handhabung komplexer Szenarien.

Neben der Selektion bietet die 3DViewStation umfangreiche Such- und Filteroptionen, mit denen Anwender Baugruppen nach verschiedenen Kriterien reduzieren.



Bild: Kisters

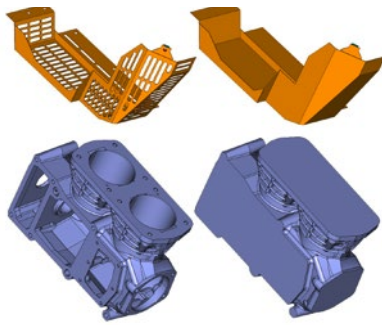
Die Kisters 3DViewStation ermöglicht eine schnelle und zielgerichtete Navigation.

Schnell vom Konzept zur Entscheidung

Neural Concept hat auf der CES 2026 einen neuen AI Design Copilot vorgestellt. Der KI-Copilot unterstützt Ingenieure, innerhalb weniger Minuten Tausende von fertigungsreifen virtuellen 3D-Geometrieoptionen aus der Designabsicht zu generieren.

Der KI-Copilot soll CAD-Engpässe beseitigen und leistungsfähigere Produkte in verschiedenen Branchen ermöglichen, darunter Automobil, Luft- und Raumfahrt, Halbleiter, Unterhaltungselektronik und Energie. Ingenieure können nach Angabe des Anbieters Nachbesserungen in späten Phasen um bis zu 50 Prozent reduzieren und gleichzeitig Millionen von Designvarianten untersuchen. Das verspricht intelligentere Entscheidungen und schnellere Fortschritte bei Projekten mit hohem Risiko. Der AI Design Copilot bietet unter anderem folgende Funktionen wie Generierung von CAD-fähiger Geometrie aus Designideen, Erkunden von 10- bis 1.000-mal mehr Designvarianten pro Iteration, nahtlose Integration mit Multiphysik-Simulationen und Integration in vorhandene KI- und 3D-Visualisierungsplattformen integrierbar.

Komplexe CAD-Modelle intelligent vereinfachen



Vor und nach der Vereinfachung komplexer CAD-Modelle mit dem 3D_Kernel_IO Simplifier.

Mit der Software-Version 3D_Kernel_IO 2026 erweitert CoreTechnologie das Leistungsspektrum seiner CAD-Schnittstellen-Bibliothek um eine intelligente Funktion zur Vereinfachung komplexer CAD-Modelle. Durch die Integration stehen Herstellern von 3D-Software 42 stets aktuelle CAD-

Formate zum schnellen, präzisen und kosteneffizienten Lesen und Schreiben von CAD-Daten zur Verfügung. Die API unterstützt CAD-Formate wie Catia, Nx, Creo, Solidworks, Inventor, Step sowie It und ermöglicht das Lesen sowie das Herausschreiben der wichtigsten nativen CAD- und VR-Formate ohne eine Lizenz der involvierten CAD-Systeme.

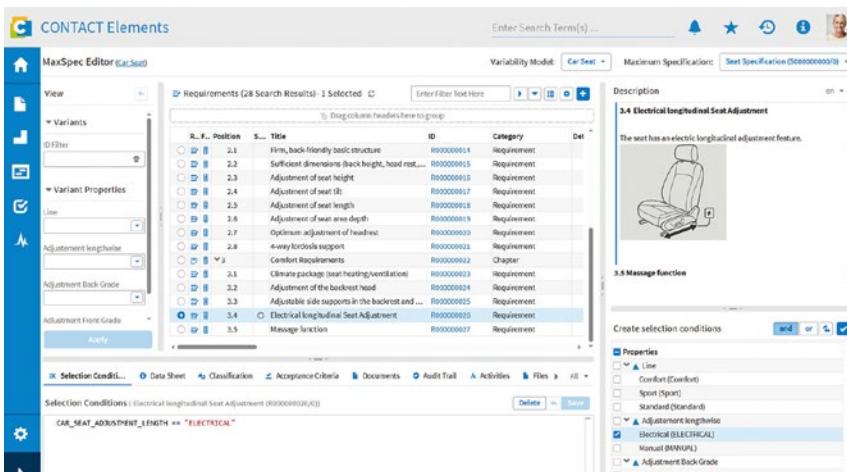
Mithilfe des schnellen und präzisen Algorithmus zum automatischen Entfernen von Details wie Bohrungen und Taschen sowie der Erzeugung leichter Hüllgeometrien entstehen präzise und optimierte Modelle.

Digital Twin und elektrische Simulation



Ingenieure können mit der Integration Systeme wie Industrieroboter, Schalttafeln und Förderanlagen virtuell modellieren, testen und optimieren.

Variantenmanagement für Spezifikationen



Der MaxSpec Editor übernimmt das bewährte Prinzip vom MaxBOM Editor: Statt der 150 Prozent-Stückliste werden 150-Prozent-Spezifikationen definiert.

Contact Software erweitert sein Portfolio um Variantenmanagement für Spezifikationen und integriert dessen Funktionsumfang in CIM Database PLM. Die neue Funktion ermöglicht die systematische Verwaltung von Anforderungen über Produktvarianten hinweg. Die Aufwände, um Anforderungen für

Produktvarianten zu erstellen und zu pflegen, sind oft enorm. Zudem besteht die Gefahr von Inkonsistenzen: Dieselbe Anforderung kann über verschiedene Produktvarianten hinweg unterschiedlich formuliert oder interpretiert werden, was zu Fehlern, Qualitätseinbußen und Mehraufwand führt. Um diesen Herausforderungen

Rockwell Automation, ein Unternehmen für industrielle Automatisierung und digitale Transformation, und Eplan, Anbieter von Engineering-Software, haben eine neue Integration mit dem Digital Twin vorgestellt, die das elektrische Design und die Simulation vereinfachen soll.

Die Integration verbindet die Schaltplan-Tools von Eplan mit der Emulate3D Digital-Twin-Software von Rockwell Automation. Ingenieure können damit Systeme wie Industrieroboter, Schalttafeln und Förderanlagen virtuell modellieren, testen und optimieren – noch bevor Hardware gebaut wird. Dies verbessert Arbeitsabläufe, verkürzt die Engineering-Zeit, insbesondere bei der Erstellung von Simulationsmodellen, und erhöht die Genauigkeit.

zu begegnen, integriert Contact Software das Variantenmanagement für Spezifikationen in CIM Database PLM.



Bild: © ImageFlow/stockadobe.com

Was Unternehmen jetzt wissen müssen

Die Regelung zum digitalen Produktpass (DPP) ist ein Teil der Verordnung zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte (Verordnung (EU) 2024/1781). Sie schreibt vor, dass mit jedem verkauften Produkt Angaben zu Produktionsstandort und -datum, Emissionsmessungen und andere Informationen zu Umweltauswirkungen, Angaben zur Ernte oder Herkunft, Material- oder Inhaltsstoffinformationen, Benutzerhandbücher, Sicherheitshinweise und Anweisungen zur Produktentsorgung geliefert werden müssen.

Die Angaben sind nicht kompliziert. Allerdings müssen die Systeme, die die Erfassung, Verwaltung und Verbreitung dieser Informationen erleichtern, zuverlässig sein. Dies soll sicherstellen, dass die vorgeschriebenen Angaben innerhalb

der gesetzlichen Vorgaben den Endverbraucher erreichen, das oberste Ziel der Verordnung über die umweltgerechte Gestaltung nachhaltiger Produkte (ESPR).

Flexibilität für zukünftige Anforderungen

Viele Branchen oder Produktkategorien haben jedoch noch keine regulatorischen Leitlinien in Form einer kategoriespezifischen delegierten Verordnung erhalten. Die bereits veröffentlichten delegierten Verordnungen sind zwar ein starker Indikator dafür, was es in anderen Branchen braucht; dennoch gilt es, ein System einzuführen, das Produktinformationen organisieren und verfügbar machen kann und für zukünftige Anforderungen flexibel ist. Obwohl es bisher keine Anforderungen für digitale Zwillinge oder detaillierte digitale

Fast alle in der EU verkauften Produkte werden künftig einen digitalen Produktpass (DPP) benötigen. Als Teilnehmer an CIRPASS2 hat Scantrust gemeinsam mit dem Verband der Deutschen Feder- und Daunenindustrie (VDFI) ein Pilotprojekt für Produktpässe entwickelt.

VON MICHAL KLUKA

Modelle physischer Gegenstände gibt, ist es vorstellbar, dass einige Kategorien wie Luftfahrtkomponenten irgendwann einen Produktpass benötigen, der digitale, dreidimensionale Versionen ganzer Produkte oder Produktkomponenten enthält.

Pilotprojekt für den DPP

Als Teilnehmer an CIRPASS2 – einem Projekt der Europäischen Union zur Implementierung und Validierung von DPPs zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft – ist Scantrust ein Pionier bei Lösungen für digitale Produktpässe. Scantrust hat bereits mit dem VDFI (Verband der Deutschen Feder- und Daunenindustrie) ein Pilotprojekt entwickelt. Neben der Entwicklung der für die Einhaltung der Vorschriften erforderlichen Tools werden sich Herstellerunternehmen auch für die umfassendere Scantrust-Plattform interessieren. Sie unterstützt die zukunftssichere Generierung von GS1-konformen digitalen Link-Codes sowie ein Produktidentitätsmanagementsystem. Die Vorteile dieser Plattform reichen von Fälschungsschutz über Kundenbindung bis zur Einhaltung von Vorschriften.

anm ◀

Weitere Informationen:

<https://cirpass2.eu/about/>
<https://www.scantrust.com/>

Der Autor, Michal Kluka, ist Project Manager bei Scantrust B.V.

Batterien	verbindlich ab 1. Januar 2026	EU Batterie Regelung (EU) 2023/1542
Textilien	2025–2027 (phasenweise)	EU-Strategie für nachhaltige und zirkuläre Textilien; CIRPASS
Elektronik / IKT	Q2 2025–Ende 2027 (phasenweise)	ESPR-Vorschlag; Kategorie mit hoher Priorität
Bauwesen	TBD (noch ausstehend)	EU-Regeln 2024/3110 für die Vermarktung von Bauprodukten
Andere Produkte	durch künftige delegierte Rechtsakte festgelegt	ESPR-Rahmenwerk

Wichtige Termine im Zusammenhang mit digitalen Produktpässen

Bild: Gorodenkoff/stockadobe.com



Starke Signale zum Jahresbeginn

Vom 10. bis 12. März 2026 wird Paris erneut zum globalen Treffpunkt der Verbundwerkstoffindustrie: Die JEC World 2026 öffnet ihre Tore im Paris-Nord Villepinte Exhibition Centre. Weltweit anerkannt als wichtige Fachmesse für Composites, Fertigungstechnologien und Anwendungen, bringt die Veranstaltung Innovation, Business und Networking an einem Ort zusammen.

JEC World 2026 – „Pushing the Limits“

Nach der 60-Jahre-Jubiläumsausgabe 2025 vereint JEC World 2026 erneut das gesamte Ökosystem der Branche – von Marktführern über Start-ups bis hin zu Forschern, Investoren und Entscheidern. Erwartet werden über 1.400 Aussteller und rund 46.000 Fachbesucher aus mehr als 100 Ländern. Im Fokus stehen neue Technologien und nachhaltige Lösungen für zahlreiche Anwendungsbereiche wie Luft- und Raumfahrt, Automotive und Schienenverkehr, erneuerbare Energien, Bauwesen, Marine, Sport und Freizeit.

Als Wissens- und Innovationsplattform bietet JEC World ein umfassendes Konferenzprogramm mit Expertenvorträgen zu Zukunftsthemen wie Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und CO₂-Neutralität. Das JEC Startup Booster Programm zählt weiterhin zu den wichtigsten Initiativen der Branche und

präsentiert die 20 vielversprechendsten Start-ups, ergänzt durch ein erweitertes Startups Village und einen Investor Day.

Optimierte Business-Meeting-Programme, Live-Demonstrationen moderner Fertigungstechnologien sowie thematische Villages – darunter Circularity, Bio-Materials, SMEs und Startups – ermöglichen einen umfassenden Überblick über die gesamte Wertschöpfungskette der Composites-Industrie.

Ein weiterer Höhepunkt sind die JEC Innovation Planets, die wegweisende Anwendungen und Bauteile präsentieren. Bereits am 12. Januar 2026 gibt die digitale JEC World 2026 Premiere erste Einblicke, stellt die Startup-Booster-Finalisten vor und enthüllt die Gewinner der JEC Innovation Awards 2026.

Maintenance Dortmund

Am 25. und 26. Februar 2026 treffen sich in Dortmund die Fachleute der Instandhaltungs- und Prozesstechnik. Die Maintenance Dortmund und die parallel stattfindende Pumps & Valves erwarten mit über 310 Ausstellern eine Rekordbeteiligung.

Als Leitmesse der Instandhaltungs-Community bietet die Maintenance Dortmund einen umfassenden Überblick über das gesamte Spektrum industrieller Instandhaltung. In Kombination mit der Fachmesse für industrielle Pumpen, Ar-

Mit zwei Events starten zentrale Industriezweige in das Messejahr 2026: Während die JEC World im März in Paris als Leitmesse für Composites und innovative Werkstoffe gilt, setzt die Maintenance Dortmund gemeinsam mit der Pumps & Valves im Februar Impulse für Instandhaltung und Prozesstechnik.

maturen und Prozesstechnik entstehen wertvolle Synergien für ein erweitertes Fachpublikum. Ergänzt wird das Messeformat 2026 durch die Logistics & Automation sowie ein Empack Special, wodurch vier thematisch fokussierte Plattformen in drei Hallen unter einem Dach vereint werden.

Vielseitiges Programm

Ein vielseitiges Rahmenprogramm mit Vorträgen, Live-Demonstrationen, Guided Tours und Bühnenformaten wie der Pioneer Stage, dem SolutionCenter und dem ScienceCenter ermöglicht es den Besuchern, technologische Trends, praxisnahe Lösungen sowie Innovationen rund um Digitalisierung, Smart Maintenance, KI und Robotik kennenzulernen. Der Instandhaltungspreis wird 2026 erneut verliehen und rückt hier Best Practices und zukunftsweisende Konzepte in den Fokus.

Auch die Pumps & Valves setzt mit ihrem Motto „Einmalig in der Region. Unverzichtbar für die Branche“ Akzente und zeigt Lösungen rund um Pumpensysteme, Industriearmaturen, Dichtungstechnik sowie Mess- und Regeltechnik, begleitet von Fachvorträgen und Workshops.

Darüber hinaus engagiert sich Easy-fairs auch sozial und unterstützt gemeinsam mit dem SOS-Kinderdorf Dortmund ein lokales Hilfsprojekt. *anm* ◀

Die nächste Stufe des digitalen Bauens

In der Baubranche rücken digitale Zwillinge, KI-gestützte Auswertungen und durchgängige Datenplattformen in den Fokus. In unserem Expertengespräch geben drei Fachleute aus Planung, Ausführung und Technologie Einblicke in aktuelle Entwicklungen und praktische Erfahrungen. **VON ANDREAS MÜLLER**

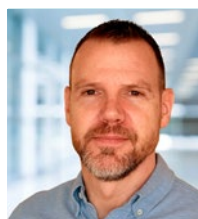


Bild: Contelos

Olav Sosath

Bereichsleiter AEC
bei Contelos.

1. Digitale Zwillinge und KI-gestützte Modellierung verändern die Zusammenarbeit im Bauwesen grundlegend. Der digitale Zwilling bildet dabei den realen Zustand eines Bauwerks über alle Projektphasen hinweg ab – von der Planung über die Ausführung bis in den Betrieb. Damit arbeiten alle Beteiligten auf derselben Datenbasis.

KI-gestützte BIM-Planung geht sogar noch einen Schritt weiter. Sie ermöglicht die Analyse großer Datenmengen aus Modellen, Terminplänen, Kosten, Baustellenrückmeldungen und Sensordaten. Dadurch lassen sich Muster erkennen und belastbare Prognosen ableiten, und Entscheidungen werden früher getroffen, fundierter abgesichert und sind nachvollziehbar.

Insgesamt agieren Planer, Bauunternehmen und Auftraggeber stärker datengetrieben und weniger reaktiv. Abstimmungen basieren auf simulierten Szenarien, und Änderungen werden transparent bewertet, inklusive ihrer Auswirkungen auf Termine, Kosten und Betrieb. Das reduziert Konflikte und Nachträge. Ein digitaler Zwilling ist kein Selbstzweck. Richtig eingesetzt verbessert er je-

1. Wie verändern digitale Zwillinge und KI-gestützte Modellierung die Zusammenarbeit und Entscheidungsfindung im Bauwesen?
2. Welche Merkmale kennzeichnen Ihrer Ansicht nach BIM-2.0-Plattformen im Vergleich zu klassischem BIM?
3. Inwiefern unterstützt BIM bereits die Bauausführung, und wo liegen die Herausforderungen?

Bild: © evanovostro/stock.adobe.com

doch die Entscheidungsqualität deutlich, beschleunigt Abstimmungsprozesse und macht komplexe Bauprojekte beherrschbarer.

2. BIM-2.0-Plattformen unterscheiden sich vom klassischen BIM vor allem durch den Perspektivwechsel: weg vom isolierten, modellzentrierten Arbeiten hin zu einer datenbasierten, durchgängigen Zusammenarbeit über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. Sie stellen die gemeinsame Datenumgebung (CDE) in den Mittelpunkt – etwa in Lösungen wie der Autodesk Construction Cloud.

Ein zentrales Merkmal ist die kontinuierliche Verfügbarkeit konsistenter Informationen für alle Beteiligten. Modelle, Dokumente, Prüfprozesse, Aufgaben, Freigaben und Änderungsverläufe sind nicht mehr getrennt, sondern logisch miteinander verknüpft. Entscheidungen basieren dadurch nicht nur auf Geometrie, sondern auf Kontext.

Ein weiterer Unterschied liegt in der stärkeren Prozess- und Rollenorientierung. BIM-2.0-Plattformen unterstützen definierte Workflows für Koordination, Freigaben, Mängelmanagement oder Änderungsprozesse. Das reduziert Medienbrüche, manuelle Übergaben und Interpretationsspielräume. Klassisches BIM endet oft beim Modell – BIM 2.0 steuert aktiv den Projektablauf.

Projektbeteiligte erkennen außerdem frühzeitig Abweichungen, können Auswirkungen von Änderungen simulieren und Entscheidungen nachvollziehbar dokumentieren. Gleichzeitig wird der Übergang von Planung zu Ausführung und Betrieb deutlich sauberer, da Informationen strukturiert

weiterverwendet werden können, statt neu aufgebaut zu werden.

3. BIM unterstützt die Bauausführung heute deutlich stärker. Modelle werden längst nicht mehr nur für Planung und Visualisierung genutzt, sondern aktiv auf der Baustelle eingesetzt. Ausführende Unternehmen greifen auf koordinierte Modelle zu, nutzen diese für Kollisionsprüfungen, Bauablaufplanung, Mengenermittlung und als Grundlage für Arbeitsvorbereitung und Logistik.

Ein wesentlicher Mehrwert liegt in der verbesserten Koordination der Gewerke. Durch modellbasierte Kollisionskontrollen lassen sich Konflikte zwischen Tragwerk, TGA und Ausbau frühzeitig identifizieren und lösen. In Verbindung mit Terminplänen (4D) und Kosteninformationen (5D) wird die Bauausführung planbarer. Änderungen können bewertet werden, bevor sie Zeit- oder Kostenfolgen nach sich ziehen. Digitale Plattformen und CDE-Lösungen ermöglichen zudem eine strukturierte Dokumentation von Mängeln, Prüfungen und Freigaben direkt am Modell – mobil auf der Baustelle.

Trotz dieser Vorteile bleibt die praktische Umsetzung anspruchsvoll. Eine der größten Herausforderungen sind die initialen Investitionen: Software, Hardware, Schulungen und die Umstellung bestehender Prozesse verursachen Aufwand. Hinzu kommt der erhöhte Personalbedarf für Koordination, Modellpflege und Datenmanagement – insbesondere in frühen Projektphasen.

Wer BIM nur als Software versteht, scheitert. Wer es jedoch als methodischen Ansatz begreift, erzielt reale Effizienz- und Qualitätsgewinne.



Christine Buchheit

Geschäftsführerin Mensch und Maschine Deutschland GmbH, Bereich Mensch und Maschine Akademie.



Roman Wagener

Geschäftsführer Mensch und Maschine acadGraph, Bereich Bau und Architektur.

Bilder: Mensch und Maschine Deutschland GmbH

1. Im Bauwesen scheitern Projekte oft an fehlender Abstimmung zwischen Planung, Ausführung und Betrieb. Digitale Zwillinge schaffen eine gemeinsame, aktuelle Datenbasis für alle Beteiligten. KI-gestützte Modellierung kann zusätzlich Kollisionen oder Terminabweichungen frühzeitig erkennen. Entscheidungen werden nachvollziehbarer – und das im laufenden Projekt.

2. BIM 2.0-Plattformen sind kollaborativ, cloudbasiert und plattformübergreifend kompatibel. Im Unterschied zum klassischen BIM arbeiten so alle Projektpartner am gleichen Modell über den gesamten Lebenszyklus, un-

1. Wie verändern digitale Zwillinge und KI-gestützte Modellierung die Zusammenarbeit und Entscheidungsfindung im Bauwesen?
2. Welche Merkmale kennzeichnen Ihrer Ansicht nach BIM-2.0-Plattformen im Vergleich zu klassischem BIM?
3. Inwiefern unterstützt BIM bereits die Bauausführung, und wo liegen die Herausforderungen?

abhängig von Software oder Standort. Offene Schnittstellen ermöglichen den Austausch zwischen Planung, Bau und Betrieb. Der Mehrwert: weniger Abstimmungsaufwand, weniger Fehler sowie Zeit- und Kosteneinsparungen.

3. BIM unterstützt die Bauausführung durch Modelle, Mengenermittlungen und Kollisionsprüfungen. Häufige Herausforderungen sind Datenqualität, Change-Management, Prozessintegration und unzureichende Schulungen der Projektbeteiligten. Entscheidend ist, BIM nicht isoliert als Planungswerkzeug zu sehen, sondern als Teil einer ganzheitlichen Digitalstrategie, die Zusammenarbeit und Entscheidungen nachhaltig verbessert.



Helmut Schuller

CEO und Gründer,
Schuller & Company.

1. Digitale Zwillinge und KI-gestützte Modellierung schaffen eine gemeinsame, verlässliche Entscheidungsgrundlage, weil Planung, Fertigung und Montage auf einer konsistenten Datenbasis arbeiten. Entscheidend ist dabei weniger die einzelne Software als die zugrunde liegende Plattform: Nur wenn Informationen über Planung, Fertigung und Ausführung hinweg durchgängig verfügbar sind, lassen sich Fehler frühzeitig erkennen und Entscheidungen auf aktuelle Modelldaten statt auf Annahmen stützen.

KI-gestützte Funktionen helfen dabei, große Datenmengen auszuwerten und typische Konflikte, Terminrisiken oder Abweichungen von Kosten- und Qualitätszielen frühzeitig sichtbar zu machen. Ein Beispiel ist die modellbasierte Qualitätssicherung. Intelligente Prüfmechanismen identifizieren Inkonsistenzen im Modell frühzeitig. Bei Bocad werden etwa bauteilinterne Kollisionen erkannt. Zudem lassen sich Änderungen an identischen Bauteilen automatisch übernehmen, was Zeit spart und Fehler reduziert. Gleichzeitig dürfen solche Prüfungen jedoch nicht zu automatischen Änderungen führen. Die Bewertung und Umsetzung hängt von zahlreichen Faktoren ab: was bereits gefertigt oder gebaut wurde, wer die Kosten trägt, welche wirtschaftlichen Interessen betroffen sind, ob Änderungen



Bild: © evannovostro/stock.adobe.com

statisch zulässig sind und ob weitere Projektbeteiligte zustimmen. Die Kompetenz des Konstrukteurs bleibt daher unverzichtbar.

2. Ein wesentlicher Mehrwert von BIM-2.0-Plattformen liegt in der erweiterten Zusammenarbeit: web-basierter Viewer, paralleles Arbeiten am Modell und integriertes Konfliktmanagement reduzieren Abstimmungsaufwand und Medienbrüche. Ein starker OpenBIM-Fokus mit offenen Standards und herstellerneutralen Objektbibliotheken verbessert die Interoperabilität und gibt Auftraggebern mehr Flexibilität.

Diese Entwicklung spiegelt sich auch in unserer täglichen Arbeit wider. Bei Bocad liegt der Fokus darauf, Kollaboration zu unterstützen und Modellfehler möglichst vor der Fertigung zu vermeiden, um eine konsistente Datenbasis für nachgelagerte Prozesse zu schaffen. Der Mehrwert zeigt sich in fundierteren Entscheidungen, weniger Koordinationsfehlern und einem besseren Lebenszyklusnutzen. Dies setzt voraus, dass Daten strukturiert erzeugt und beantwortet werden.

3. BIM unterstützt die Bauausführung heute vor allem durch die enge Verzahnung von Planung, Fertigung und Montage. Modellbasierte Prozesse ermöglichen serielle, modulare und hybride Bauweisen und sorgen insbesondere bei mehrgeschossigen Hybridbauten für eine präzise Koordination.

Bauunternehmen profitieren von genaueren Mengen- und Massenermittlungen sowie verlässlicherer Planung von Ausschreibung, Bestellung und Logistik. 4D-Simulationen helfen, Bauabläufe vorab zu analysieren und Ressourcen gezielt einzusetzen. Zunehmend werden BIM-Modelle direkt auf der Baustelle genutzt, etwa für Absteckungen, Einbaulagen oder die Maschinensteuerung. Fehler und Kollisionen werden so früher erkannt, Nacharbeit und Stillstand reduziert.

Herausfordernd bleiben Zuständigkeiten und Haftungsfragen: Wer trägt die Verantwortung für welches Gewerk, welche Zusagen gelten als verbindlich und auf welches gemeinsame Datenmodell wird Bezug genommen? Hinzu kommt, dass viele Unternehmen eigene Softwarelösungen und Prozesse nutzen, die nicht immer vollständig kompatibel sind. BIM entfaltet seinen Nutzen in der Bauausführung daher vor allem dort, wo Technik, Prozesse und Organisation gemeinsam weiterentwickelt werden.

anm ◀

Cloudbasierte Planung von Rechenzentren

Drees & Sommer beschleunigt mit Autodesk Forma die frühen Projektphasen von Rechenzentren. Wie das gelingt und warum sich die Branche gerade schneller verändert, als viele denken, erläutern Daniela Becker, Vice President EMEA Named Accounts, Autodesk, und Moritz Mombour, Associate Partner bei Drees & Sommer.

Autocad Magazin: Herr Mombour, wie hat Drees & Sommer den cloudbasierten Workflow für die Planung von Rechenzentren entwickelt und implementiert?

Moritz Mombour: Ausgangspunkt für uns war der Anwendungsfall, Grundstücke für Rechenzentren frühzeitig und belastbar bewerten zu können. Der Bedarf steigt durch die Megatrends Digitalisierung und KI kontinuierlich, während geeignete Flächen und die Energieversorgung begrenzt sind. In diesem Spannungsfeld entscheidet sich früh, ob ein Projektstandort strategisch, technisch und wirtschaftlich realisierbar ist.

Wir hatten bereits klassische Workflows, unter anderem mit Rhino und Revit über die Autodesk Construction Cloud. Gesucht war jedoch eine Cloud-Anwendung, die einfacher zugänglich ist,

„Für funktionierende End-to-End-Prozesse benötigen wir verlässliche, konsistente und ausreichend granulare Datenstandards.“ Daniela Becker, Vice President

EMEA Named Accounts, Autodesk



Bild: Autodesk

um frühe Volumenstudien und Machbarkeitsbewertungen ohne hohe Einstiegschürden durchführen zu können. Diese Rolle übernimmt heute Autodesk Forma.

In der Vergangenheit mussten entscheidungsrelevante Informationen wie Vermessungsdaten, Bebauungspläne, Umgebungsmodelle und Informationen zur Stromversorgung zusammengetragen werden. Mit Forma können wir direkt auf verschiedene Kontextdaten zugreifen, Grundstücke definieren und Volumen platzieren. Die zentrale Frage lautet

dann: Lässt sich das erforderliche Gebäudevolumen unter Berücksichtigung von Sicherheitsanforderungen, Redundanzen und technischer Infrastruktur sinnvoll auf dem Grundstück abbilden – und ist dies unter den gegebenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich darstellbar?

Damit verlagern wir wesentliche Entscheidungen bewusst in frühe Phasen und schaffen Klarheit über Chancen und Risiken eines Standorts.

Welche Rolle spielt dabei die Funktionalität von Forma konkret?

Moritz Mombour: Forma ist eine browserbasierte Plattform. Nach Erstellen eines Projekts und Auswahl des Grundstücks steht der räumliche Kontext zur Verfügung. Auf dieser Grundlage können Volumen modelliert und unmittelbar anhand relevanter Kennwerte bewertet werden.

Ein wesentlicher Punkt für uns ist die Wiederverwendbarkeit: Wir arbeiten mit Bibliotheken vordefinierter Module, die typische Bausteine eines Rechenzentrums abbilden. So können Varianten strukturiert und nachvollziehbar miteinander verglichen werden.

Ziel ist es, frühzeitig belastbare Entscheidungsgrundlagen zu schaffen, auf deren Basis Investitions- und Planungsentscheidungen fundiert getroffen werden können.



Mit Digitalisierung wächst der Bedarf an Rechenzentren. Drees & Sommer nutzt Autodesk Forma in den frühen Projektphasen.

Bild: Drees & Sommer

Wie wirkt sich dieser Ansatz auf Geschwindigkeit und Qualität komplexer Bauprojekte aus?

Moritz Mombour: Der wesentliche Effekt liegt weniger in der Beschleunigung einzelner Planungsschritte als darin, früher belastbare Entscheidungen zu treffen. Digitale Vorprüfungen ermöglichen qualifizierte Aussagen zu zentralen Fragestellungen wie Energieversorgung, Abstandsflächen, Redundanzkonzepten oder notwendigen Technikflächen – also genau zu den Punkten, die in späteren Phasen häufig zu Anpassungen führen können.

Geschwindigkeit entsteht dadurch, dass späterer Anpassungsbedarf reduziert wird. Qualität entsteht dadurch, dass Entscheidungen auf klar definierten Eingangsgrößen, transparenten Annahmen und nachvollziehbaren Bewertungen beruhen.

Wie geht es nach der Konzeptphase weiter – wann kommt Revit ins Spiel?

Moritz Mombour: Wir arbeiten in Forma mit mehreren Design-Proposals, die miteinander verglichen werden. Analysen und Bewertungen erfolgen bereits in dieser Phase. Sobald eine Variante als

gemeinsame Entscheidungsgrundlage, kein isoliertes Lieferobjekt.

Diese Offenheit fördert die Zusammenarbeit. Unabhängig von Vorkenntnissen in komplexer CAD-Software können alle Planungsbeteiligten mitwirken. Der Zugriff über den Browser ist dabei entscheidend – keine Installation, keine komplexe Bedienung.

Frau Becker, wie ordnet Autodesk diesen Ansatz ein?

Daniela Becker: Die Vision von Forma ist, Co-Kreation ins Zentrum der Planung zu stellen. Die Bau- und Immobilienbranche ist im Vergleich zu anderen Industrien stark fragmentiert. Das führt häufig zu Effizienzverlusten, höheren Kosten und negativen Auswirkungen auf Nachhaltigkeit.

Forma ist aus der Akquisition von Spacemaker entstanden, hat sich aber deutlich weiterentwickelt. Ziel ist es, eine Plattform zu schaffen, auf der interdisziplinäre Zusammenarbeit selbstverständlich wird. In der nächsten Entwicklungsstufe spielen KI und wiederholbare Prozesse eine zentrale Rolle – insbesondere dort, wo heute noch viel administrativer Aufwand entsteht.

unserer Arbeitsweise. Insofern mussten wir nicht von 2d auf 3d umstellen. Die eigentliche Veränderung liegt heute weniger in der Modellierung selbst als in der Zugänglichkeit und Nutzung der Modelle.

Gleichzeitig gibt es Kolleginnen und Kollegen, etwa aus der Projektleitung, die wie erwähnt nicht selbst mit Authoring-Tools wie Revit arbeiten. Für diese Gruppe ist es entscheidend, einen einfachen, gut zugänglichen Viewer zu haben, mit dem schnell der Projektstatus erfasst werden kann – ohne komplexe Benutzeroberflächen. Heute geht es darum, zentrale Fragen schnell beantworten zu können: Ist das Gebäude wirtschaftlich? Entspricht es unseren gestalterischen Anforderungen?

Auch Rechenzentren folgen dabei klaren gestalterischen Prinzipien und sind nicht allein funktional zu betrachten.

Wird diese Herangehensweise bereits über den Datacenter-Bereich hinaus eingesetzt?

Moritz Mombour: Der derzeitige Schwerpunkt liegt im Datacenter-Bereich innerhalb der Business Unit EPCM Real Estate & Infrastructure. Dort sehen wir klare Effekte. Perspektivisch ist der Einsatz auch in weiteren Business Units angedacht.

In einem Unternehmen unserer Größe ist eine Implementierung kein einmaliger Schritt, sondern ein fortlaufender Prozess. Es geht darum, bewährte Ansätze sichtbar zu machen, wiederverwendbar zu gestalten und so aufzubereiten, dass weitere Teams sie sinnvoll einsetzen können. Gerade in sehr frühen Projektphasen bietet der browserbasierte Zugang einen Vorteil, weil Konzepte schnell geprüft und weiterverfolgt oder bewusst verworfen werden können.

Wie gestaltet sich die Zusammenarbeit zwischen Autodesk und Drees & Sommer?

Daniela Becker: Partnerschaften wie diese leben vom Mitdenken und Mitentwickeln. Drees & Sommer bringt eine hohe BIM- und Planungskompetenz mit, was die Zusammenarbeit sehr konsistent macht. Seit Kurzem ist die Autodesk Construction Cloud vollständig in Forma integriert, inklusive Data Management.

Uns ist wichtig, Feedback aus der Praxis aufzunehmen. Produkte werden im Markt getestet, kritisch hinterfragt und weiterentwickelt. Diese Feedback-Loops sind essenziell, um reale Mehrwer-

„Forma senkt die Zugangshürden erheblich. Projektleiterinnen und Projektleiter, die nicht mit Revit arbeiten, können aktiv teilnehmen, Varianten bewerten und Entscheidungen treffen.“

Moritz Mombour, Associate Partner bei Drees & Sommer

tragfähig identifiziert ist, wird das Modell in Revit überführt.

Neben Volumen werden auch Gebäudekomponenten übertragen, die in unseren Revit-Templates weiterverwendet werden. Ab diesem Punkt beginnt der klassische Produktionsprozess und die Fachkoordination. Forma bleibt dabei ein Werkzeug der frühen Leistungsphase.

Inwiefern profitieren Projektteams von der zentralen Plattform?

Moritz Mombour: Forma senkt die Zugangshürden erheblich. Projektleiterinnen und Projektleiter, die nicht mit Revit arbeiten, können aktiv teilnehmen, Varianten bewerten und Entscheidungen treffen. Das Modell ist Arbeitsmittel und

Welche Hürden gab es bei der Einführung eines durchgängigen digitalen Workflows?

Moritz Mombour: Drees & Sommer arbeitet seit vielen Jahren modellbasiert, dennoch variieren Erfahrungsstände im Bereich der 3d-Anwendung je nach Aufgabenbereich und Rollenprofil. Entscheidend für uns war, ein Werkzeug einzuführen, das niederschwellig Ergebnisse liefert und als verlässliches Arbeitsmittel im Projektalltag wahrgenommen wird.

Wie unterscheidet sich der heutige Einsatz modellbasierter Werkzeuge bei Drees & Sommer von der früheren Arbeitsweise?

Moritz Mombour: Modellbasierte Planung war und ist ein selbstverständlicher Teil



te für Planer, Bauherren und Betreiber zu schaffen.

Wie lassen sich Effizienz- und Transparenzgewinne konkret beschreiben?

Moritz Mombour: In der frühen Bedarfsphase verändert sich vor allem die Qualität der Entscheidungsgrundlagen. Grundstücke und Konzepte lassen sich deutlich früher und strukturierter bewerten, sodass zentrale Fragestellungen transparent und nachvollziehbar beantwortet werden können. Entscheidungen basieren auf belastbaren Kennwerten und vergleichbaren Varianten, nicht auf Einzelbetrachtungen.

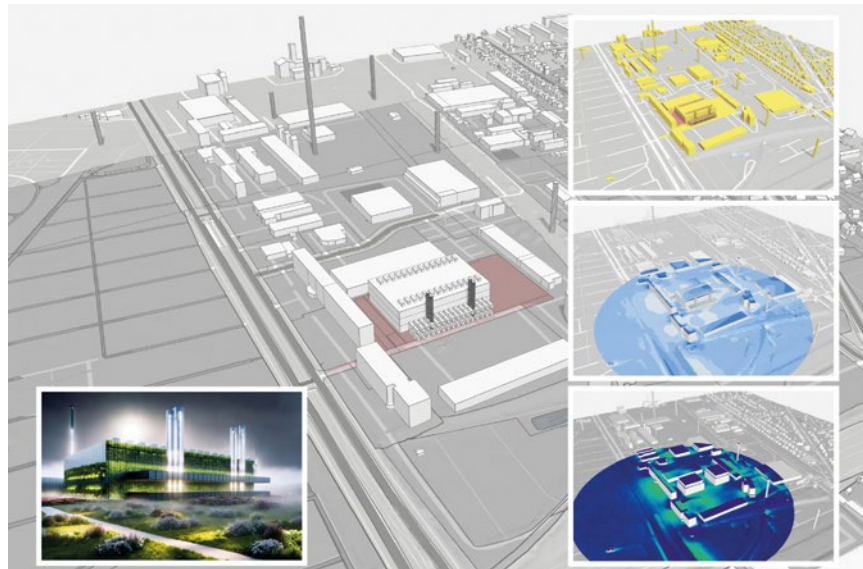
Welche Rolle spielen Datenstandards in diesem Kontext?

Daniela Becker: Was natürlich in der Welt von KI ganz wichtig ist: Ist IFC genug? Der Anspruch an einen Standard muss sein, dass er tatsächlich einheitlich ist. Wenn durch regionale oder nationale Anpassungen zahlreiche Varianten entstehen, verliert der Standard seinen Nutzen.

Für funktionierende End-to-End-Prozesse benötigen wir verlässliche, konsistente und ausreichend granulare Datenstandards. Daran arbeiten wir aktiv mit. Gleichzeitig unterstützen wir weiterhin alle relevanten, am Markt etablierten Standards.

Sie haben das Stichwort Künstliche Intelligenz erwähnt. Wie kann die KI in Bauprojekten sinnvoll zum Einsatz kommen?

Daniela Becker: KI sehen wir heute vor allem unterstützend und workfloworientiert. Sie hilft, Aufgaben zu automatisieren und Optionen zu generieren. Die Verantwortung bleibt beim Menschen.



Autodesk Forma ermöglicht frühe Volumenstudien und Machbarkeitsbewertungen ohne hohe Einstiegshürden.

Bild: Drees & Sommer

Vertrauen entsteht nur, wenn Ergebnisse nachvollziehbar und validierbar sind.

Moritz Mombour: Wir setzen Künstliche Intelligenz ebenfalls unterstützend ein, beispielsweise bei Normenprüfungen oder in erweiterten Kontext der Koordination. Entscheidend ist dabei eine klare fachliche Prüfung der Ergebnisse, bevor diese weiterverwendet werden. KI ist für uns ein Werkzeug zur Unterstützung, nicht zur Delegation von Verantwortung.

In welcher Form wird sich dadurch die Zusammenarbeit in Bauunternehmen weltweit verändern?

Daniela Becker: Wir unterstützen diesen Ansatz, derzeit vor allem task- und workflowbasiert als ersten Schritt. Wie sich das weiterentwickelt, wird sich zeigen. Generatives Design ist aus unserer Sicht ein wichtiges Zukunftsthema, wird von uns klar gesehen und auch von unseren

Kunden aktiv nachgefragt. Aktuell befinden wir uns in einer technologischen Phase, die in ihrer Bedeutung vergleichbar ist mit der Einführung des Smartphones. Die grundlegende Idee von KI in dieser Industrie existiert bereits seit über einem Jahrzehnt. Die konkrete Umsetzung in produktiven Use Cases bei Kunden ist jedoch deutlich jünger und entwickelt sich erst seit wenigen Jahren.

Durch die zunehmende Bewertung des Mehrwerts und das wachsende Vertrauen in diese Technologien erwarten wir in den kommenden Jahren eine starke Evolution – schneller, als viele heute denken. Entscheidend ist dabei, dass die aktuellen Optimierungen nicht darauf abzielen, Arbeit lediglich angenehmer zu machen, sondern sie spürbar zu erleichtern.

Frau Becker, Herr Mombour, vielen Dank für das Gespräch!

anm ◀



GAIN COLLABORATION PDM

"Vom ersten Entwurf bis zum finalen Serviceeinsatz. Alle Daten. Alle Prozesse. Ein System."



www.gain.de



Digitale Präzision für nachhaltige Fertigung

BIM-basierte Planung und energieeffiziente Gebäudetechnik sind Schlüsselfaktoren für ein zukunftsweisendes Industrieprojekt, das in der Kategorie „Ländlicher Raum“ mit dem BIM-Preis Bayern 2024 ausgezeichnet wurde.

Mit dem neuen Electronics Competence Center (ECC) in Neustadt an der Donau hat Atlas Copco EPS ein energieoptimiertes Fertigungszentrum für Elektronikverguss realisiert. Das Projekt wurde kürzlich mit dem BIM-Preis Bayern 2024 in der Kategorie „Ländlicher Raum“ ausgezeichnet. Entscheidend für den Projekterfolg: die durchgängige Anwendung von Building Information Modeling (BIM) sowie die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Projektpartner – darunter der Generalübernehmer Vollack und Gammel Engineering als TGA-Fachplaner.

Building Information Modeling (BIM) verändert Bauprojekte von Grund auf. Wie das in der Praxis aussehen kann, zeigt das neue Electronics Competence Center (ECC) von Atlas Copco EPS in Neustadt an der Donau, die zuvor unter Scheugenpflug firmierte. Dort war BIM die Grundlage, damit die verschiedenen Projektpartner effizient zusammenarbei-

ten können. Denn damit lässt sich das Gebäude präzise visualisieren und ein digitaler Zwilling erstellen, der die Planung und Überprüfung erleichtert und die Verwaltung der technischen Gebäudeausrüstung unterstützt.

Als Kundencenter und Forschungsfabrik verfügt der aus drei zusammenhängenden Baukörpern bestehende ECC-Neubau heute auf einer Bruttogeschossfläche von ca. 4.160 m² über ein Foyer, eine Showproduktion, Schulungsmöglichkeiten und Büros. Ein Bistro, Begegnungsflächen und Sozialräume ergänzen das moderne Konzept. Mit einem ausgefeilten Energiekonzept entspricht das Gebäude dem Nachhaltigkeitsstandard nach BEG/KfW 40.

Energiekompetenz aus der Region

Die Vollack-Gruppe aus Karlsruhe leitet und koordiniert das Großprojekt als

Generalübernehmer und zog auf Empfehlung des Bauherren Atlas Copco die in Abensberg ansässige Gammel Engineering für den Bereich Technische Gebäudeausrüstung (TGA) hinzu. Die Ingenieure erstellten 2021/2022 zunächst eine Energiekonzeptstudie, die verschiedene Versorgungsvarianten unter Nachhaltigkeits- und Effizienzaspekten verglich. Auf dieser Grundlage planten und realisierten sie schließlich die Gewerke Heizung, Klima, Sanitär, Gebäudeautomation sowie Vakuum- und Drucklufttechnik. Zudem übernahmen sie die Bauüberwachung und -begleitung für den gesamten Neubau.

Das Ergebnis: Gammel Engineering setzte ein dynamisches Energiekonzept auf Basis einer emissionsfreien Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie selbsterzeugtem Solarstrom um. Mit 134 kW Heizleistung und 252 kW Kühlleistung dient Wärmepumpe dem gesamten Gebäude sowohl zur Klimatisierung als auch zur Prozesswärmeerzeugung. Energie dafür liefern Photovoltaikanlagen auf dem Gründach, im Gelände und auf Carports mit einer Gesamtleistung von 350 kWp. Die einzelnen PV-Module erstrecken sich über eine Gesamtfläche von über 1.400 m² und erzeugen rechnerisch etwa 314 MWh Strom pro Jahr.

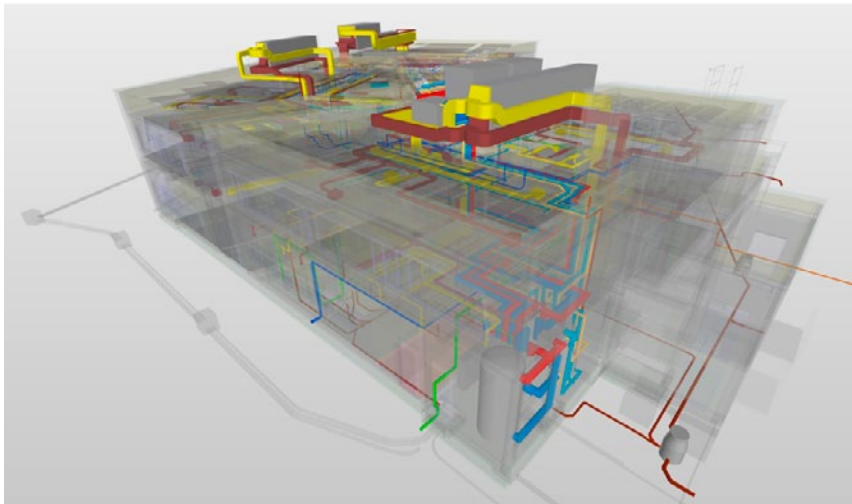
Nachhaltigkeit in Konstruktion und Betrieb

Hinzu kommt eine gebäudeintegrierte Photovoltaik-Fassade (BIPV): Die rund 220 m² große, aktiv stromerzeugende Fassadenfläche an der Süd- und Westseite liefert eine Leistung von insgesamt 32 kWp. Die eleganten Glas-Glas-Module wurden nahtlos in die Architektur integriert und verbinden Energiegewinnung



Energieoptimiert im ländlichen Raum: Das ECC mit seinen drei Baukörpern, ausgezeichnet mit dem BIM-Preis Bayern 2024, erfüllt den KfW-40-Standard und verfügt über LEED-Platin-Zertifizierung.

Bild: Vollack Gruppe



Single Source of Truth: Die 3D-BIM-Darstellung diente allen Projektpartnern als gemeinsame Planungsgrundlage und erleichtert heute das Facility Management.

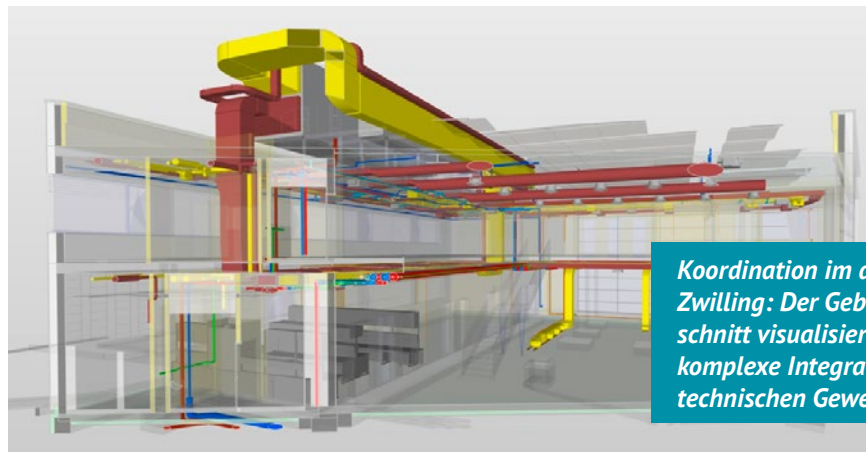
mit moderner Fassadengestaltung. Damit wird insgesamt rund 45 Prozent des Gebäudeenergiebedarfs über solar abgedeckt. Die CO₂-Einsparung gegenüber einer konventionellen Lösung mit Gasheizung beträgt ca. 143 Tonnen pro Jahr.

Mit dem selbst generierten Solarstrom wird auch das umfassende Elektromobilitätskonzept im Außenbereich versorgt. Insgesamt wurden 26 Ladepunkte mit je 11 kW Ladeleistung realisiert, weitere 29 Ladepunkte sind vorbereitet. Damit es dabei nicht zu Lastspitzen kommt, verfügt die vom Gebäudemanagement zentral gesteuerte Ladeinfrastruktur über ein dynamisches Lastmanagement. Das nachhaltige Gesamtkonzept des ECC hat dafür eine LEED-Platin-Zertifizierung erhalten.

BIM als Effizienzfaktor

Die konsequente Anwendung von BIM erwies sich als entscheidender Erfolgsfaktor bei der Konzeptionierung und Umsetzung des ECC. Die Basis für die Zusammenarbeit legte ein initialer Workshop, in dem die Projektpartner gemeinsame digitale Standards definierten – darunter BIM. Mithilfe des herstellernerneutralen Austauschformats IFC (Industry Foundation Classes) entstand daraufhin ein präziser digitaler Zwillings des Gebäudes als Single Source of Truth für alle Gewerke.

Besonders bei der komplexen TGA-Planung seitens Gammel Engineering zeigte sich der Mehrwert des BIM: In Kollisionsprüfungen wurden beispiels-



Koordination im digitalen Zwillings: Der Gebäudeschnitt visualisiert die komplexe Integration aller technischen Gewerke.

weise potenzielle Problemstellen – etwa zwischen Lüftungskäusen und Elektrotrassen – frühzeitig identifiziert und behoben. Die Integration der späteren Produktionsanlagen ließ sich auf diese Weise ebenfalls gut planen. Denn die Maschinen für den Elektronikverguss wurden in einer detaillierten Funktions- und Maschinenliste erfasst – inklusive der exakten Aufstellorte und Anforderungen an Medienzuführung. Diese Anschlüsse wurden dann zentimetergenau im BIM-Modell positioniert und in der Bauausführung umgesetzt.

Die digitale Abbildung der Anlagen kommt später auch dem Facility Management zugute: Da alle Bauteile mit ihren technischen Daten gekennzeichnet sind, können Ersatzteile schnell identifiziert und weitere Informationen wie Betriebsanleitungen an den entsprechenden Stellen hinterlegt werden. Dies vereinfacht die Wartung und Instandhaltung.

Innovation im Praxistest: Technologie der Zukunft

Die praktische Bewährungsprobe für das Gebäude- und Energiekonzept bildeten die „Innovation & Networking Days 2025“ Ende März mit mehr als 250 internationalen Fachbesuchern. In Fachvorträgen, Live-Demonstrationen und Expertentalks wurden neueste Entwicklungen im Elektronikverguss vorgestellt – von Hochleistungsmaterialien über intelligente Dosiertechnik bis hin zur vollautomatisierten Qualitätskontrolle.

„Das ECC ist der Ort, an dem wir gemeinsam mit unseren Partnern die Zukunft gestalten“, fasst Romain Lami-ré, General Manager bei Atlas Copco, zusammen. Und Gammel Engineering hat daran maßgeblich mitgewirkt – mit technischer Expertise, regionaler Nähe und digitaler Weitsicht. *anm* ◀



GAMMEL ENGINEERING GMBH

Die in Abensberg ansässige Gammel Engineering GmbH entwickelt seit ihrer Gründung 1987 innovative und nachhaltige Energie- und Versorgungskonzepte für ihre Kunden aus dem Mittelstand, der Industrie sowie der öffentlichen Hand. Das Unternehmen ist unabhängig von Herstellern, Fabrikanten, Energieträgern sowie Finanzinstituten und beschäftigt derzeit 55 Mitarbeitende.

Bild 1: Digitales Gebäudemodell in der Planung.

Potenziale bei Effizienz und Optimierung

Klimaneutralität, Dekarbonisierung, Energieeffizienz, ESG-Kriterien, Kreislaufwirtschaft, EPBD, GEG, Smart Building, und KI: Das sind Begriffe, mit denen sich Eigentümer und Betreiber von Gebäuden heute konfrontiert sehen. Große Worte und Ziele, aber wie sind sie erreichbar? **VON MARCEL HASSENEWERT**

Damit die Energiewende gelingt, steht der Gebäudesektor mit einem EU-Anteil am Endenergieverbrauch von rund 40 Prozent im Blickfeld der europäischen und nationalen Klimapolitik. Durch die europäische Gebäuderichtlinie (EPBD) gibt die EU das Ziel vor, den Gebäudebestand bis 2050 emissionsfrei zu gestalten. Das Gebäudeenergiegesetz (GEG

2024) konkretisiert diese Anforderungen für Deutschland. Nichtwohngebäude mit einer Heizungs-/Lüftungsanlage von mehr als 290 kW sind seit dem 31.12.2024 mit einem Gebäudeautomationssystem auszurüsten. Die Gebäude müssen dem Automatisierungsgrad B gemäß DIN V 18599-11 entsprechen. Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Überwachung, Protokollierung und Analyse der Verbräuche aller Hauptenergieträger durchzuführen. Somit besteht ein gewisser Handlungsbedarf für die Eigentümer respektive Betreiber von Nichtwohngebäuden.

Integral planen

Während die Branche die genannten Themen bereits seit langer Zeit kennt, muss bei den Bauprojekten in der Realität noch einiges getan werden. Vielfach verbleibt am Ende des Bauprojekts deutliches Potenzial im Bereich der Energieeffizienz sowie technischen Verbesserung der Gebäude. Was sind die Herausforderungen in den Projekten? Und warum werden die geforderten Maßnahmen nicht bereits überall umgesetzt? Die Investitionszurückhaltung der vergangenen Jahre bei der Gebäudeautomation ist zurückgegangen. Die Themen Energieeffizienz und Gebäudeoptimierung erweisen sich als so präsent, dass die meis-

ten Bauherren die Notwendigkeit moderner Gebäudeautomationslösungen erkannt haben. Der Zeitdruck in den Gebäudeprojekten stellt jedoch nach wie vor eine große Herausforderung dar. In zahlreichen Fällen wird die Automatisierungstechnik zu spät in den gesamten Planungsprozess integriert. Diese Verzögerung lässt viele Effizienzeffekte unberücksichtigt und verschenkt so wertvolle Optionen im Hinblick auf eine Energieeinsparung (Bild 2).

Die integrale Planung der Gebäudeautomation (Smart Building Design) schon in den ersten Planungsschritten zeigt sich als wesentlicher Erfolgsfaktor für den energieeffizienten Betrieb moderner Gebäude. Zudem fallen in Bauprojekten riesige Informationsmengen an, und die Aufrechterhaltung der Datenkonsistenz über sämtliche Planungsinformationen stellt sich als schwierig heraus. Die Informationen liegen oft fragmentiert in unterschiedlichen Software-Werkzeugen oder Datenbanken vor. Die Medienbrüche zwischen verschiedenen Planungsschritten und Software-Werkzeugen erschweren eine durchgängige und konsistente Planung. Auch das lässt Einsparpotenziale häufig ungenutzt (Bild 3).

Um Medienbrüche zu reduzieren, die Datenverfügbarkeit in Gebäuden zu erhöhen und folglich die Inbetriebnahme hoch-

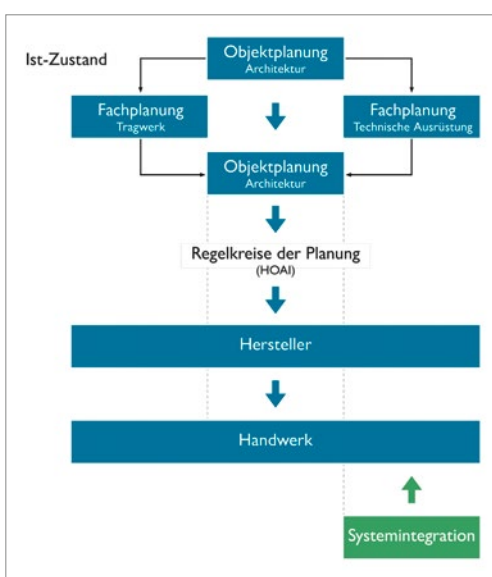


Bild 2: Eine integrale Planung berücksichtigt die Gebäudeautomation in der frühen Planungsphase.

automatisierter Gebäude zu beschleunigen, ist die durchgängige Digitalisierung aller Informationen im kompletten Gebäudeentstehungsprozess essenziell. Es bedarf einer strukturierten Aufbereitung sämtlicher Planungs-/Gebäudeinformationen in einem Datenmodell. Dabei kommt es nicht darauf an, dass die Daten zentral an einer Stelle verfügbar sind. Eine dezentrale Organisation der Daten erweist sich ebenfalls als möglich. Die Informationen müssen allerdings eindeutig strukturiert und maschinenlesbar abgelegt sein. Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt die Beziehung der Daten untereinander dar, die sogenannte Ontologie. Hierbei handelt es sich um eine formale Beschreibung von Begriffen und deren Beziehungen untereinander, wie zwischen technischen Gewerken und deren Funktionen. Ein Beispiel könnte sein, welche Funktion im Gebäude welches Aggregat steuert oder auf welcher Gebäudesteuerung eine Automatisierungsfunktion läuft.

Im Forschungsprojekt „STIFT“ arbeitet Phoenix Contact in Kooperation mit der RWTH in Aachen und der Physyc GmbH an einer solchen Ontologie-Beschreibung respektive an einem Datenmodell für den digitalen Zwilling für Gebäude. Auf dieser Basis lassen sich die Gebäudeinformationen in der Gebäudeautomation für vielfältige Anwendungsfälle einfacher verwenden. So können Massendbearbeitungen, wie das Anlegen und Benennen von Datenpunkten, größtenteils automatisiert oder Programme automatisch erstellt werden.

Das verbessert den gesamten Engineering-Prozess in Gebäudeprojekten und sorgt für einen einheitlichen digitalen Workflow. Auf diese Weise wird viel Zeit und Geld bei der Systemintegration eingespart sowie die Qualität der Gebäudeautomation durch ein hohes Maß an Standardisierung optimiert.

Bestehende Standards zentral im digitalen Zwilling

Grundvoraussetzung für ein derartiges Datenmodell sind identische Regelwerke für die Planung und Umsetzung sowie standardisierte Schnittstellen und Datenformate. Vieles ist schon auf den Weg gebracht. So zeigen sich digitale Architekturmodelle nach der BIM-Methode (Building Information Modelling) bereits in zahlreichen Bauprojekten als gelebte Realität. Anwendungsfälle, die sich hauptsächlich mit den dreidimensionalen Abmessungen innerhalb des Gebäudes befassen, führen schon heute zur Effizienzsteigerung im Planungsprozess. Dazu gehören beispielsweise die Kollisionsplanung sowie die Schlitz- und Durchbruchplanung. Im Bereich Open BIM hat sich der Standard IFC (Industry Foundation Classes) weitgehend durchgesetzt. Bei den technischen Anlagen (TGA) liefern der AMEV mit BACTwin sowie der VDI mit den Blättern der Richtlinienreihe VDI 3805 (elektronischer Produktdatenaustausch) wesentliche Grundlagen für den digitalen Zwilling von Gebäuden. Mit den Richtlinienreihen VDI 3814 (Gebäudeautomation) und VDI 2552 (BIM) sind weitere Standardisierungen in-

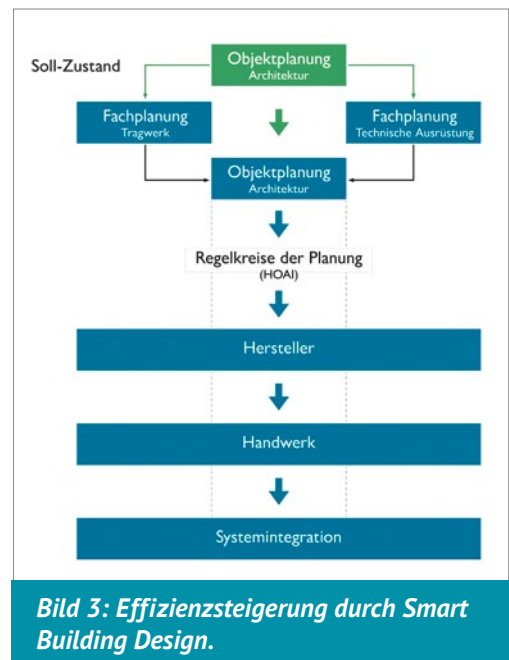


Bild 3: Effizienzsteigerung durch Smart Building Design.

itiert. Es werden also viele Standards erarbeitet, um Daten einheitlich abzulegen und maschinenlesbar verarbeiten zu können. Die bestehenden Standards sollten daher zentraler Bestandteil des digitalen Zwillings eines Gebäudes sein.

Schnelleres Engineering

Das Gebäudemanagementsystem Emalytics von Phoenix Contact unterstützt Einsatz und Weiterverarbeitung eines digitalen Gebäudemodells. Durch die Datennormalisierung stehen die Informationen der Gebäudeautomation zentral bereit. Als Datenobjekte lassen sie sich beliebig mit Meta-Daten anreichern. So können die essenziellen Elemente des Datenmodells in die Gebäudeautomation übernommen werden. Die Programmerstellung und das automatisierte Anlegen von Datenpunkten inklusive ihres Benutzeradressierungsschlüssels (BAS) erleichtern das Bearbeiten von Massendaten und beschleunigen das Engineering. Mit der strukturierten Ablage der Daten wird der Datenzugriff vereinfacht. Über Abfragen lassen sich Informationen schnell abrufen (Bild 4).

Die Standardisierung bei der Digitalisierung von Gebäuden ist weit fortgeschritten. Es ergeben sich schon jetzt viele Möglichkeiten, um die Effizienz von Gebäuden zu erhöhen. anm ◀

Der Autor: Marcel Hassenewert, Leitung System Management Building Technology, Phoenix Contact Deutschland GmbH, Blomberg.

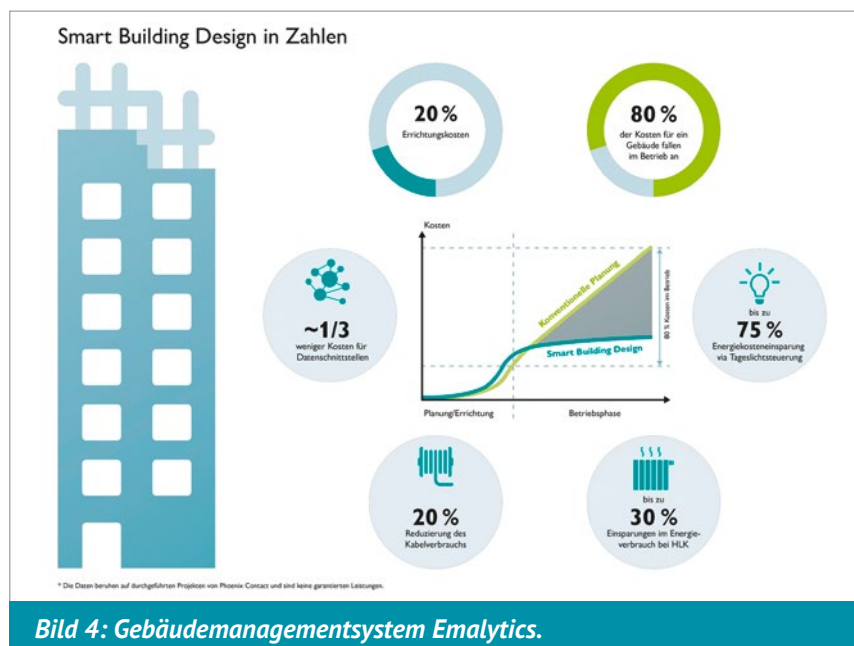
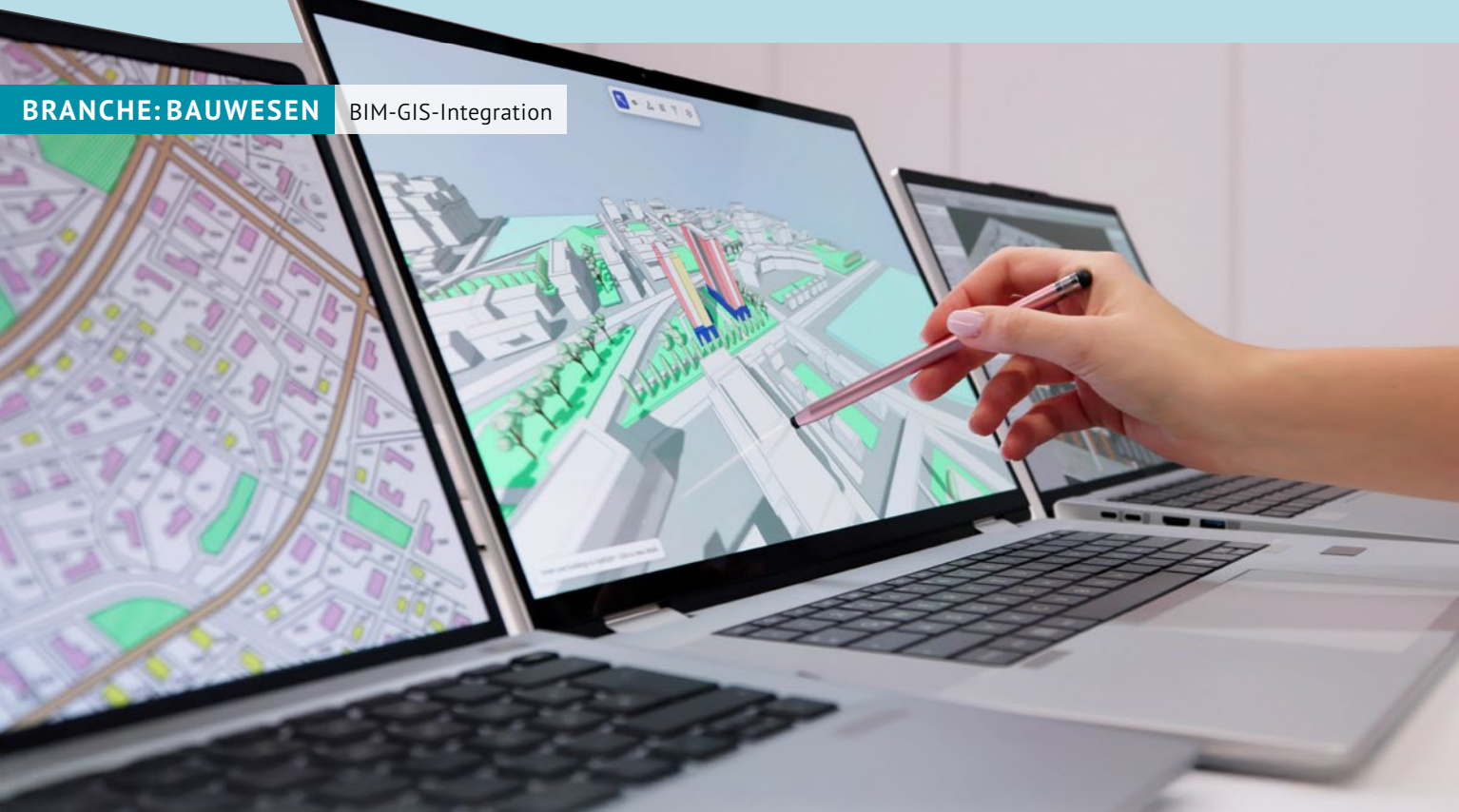


Bild 4: Gebäudemanagementsystem Emalytics.



Wie sich die **Einbindung der Geodaten** auszahlt

Die nahtlose Verknüpfung von Geoinformation und Bauwerksdatenmodellierung gilt als einer der zentralen Schlüssel für die digitale Transformation des Bauwesens. Den aktuellen Stand der BIM-GIS-Integration erläutern Dr. Katharina Lundenberg, Geodatenexpertin bei der Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main, und Prof. Dr. Christian Clemen, Professor an der Fakultät Geoinformation der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.

Erst durch die Verbindung von BIM und GIS lassen sich räumliche Zusammenhänge, Planungsgrundlagen und Betriebsdaten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks hinweg konsistent nutzen. Doch während das Potenzial dieser Integration längst erkannt ist, bestehen in der Praxis weiterhin technische, organisatorische und semantische Barrieren.

Über den aktuellen Stand der BIM-GIS-Integration, die Rolle amtlicher Geobasisdaten und die Perspektiven für eine standardisierte, herstellerunabhängige Nutzung offener Schnittstellen sprachen wir mit Dr. Katharina Lundenberg und Prof. Dr. Christian Clemen. Beide agieren seit Jahren an der

Schnittstelle zwischen Vermessungswesen, Geoinformation und digitalem Planen und Bauen und zählen zu den Mitautoren des gemeinsamen Positionspapiers von BuildingSMART Deutschland (bSD), der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) und dem Bund der Öffentlich bestellten Vermessungsingenieure (BDVI) zu amtlichen Geobasisdaten für das digitale Bauen.

Autocad Magazin: Frau Dr. Lundenberg, Herr Prof. Dr. Clemen, in welcher Form fließen die Geobasisdaten heute üblicherweise in den BIM-Workflow mit ein? **Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Chris-**

tian Clemen: Die Integration von Geobasisdaten in BIM-Workflows erfolgt heute sehr heterogen – in vielen Fällen fließen sie noch gar nicht systematisch ein. Wenn Geobasisdaten genutzt werden, handelt es sich typischerweise um Digitale Geländemodelle (DGM), Liegenschaftskatasterdaten aus ALKIS sowie 3D-Gebäudemodelle im CityGML-Format. Ergänzend werden häufig anlassbezogene Vermessungen durchgeführt, die auf den amtlichen Geobasisdaten aufbauen. Die Forschung zeigt jedoch, dass es viele gute Einzellösungen oder „Workarounds“ für die BIM-GIS-Integration gibt, von einem allgemeinen und gemeinsamen Verständnis kann aber noch nicht ausgegangen werden.

Welche Schnittstellen und Austauschformate für die Interoperabilität von GIS und BIM halten Sie für besonders wichtig?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Entscheidend sind offene Datenformate und standardisierte Schnittstellen. Auf GIS-Seite sind dies insbesondere Web Map Services (WMS), Web Feature Services (WFS) und die OGC API sowie das NAS-Format für Geobasisdaten. Auf BIM-Seite ist das Industry Foundation Classes (IFC)-Format zentral. Für die semantische Interoperabilität spielen externe Schemata wie das BuildingSMART Data Dictionary (bSDD) und OGC Vocabularies eine wichtige Rolle. Diese offenen Standards ermöglichen es im Idealfall, dass unterschiedliche Softwaresysteme miteinander kommunizieren können, ohne auf proprietäre Lösungen angewiesen zu sein.

Wo liegen die Hürden bei der Zusammenarbeit von GIS- und BIM-Anwendern?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Die Hürden sind vielfältig und wurden im Forschungsbericht des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) 'Infrastrukturdatenhaltung mit BIM und GIS' detailliert untersucht. Zu den wesentlichen Herausforderungen gehören: unterschiedliche Metamodelle für die Objektbildung, verschiedene Konzepte zur Georeferenzierung, divergierende geometrische Repräsentationsformen (2D, 2,5D, 3D), inkompatible Semantikstrukturen sowie unterschiedliche Systemarchitekturen. Hinzu kommen organisatorische Barrieren auf administrativer Ebene in BIM-Projekten und bei wiederkehrenden Geschäftsprozessen. Die Teildisziplinen haben zwar gut funktionierende Softwaresysteme, Schemata und Datenformate, problematisch ist aber der system-



Dr. Katharina Lundenberg, Geodatenexpertin bei der Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main.



Dr. Christian Clemen, Professor an der Fakultät Geoinformation der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.

Bilder: BuildingSMART

übergreifende Datenaustausch bzw. das gemeinsame Informationsmanagement.

Was sind die besonderen Herausforderungen für die Baubranche im Hinblick auf die Nutzung von Geodaten (Geobasisdaten)?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Eine zentrale Herausforderung besteht darin, die passenden Geobasisdaten zu finden und diese anforderungsgerecht in Bauprojekte zu integrieren. Die Nutzung erfordert spezielles Fachwissen über Georeferenzierung, Dateninhalt und -struktur sowie über Genauigkeit und Aktualität der Daten. Häufig werden Objekte mehrfach vermessen, weil vorhandene Pläne und Modelle nicht zugänglich sind. Zudem fehlt derzeit eine einheitliche Verwendung von geographischen Metadaten für alle Dokumente und Datensätze. Die konkreten Nutzerbedarfe sind im gemeinsamen

sollen Planungs- und Kostensicherheit erhöht, eine einheitliche Informationsbasis geschaffen und technisch sowie rechtlich belastbare Entscheidungsgrundlagen bereitgestellt werden. Die bessere informationstechnische Einbindung von Geobasisdaten eröffnet perspektivisch ein großes Potenzial für Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung. Der Abschnitt 'Was hat BIM mit dem amtlichen Vermessungswesen zu tun?' erläutert diese Zusammenhänge im Detail.

Inwiefern trägt das Positionspapier dazu bei, digitale Bauprozesse effizienter zu gestalten und Kosten zu senken?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Das Positionspapier soll einen Beitrag zur besseren Interaktion und Abstimmung von Behörden und Verbänden leisten. Es geht um mehr Kommunikation – zum Beispiel über die Etablierung von gemeinsamen Arbeitskreisen.

Eine zentrale Herausforderung besteht darin, die passenden Geobasisdaten zu finden und diese anforderungsgerecht in Bauprojekte zu integrieren.

Positionspapier von bSD, AdV und BDVI ausführlich dargestellt.

Welches Ziel verfolgt das von bSD, AdV und BDVI veröffentlichte gemeinsame Positionspapier zu amtlichen Geobasisdaten für digitales Bauen?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Das Positionspapier zielt darauf ab, Daten aus beiden Welten – GIS und BIM – systematisch zu nutzen und die Institutionen zu vernetzen. Dadurch

Nun gibt es bereits herstellersistenspezifische BIM-GIS-Integrationen. Inwiefern gehen die im Positionspapier vertretenen Konzepte darüber hinaus?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Herstellerspezifische Lösungen sind wichtige Bausteine, stoßen aber an grundlegende Grenzen. Das Positionspapier geht bewusst über diese proprietären Ansätze hinaus und setzt auf offene Standards und Schnittstellen.

Der entscheidende Unterschied liegt in der Ausrichtung: Während kommerzielle Anbieter primär ihre eigenen Softwareökosysteme verbinden, fokussiert das Positionspapier die Integration amtlicher Geobasisdaten in BIM-Prozesse – und das auf Basis offener, herstellerunabhängiger Standards. Nur so kann eine nachhaltige, langfristige Interoperabilität gewährleistet werden, die nicht von einzelnen Softwareherstellern abhängig ist.

In der Praxis zeigen sich außerdem bei den proprietären Lösungen erhebliche Implementierungsmängel. Ein Beispiel: Die Integration zwischen ArcGIS und Revit funktioniert oft nur als Projektplattform für den Datenaustausch, nicht aber für die durchgängige Nutzung amtlicher Geodaten in BIM-Workflows. Die Integration von Planungsdaten in Geobasisdaten – eine zentrale Anforderung für das digitale

den Betrieb von besonderer Bedeutung sein könnten. Durch die Verknüpfung von Bauwerksmodellen mit Echtzeitdaten der Gebäudetechnik – wichtig sind dabei nicht nur die Sensoren, sondern auch die Akteure – lassen sich im Rahmen eines digitalen Gebäudebetriebs Energie- und Medienverbräuche in Abhängigkeit von Nutzungs- und Umweltbedingungen optimieren sowie kostenintensive Wartungszyklen bedarfsgerecht prognostizieren. Auch Genehmigungsbehörden, Planungsbüros und Bauunternehmen profitieren von der besseren Informationsverfügbarkeit und -qualität. Wobei hinzugefügt werden muss, dass das führende System am Ende dann oftmals SAP ist. Darüber werden die Kosten, Rechnungen und Prozesse gesteuert. Und dort hängt das GIS dann oft dran.

thoden für die gemeinsame Nutzung von BIM und GIS durch gemeinsame Weiterbildungsseminare, Workshops und einen kontinuierlichen Informationsaustausch zwischen den Fachcommunities. Spannend dürften in diesem Zusammenhang aber auch die Ergebnisse der aktuell von der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) durchgeführten Nutzer- und Bedarfsanalyse werden.

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen, vielen herzlichen Dank für das Gespräch.

anm ◀

Digitale Zwillinge ermöglichen eine durchgängige Datenhaltung über alle Lebensphasen eines Bauwerks hinweg – von der Planung über den Bau bis zum Betrieb und zur Instandhaltung.

Bauen – ist nur auf Basis offener Standards wie IFC, CityGML, NAS oder Land-Infra realisierbar. Das Positionspapier vertritt daher den klaren Standpunkt: Die Zusammenarbeit zwischen Softwareindustrie und amtlichem Vermessungswesen und den BIM-Akteuren muss auf offenen Schnittstellen basieren, um eine echte, herstellerunabhängige GeoBIM-Integration zu ermöglichen.

Was können digitale Zwillinge in der Baubranche idealerweise leisten und welche Anwender und Endnutzer profitieren besonders?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Digitale Zwillinge ermöglichen eine durchgängige Datenhaltung über alle Lebensphasen eines Bauwerks hinweg – von der Planung über den Bau bis zum Betrieb und zur Instandhaltung. Besonders profitieren Infrastrukturbetreiber, die Geoinformationssysteme zur Datenhaltung ihrer Betriebsinformationen nutzen. BIM-Modelle verlieren derzeit nach Abschluss der Bauphase an Bedeutung, obwohl enthaltene Informationen für

Können Sie, bitte, Beispiele dafür nennen?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Auf der Seite der Geoinformationssysteme sind der derzeit die digitalen Zwillinge Nordrhein-Westfalen und Sachsen signifikant. Auch das Modellprojekt „Connected Urban Twins“ ist erwähnenswert. Dabei haben die Städte Hamburg, Leipzig und München eine städteübergreifende Partnerschaft für den Wissenstransfer gegründet, um so auch anderen Städten und Kommunen in Deutschland neue Wege aufzuzeigen, ihre digitalen Prozesse mithilfe digitaler Zwillinge effizienter zu gestalten. Ebenso ist das neue Instandhaltungswerk der Deutschen Bahn in Cottbus ist ein gutes Beispiel für die Verknüpfung von BIM, GIS und digitalen Zwillingen.

Welche weiteren Schritte sollten nun erfolgen?

Dr. Katharina Lundenberg, Prof. Dr. Christian Clemen: Um die Integration von GIS und BIM voranzutreiben, sind mehrere Maßnahmen erforderlich: An erster Stelle stehen die Schaffung eines Problembewusstseins und die Vermittlung von Me-

Zu den Personen:

- **Dr. Katharina Lundenberg** ist Geodatenexpertin bei der Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main. Sie ist außerdem an der Frankfurt University of Applied Sciences als Dozentin im Bereich Geobasisdaten und BIM tätig, Mitglied der BuildingSMART-Fachgruppe BIM- & GIS-Integration, wissenschaftliche Beirätin im BIM Cluster Hessen e.V. sowie Bezirksgruppenleiterin Frankfurt bei der Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement – DVW e.V.
- **Dr. Christian Clemen** ist Professor an der Fakultät Geoinformation der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden. Zudem ist er Ko-Sprecher der BuildingSMART-Fachgruppe BIM & GIS-Integration, Stellvertretender Vorsitzender DIN NA 005-01-39-02 AK „Datenaustausch“ (BIM), Deutscher Experte in ISO/TC 59/SC 13/JWG 14 BIM/GIS interoperability und Leiter des DVW AK3 „BIM“ (2023-2026, DVW – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V.

Weiterführende Informationen:

- Kostenloser Download von „Amtliche Geobasisdaten – gemeinsames Positionspapier von bSD, AdV und BDVI“: <https://buildingsmart-verlag.de/produkt/amtliche-geobasisdaten/>
- Download des Forschungsberichts „Infrastrukturdatenhaltung mit BIM und GIS“ beim Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung: <https://www.dzsf.bund.de/>
- Modellprojekt „Connected Urban Twins“: <https://www.connectedurbantwins.de/>

Wie künstliche Intelligenz das Bauen umgestaltet

Der Bausektor durchläuft einen signifikanten Wandel. Künstliche Intelligenz (KI) hat sich als Transformationsfaktor herauskristallisiert. Die bevorstehende DigitalBAU 2026 in Köln thematisiert „Gamechanger KI – Bauen für die Zukunft“.

KI verändert jede Phase des Bauprozesses, von der Planung über die Genehmigung bis hin zum Betrieb. Diese Technologie ermöglicht Automatisierung und datenbasierte Entscheidungsfindung, was sowohl den Ressourceneinsatz minimiert als auch die Effizienz maximiert. Dr. Reinhard Pfeiffer von der Messe München unterstreicht, dass insbesondere der Mittelstand von diesen neuen Technologien profitieren kann.

Der Markt für KI im Bauwesen erfährt ein rasantes Wachstum. Prognosen zufolge soll das Marktvolumen von 4 Milliarden US-Dollar (2024) auf über 22 Milliarden US-Dollar bis 2032 steigen. Erste Studien zeigen, dass Unternehmen, die KI implementieren, Produktivitätsgewinne erzielen und die Planungszeiten um bis zu 20 Prozent verkürzen können.

Veränderung der Wertschöpfungskette

KI integriert alle Bauphasen in einen durchgängigen digitalen Prozess. In der Planungsphase entfalten KI-Systeme ihr Potenzial durch generatives Design und die Unterstützung von Architekten und Architektinnen bei der Entwicklung effizienter und nachhaltiger Entwürfe. Bau-



Bild: Messe München GmbH

kosten, Tragwerk und CO₂-Bilanz werden optimal berücksichtigt. Während der Bauphase verbessert KI die Qualitätssicherung durch Echtzeitanalysen von Bild- und Sensordaten und automatisiert wichtige Abläufe auf der Baustelle.

Im Betrieb von Gebäuden unterstützt KI das Facility Management durch vorausschauende Wartung, indem sie den Energie- und Ressourceneinsatz optimiert. Diese datengetriebene Optimierung wirkt sogar über den Betrieb hinaus bis in den Um- oder Rückbau eines Gebäudes hinein.

Im Fokus der KI-Revolution

Die Messe stellt die neuesten KI-Anwendungen vor, mit besonderem Fokus darauf, wie kleine und mittelständische Unternehmen diese Technologien zur Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit nutzen können. Laut Cornelia Lutz, Senior Director der DigitalBAU, fungiert KI nicht nur als Werkzeug, sondern als entscheidender Wegbereiter für eine nachhaltigere Zukunft des Bauens.

Besucher haben die Gelegenheit, sich bei diversen Ausstellern über KI-Tools zu informieren. RIB beispielsweise präsentiert RIB 4.0, eine Plattform, die zentrale Bauprozesse integriert und durch KI-

gestützte Workflows unterstützt. Bluebeam stellt seine Lösung Bluebeam Max vor, die Prüfungen und Planvergleiche automatisiert.

Rahmenprogramm

Die DigitalBAU 2026 bietet ein Rahmenprogramm mit Vorträgen und Diskussionen, die sich mit den Möglichkeiten und Herausforderungen der KI im Bauwesen auseinandersetzen. Besucher können sich auf tiefgehende Einblicke in die Einführung von KI und deren ethische Implikationen freuen.

anm ◀



INFO: DIGITALBAU 2026

Termin: 24.–26. März 2026

Öffnungszeiten:

Dienstag und Mittwoch: 09:00 – 18:00 Uhr,

Donnerstag: 09:00 – 16:00 Uhr

Standort: Koelnmesse, Messeplatz 1, 50679 Köln

Tipps & Tricks

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

Bild: NK-Photo, AdobeStock

1 ÄHNLICHES AUSWÄHLEN näher betrachtet

? Um schnell bestimmte Objekte in AutoCAD wählen zu können, nutzen wir gern den Befehl ÄHNLICHES AUSWÄHLEN. Leider wird in der gleichen Datei, aber auf unterschiedlichen Computern, mitunter eine unterschiedliche Auswahl dargestellt. Woran liegt das, und gibt es auch noch weitere Möglichkeiten, Objekte bestimmter Eigenschaften effektiv auszuwählen?

Diesen Befehl findet man im Kontextmenü nach Wahl eines oder mehrerer Objekte. AutoCAD sucht dabei nach allen Objekten in der aktuellen Zeichnung, die mit den Eigenschaften der ausgewählten Objekte übereinstimmen, und fügt diese dem aktuellen Auswahlsatz hinzu. (Bild 1)

Leider wird bei diesem Befehlsaufruf nicht darauf hingewiesen, was AutoCAD unter „Ähnlichem“ versteht. Dies sollte man vorab klären und bei Bedarf auch in die Vorlagedatei integrieren.

Variante 1: Bei ÄHNLICHES AUSWÄHLEN ist der Befehl SELECTSEMI-
LAR hinterlegt. Nutzen Sie diesen Befehl ohne vorherige Auswahl zu vergleichender Objekte, kann man sich die Einstellungen des Befehls im Dialogfenster „Ähnliche Einstellungen auswählen“ anzeigen lassen und bei Bedarf ändern (dazu bei SELECTSEMI-
LAR den Unterbefehl [EINSTELLUN-
GEN] wählen). Ein Blick in die Befehlszeile zeigt, dass hier weitere Einstellungen gemacht werden können. Das bedeutet, dass Sie den Be-

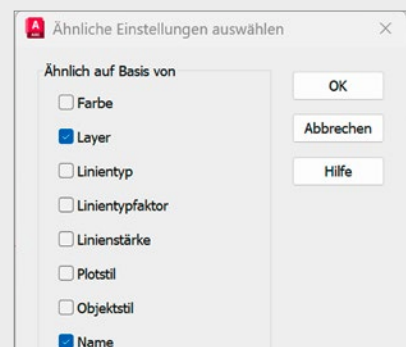


Bild 3: Definition, welche Einstellungen AutoCAD für „ähnliches“ wählt.

fehl SELECTSEMI-
LAR „manuell“ starten müssen, um auf die Einstellungen zugreifen zu können. Also wählen Sie keine Elemente aus! (Bild 2)

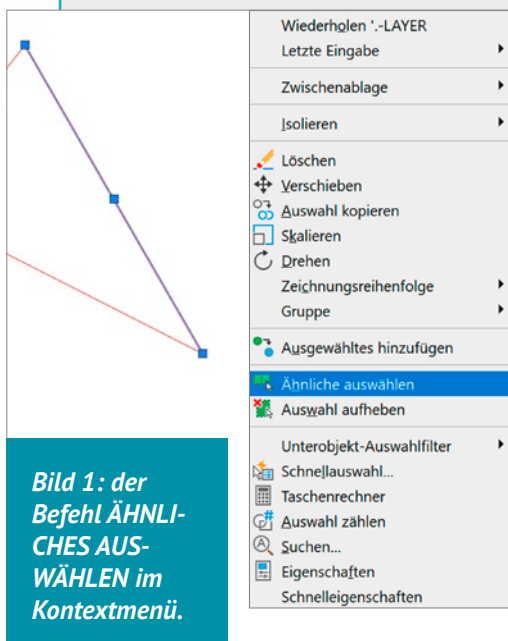


Bild 1: der Befehl ÄHNLICHES AUSWÄHLEN im Kontextmenü.

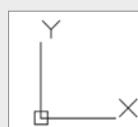


Bild 2: Befehl SELECTSIMILAR ohne vorherige Objektwahl führt zu den Einstellungen.

Wert	Beschreibung
0	Objektyp
1	Farbe
2	Layer
4	Linientyp
8	Linientypfaktor
16	Linienstärke
32	Plotstil
64	Objektstil (wie etwa Textstile, Bemaßungsstile und Tabellenstile)
128	Name (für referenzierte Objekte wie Blöcke, XRefs und Bilder)

Bild 4: Bitcodes der Systemvariablen SELECTSEMIARMODE.

Jetzt lässt sich einstellen, was AutoCAD als „ähnliches“ interpretiert. (Bild 3)

Dabei werden nach einem Klick auf OK nur die gewählten Eigenschaften miteinander verglichen. Im Bild werden zum Beispiel nur Objekte als ähnlich gewählt, deren Layer und Name identisch sind – Farbeinstellungen usw. werden nicht berücksichtigt. Liegen hier auf unterschiedlichen PCs/unterschiedlichen Zeichnungen verschiedene Eintragungen vor, kann das jeweilige Ergebnis differieren.

Variante 2: Diese Einstellung kann über die Systemvariable SELECTSEMIARMODE eingesehen werden. Sie steuert, welche Eigenschaften verglichen werden, damit Objekte desselben Typs mit SELECTSEMIAR ausgewählt werden. Die Systemvariable SELECTSEMIARMODE wird

als Bitcode gespeichert, der aus der Summe der folgenden Werte besteht (Bild 4):

Sollen also wie im Beispiel nur der Layer und der Name verglichen werden, ist die Systemvariable SELECTSEMIARMODE 130 (2 für Layer + 128 für Name = 130). Da der Bitcode für Objekt = 0 ist, wird der Vergleich also stets nur für gleiche Objekttypen vorgenommen. Die Einstellung der Systemvariablen SELECTSEMIARMODE kann ebenfalls in der Vorlagedatei gesichert werden. SELECTSEMIARMODE steuert im Prinzip die Einstellungen im Dialogfenster „Ähnliche Einstellungen auswählen“ der oben beschriebenen Variante 1.

Eine weitere Möglichkeit, Elemente bestimmter Eigenschaften auszuwählen, ist die Nutzung der so genannten

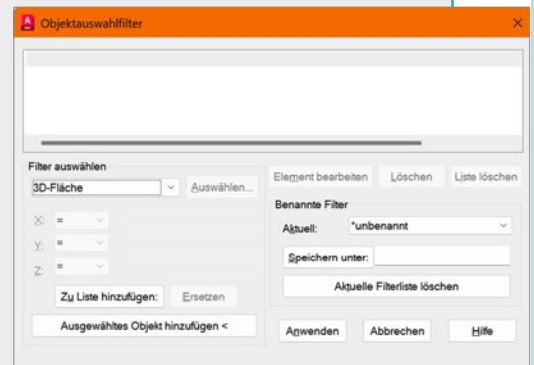


Bild 6: Dialog des Objektauswahlfilters.

Schnellauswahl mit dem Befehl SAUSWAHL, den man im Dialogfenster Eigenschaften findet. (Bild 5)

Im Dialogfenster Schnellauswahl kann man systematisch die unterschiedlichsten Eigenschaften von Objekten vergleichen, wobei bei jeder Suche die bereits bestehende Auswahl aktualisiert werden kann. Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, dass die gewünschten Auswahlparameter bei jeder Suche neu einzurichten sind.

Möchte man die Zeichnung nach bekannten Objekten mit definierten Eigenschaften durchsuchen, ist es zudem möglich, den Befehl FILTER zu nutzen. Mit ihm lassen sich Objektauswahlfilter definieren, nach denen die Zeichnung durchsucht werden kann. Nach Eingabe von FILTER öffnet sich ein Dialogfenster „Objektwahlfilter“. (Bild 6)

Hier kann man im Bereich FILTER definieren, nach welchen Objekten gesucht werden soll – wobei neben der Suche nach bestimmten Objekten auch die unterschiedlichen Eigenschaften (etwa Linientyp oder Layer) der jeweiligen Objekte und auch logische Operationen berücksichtigt werden können (etwa Auswahl zwischen mehreren Objekten, Festlegen eines falschen Linientyps usw.).

Will man beispielsweise alle Linien- und Bogenobjekte auf dem Layer „Sichtbare Linien“ finden, die nicht mit dem Linientyp „VonLayer“ erstellt wurden, lässt sich ein Filter mit folgenden Einstellungen erstellen:

- Linien und Bögen (eingegrenzt durch logische Operationen, Beginn OR und Ende OR)

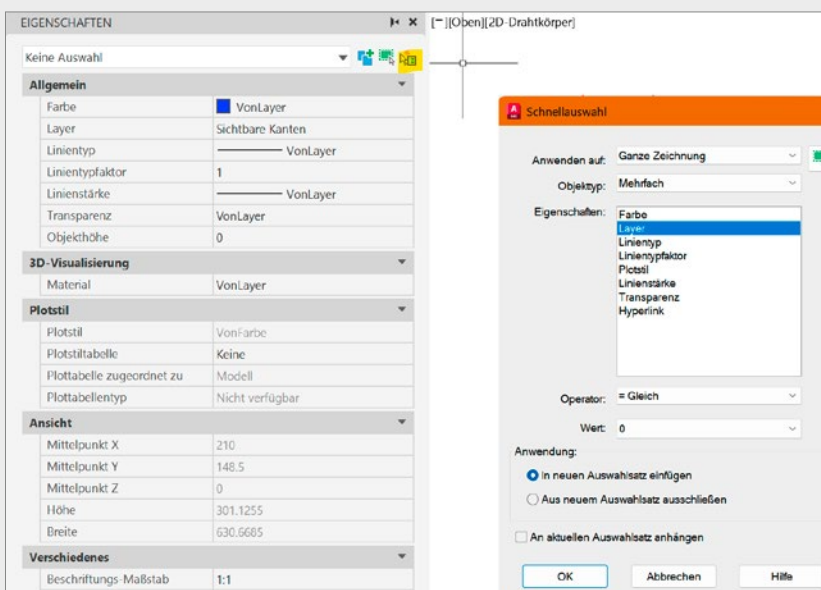


Bild 5: Aktivierung der Schnellauswahl über das Dialogfenster „Eigenschaften“.

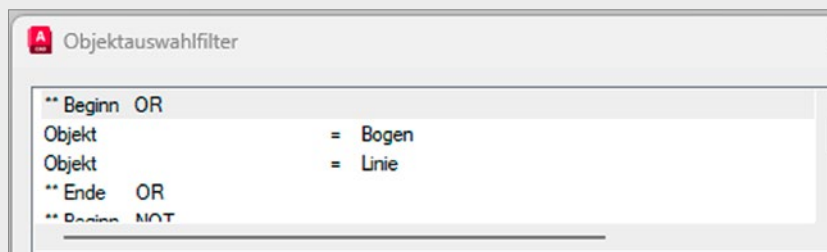


Bild 7: definierter Objektauswahlfilter.

- Layer: sichtbare Kanten
- Linientyp: nicht VonLayer (eingegrenzt durch logische Operationen, Beginn NOT und Ende NOT)

Filter:

**Beginn OR

Objekt=Bogen

Objekt=Linie

**Ende OR

**Beginn NOT

Linientyp = VonLayer

**Ende NOT

Layer = Sichtbare Kanten (Bild 7)

Der entsprechende Filter kann im Dialogfenster „Objektauswahlfilter“ gespeichert werden und steht dann in der Zeichnung zur Verfügung. Leider nur dort, weshalb ein solcher Filter in der Vorlagedatei inkludiert werden sollte, wenn man ihn öfter benötigt. Außerdem kann man dazu ein Aktionsmakro erstellen, das hier jedoch

nicht erläutert werden soll. Die Nutzung des Befehls FILTER muss also sehr strukturiert erfolgen. Effektiver ist es, ein Objekt mit den gewünschten Eigenschaften aus der Zeichnung zu wählen und dessen Eigenschaften als Filter zu nutzen, wobei logische Operationen oder definierte Positionierungseigenschaften noch zusätzlich zu bearbeiten sind.

Um einen Objektauswahlfilter zu nutzen, muss nach Wahl des Befehls FILTER der entsprechende Filter eingerichtet/geladen werden. Anschließend sind über die Schaltfläche „Anwenden“ im Dialogfenster „Objektauswahlfilter“ die zu untersuchenden Objekte zu wählen. Im Ergebnis werden nur die „gefilterten“ Objekte angezeigt.

Vielen Dank an dieser Stelle an Herrn Dr. Geißler aus Freiberg für die Ausarbeitung dieses Tipps.

4 Andere Plotfarben in Ansichtsfenster

? Wir arbeiten mit AutoCAD 2025 im Bereich der Haustechnik und bekommen von Architekten DWG-Dateien zur Verfügung gestellt. In diesen Zeichnungen, die wir als XRefs hinterlegen, zeichnen wir unsere Haustechnik (Sanitär, Lüftung usw.) ein. Wir arbeiten also nicht in den Architektenplänen, sondern zeichnen unsere Objekte „darüber“. Nun möchten wir einen Plan auf einem einzigen Layout einmal ohne Haustechnik darstellen und in einem anderen Ansichtsfenster mit Haustechnik. In dem Ansichtsfenster mit Haustechnik soll jedoch der Architektenplan in einem leichten Grau dargestellt werden, damit unsere Konstruktionen deutlich angezeigt werden. Die Ansicht der externen Referenz können wir durch Veränderung der Systemvariablen XDWFADCTL einstellen. Dies würde uns schon fast genügen, wobei hier etwa rote Objekte des Architekten zwar noch immer rot dargestellt werden, jedoch etwas ausgeblendet erscheinen. Ist es möglich, in einem Ansichtsfenster den Architektenplan „farbig“ zu plotten und in einem anderen Ansichtsfenster den Plan komplett in einer grauen Farbe auszugeben?

Grundsätzlich ja, ein Problem tritt jedoch auf, wenn der Architekt seine Objekte nicht mit der Farbeinstellung „VonLayer“ gezeichnet hat.

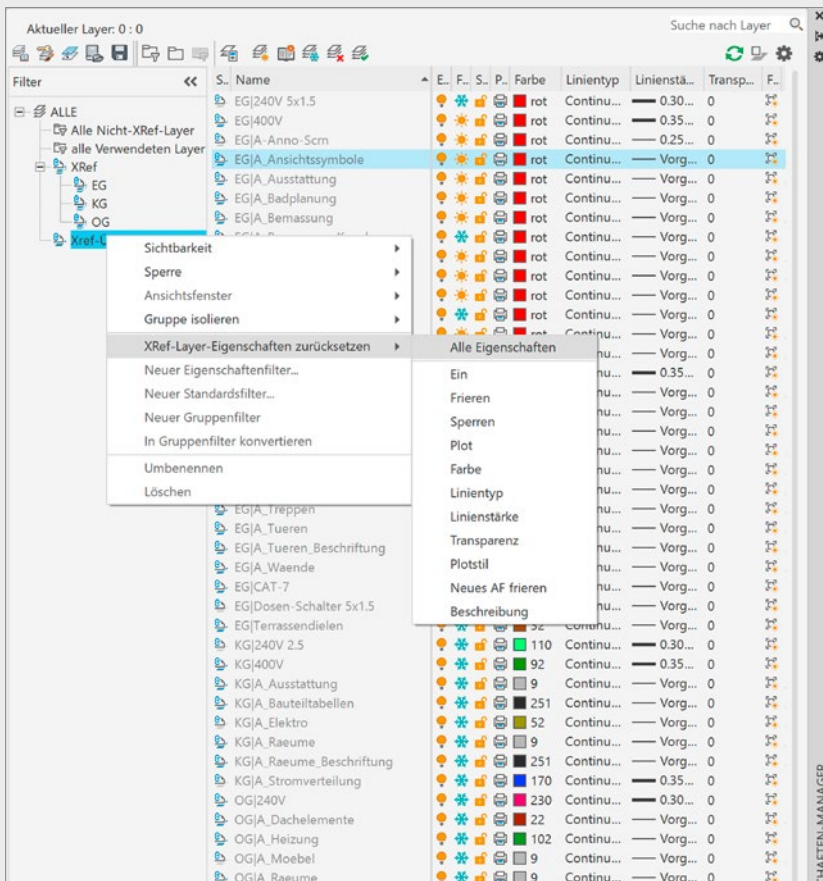
Folgender Hintergrund: Seit einiger Zeit ist es in AutoCAD nicht nur möglich, die Layer einzelner Ansichtsfenster zu frieren (also Befehl „AFLAYER“), sondern auch für einzelne Ansichtsfenster die Eigenschaften VonLayer zu verändern. Dies betreffen die Farbe, den Linientyp, die Linienstärke sowie die Transparenz. Das heißt, Sie können nun neben dem Frieren einzelner Layer in einem Ansichtsfenster auch die Ansichtsfensterfarbe, den Ansichtsfensterlinientyp, die Ansichtsfensterlinienstärke sowie

die Ansichtsfenstertransparenz einstellen. Dies gilt jedoch nur, wenn die Objekte mit den Eigenschaften „VonLayer“ erzeugt wurden. Angenommen, der Architekt hat einer roten Linie die Objektfarbe „rot“ zugewiesen, so kommen Sie mit diesem Verfahren nicht weiter.

Es gibt jedoch einen Trick, wie Sie von allen Objekten des Architektenplans die Eigenschaften auf „VonLayer“ konvertieren können. Früher mussten Sie noch die Architektenzeichnung verändern, was eigentlich nicht gewollt ist. Leider arbeiten viele Anwender noch mit individuell zugewiesenen Eigenschaften (Farbe, Linientyp usw.) Verwenden Sie in

diesem Fall den Befehl „XREFOVER-RIDE“ und setzen Sie den Wert auf 1. Nun werden alle Objekte in der XRef so dargestellt, als wären sie mit den Eigenschaften „VonLayer“ gezeichnet worden. Das bedeutet, dass individuell zugewiesene Werte für Farbe, Linientyp, Strichstärke usw. ignoriert werden und die Objekte so dargestellt werden, als wären Sie mit den Eigenschaften „VonLayer“ erstellt worden.

Seit AutoCAD 2020 gibt es hier im Bereich der XRef-Überschreibung eine weitere Neuigkeit: Wenn man die Eigenschaften der XRef einmal überschrieben hatte, war es eigentlich nicht mehr möglich, die Original-Eigenschaften wiederherzustellen. Man konnte



sich nur damit behelfen, im Vorfeld einen Layerstatus zu erstellen. Nun wird im Layereigenschaftenmanager automatisch neben der Filterkategorie „XRef“ ein neuer Filter erzeugt, der sich „XRef-Überschreibungen“ nennt. In diesen Filter wandern automatisch alle XRef-Layer, deren Eigenschaften (Farbe, Linientyp, Transparenz usw.) überschrieben wurden. Mit einem Rechtsklick auf diesen Filtereintrag, lassen sich nun problemlos die gewünschten Originaleigenschaften der XRef-Layer wiederherstellen. (Bild 8)

Hier sei auch erwähnt, dass es offenbar einen Bug in AutoCAD gibt. Der automatisch erzeugte Layerfilter, der sich auf XRef-Überschreibungen bezieht, wird oftmals nur dann angezeigt, wenn der Layereigenschaftenmanager geschlossen und wieder neu geöffnet wird.

ra ◀

Bild 8: Wiederherstellen der Original-Eigenschaften von überschriebenen XRef-Layern.

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:

BLOCKUS.LISP: schnelle Blockerzeugung

K_DATA2TEXT.LISP: ziemlich universeller Beschriftler

ACM-LSTAERKESETZEN.LISP: aktuelle Linienstärke einstellen

ZINKEN-H_3D.LISP: halbverdeckte Zinkenmusterecke in 3D für maschinelle Fertigung

FR_BV_UESHOK.LISP: überschobene Schalung mit Hohlkehlen am Oberbrett

SPERRFLAECHE.LISP: 2D-Sperrflächen erzeugen

ACMSFOFTEXT.LISP: Schriftfeld erstellen, dass den Inhalt eines gewählten Text- oder Bemaßungsobjekts referenziert

ACM_MTEST.LISP: Modulmaßsegmentlängen prüfen

A

BLOCKUS.LSP: Einfach geblockt!

Welchem Anwender ist der Unterschied zwischen „Blockdefinition“ und „Blockreferenz“ wirklich geläufig, wo doch umgangssprachlich meist nur von „Blöcken“ die Rede ist? Deshalb hier noch mal ein paar einleitende Worte: AutoCAD kennt Containerstrukturen, mit denen sich Geometrieelemente zusammenfassen lassen. Diese Container werden Block oder Blockdefinition genannt. Kennzeichnend ist der eindeutige, nur einmal in der Zeichnung vorkommende Name. Durch den AutoCAD-Befehl EINFÜGE/INSERT kann man eine Blockreferenz in die Zeichnung einfügen. Auch, wenn es für den Anwender so aussieht, ist eine Blockreferenz keine Kopie der in der Blockdefinition enthaltenen Objekte, sondern nur eine Visualisierung.

In Anhängigkeit vom Namen unterscheidet man in anonyme und benannte Blöcke. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Varianten: Benannte Blöcke bleiben in der Zeichnung erhalten, auch wenn die

letzte Referenz entfernt wurde. Die Blockdefinition wird gewöhnlich erst mit BEREINIG/_PURGE aus der Zeichnung gelöscht. Anonyme Blöcke kann man nicht mit den üblichen AutoCAD-Befehlen erzeugen oder referenzieren. Anders als bei herkömmlichen AutoCAD-Blöcken wird die Blockdefinition beim Speichern der Zeichnung gelöscht, wenn keine Referenz auf den Block mehr vorhanden ist.

Das vorliegende Programm **BLOCKUS.LSP** ist ein Werkzeug zur vereinfachten Blockerstellung: Es soll zum Einsatz kommen, wenn etwa Objekte einfach nur gruppiert werden sollen, ein „sprechender“ Blockname nicht so wichtig ist und vielleicht sogar der Blockbasispunkt automatisch gewählt werden soll. Basierend auf der Funktion DT:BLOCKUS, die anhand der zu übergebenen Parameter noch mehr spezielle Aufrufe zulässt, wurden die als AutoCAD-Befehl aufzurufenden Funktionen QBLOCK und QBLOCKANO programmiert.

QBLOCK erstellt einen benannten Block aus bereits gewählten oder noch auszuwählenden Objekten. Der Blockname wird dabei aus der aktuellen Systemzeit berechnet. Der Blockbasispunkt kann per Mausklick gewählt werden. Es gibt beim Tool auch einen Automatikmodus, bei dem ein Punkt der ausgewählten Objekte oder (0 0 0) als Basispunkt verwendet werden. Zum Abschluss wird anstelle der gewählten Objekte eine Referenz des erzeugten Blocks eingefügt und die Ursprungsobjekte werden gelöscht. QBLOCKANO funktioniert ebenso, mit dem Unterschied, dass hier ein anonymer Block erstellt wird, dessen Name vom System selbst vergeben wird.

Thomas Krüger/ra ◀

Programm: ACM-BLOCKUS.LSP

Funktion: schnelle Blockerstellung

Autor: Thomas Krüger

Lauffähig ab: AutoCAD 2020

Bezug: online

B

ACM-LSTAERKESETZEN.LSP: Die aktuelle Linienstärke einstellen

Um einen Linienstärkewert zur aktuellen Zeichnungslinienstärke zu erheben, mit der dann alle neu erstellten Objekte ausgestattet werden, gibt es mit den AutoCAD-Standardwerkzeugen mehrere Wege, beispielsweise das Fenster „Eigenschaften“ oder das schlichte Eintippen von „CELWEIGHT“ in der Befehlszeile mit anschließender manueller Eingabe des gewünschten Werts.

Einen Spezialisten für diese Aufgabe gibt es nicht. Diese Lücke schließt jetzt **ACM-LSTAERKESETZEN.LSP**. Das Tool bietet drei Möglichkeiten für die Festlegung der in der Systemvariable CELWEIGHT gespeicherten aktuellen Linienstärke: 1. Man übernimmt im Schnelldurchgang durch Drücken der Eingabetaste den stets als Vorgabe angebotenen, zuletzt verwendeten Linienstärkewert.

2. Sollte die Vorgabe nicht passen, lässt sich ein Quellelement in der Zeichnung picken, dessen Linienstärke ausgelesen wird und als neue Celweight-Einstellung zum Einsatz kommt. Hierbei besteht auch die Möglichkeit, auf Objekte zuzugreifen, die tief in Blöcken oder XRefs verschachtelt sind. Festgelegt wird die Wahltechnik im Dialogfeld „Einstellungen“, das über die gleichnamige Befehlszeilenoption geöffnet wird. Für mehr Treffsicherheit bei der Quellobjektwahl lässt sich in diesem Dialogfeld auch eine befehlsabhängige Pickbox in der Größe von eins bis 20 bestimmen, die nur temporär für die Dauer des Tooleinsatzes verwendet wird. Hat ein Quellobjekt seine Linienstärke über den Layer erhalten, lässt sich mit dem Kontrollkästchen „Von Layer

ersetzen“ veranlassen, dass in diesem Fall die Linienstärke des Objektlayers als neue aktuelle Linienstärke zum Tragen kommt.

3. Die Option „Auswahlliste“ blendet das tooleigene Dialogfeld „Linienstärke wählen“ ein, in dem die Einstellungen „Von Layer“, „Von Block“ und „Vorgabe“ sowie die Standardwerte von 0,00 bis 2,11 mm in einem Listefeld zu finden sind. Gerhard Rampf/ra ◀

Programm:

ACM-LSTAERKESETZEN.LSP

Funktion: die aktuelle Linienstärke einstellen

Autor: Gerhard Rampf

Lauffähig ab: AutoCAD 2014

Bezug: online



K_DATA2TEXT.LSP: Ziemlich universeller Beschrifter

Beschriftungen sind in Plänen sehr wichtig. Oft sind sie schon in den Objekten enthalten. Man kann sie auch ermitteln und an entsprechende Objekte schreiben, was aber Zeit kostet. Hier setzt das Tool **K_DATA2TEXT.LSP** an, um Daten auszulesen, oder Objekte zu beschriften. Gelesen werden eine Vielzahl geometrischer Daten wie Layer, Farbe, usw., aber auch Koordinaten, Attributinhalt, Werte dynamischer Parameter und erweiterte Elementdaten.

Nach der Wahl der zu beschriftenden Objekte werden in einem Dialogfeld die Bezeichnungen der gefundenen Daten auf der linken Seite aufgelistet und können per Doppelklick oder den Schaltflächen in die rechte Liste gebracht und dort auch sortiert werden. Sollte man keine vorhandenen Daten benötigen, sondern einen Text an die Objekte schreiben wollen, geht das auch. Man wählt einfach nichts in der Datenliste aus, klickt auf OK, Abbrechen oder Escape, und es öffnet sich ein Dialog zur Texteingabe. Dieser Text

wird dann an alle gewählten Objekte geschrieben. Die Schaltfläche „Objektwahl“ erklärt sich hier von selbst.

Im zweiten Dialog wird noch die Art der Beschriftung gewählt. Hier stehen MText, Führung und Multiführung zur Verfügung. Außerdem, ob die Positionierung der Beschriftung vom nächstgelegenen Punkt am Objekt ausgehen soll. Wenn nicht, wird etwa bei Kreisen das Zentrum oder bei Blöcken der Basispunkt verwendet. Und ob die Bezeichnung des Wertes vor die jeweiligen Daten geschrieben werden soll – zum Beispiel der Attributname oder der des dynamischen Parameters.

Jetzt ist noch die Position relativ zu diesem Referenzpunkt anzugeben und bei der Wahl von MText die Textdrehung, um die Beschriftungen zu erstellen. Wählt man keine Textdrehung, sondern klickt einfach links, wird eine Drehung von 0 Grad gewählt.

Bei der Art der Beschriftung werden die aktuellen Einstellungen verwendet, also Layer, Farbe, Textgröße,

Textstil, Bemaßungsstil, Multiführungsstil, usw. Beispiele: Größen von dynamisch veränderbaren Objekten, Koordinaten von Punkten, Längen von Linien, Radien oder Durchmesser von Kreisen und Bögen, Start- und Endwinkel von Bögen usw.

Beschriftet wird nur das, was auch in den Daten zu finden ist. Wählt man etwa Kreise und Linien gleichzeitig und in den Daten „Center“ für die Koordinate des Kreiszentrums, wird das nicht bei den Linien berücksichtigt. Hier kann es sein, dass die Linien gar keine Beschriftung bekommen, da die entsprechenden Daten nicht vorhanden sind. Ansonsten kann man mit diesem Tool fast alles beschriften, was einem so vor die Flinte kommt. **Andreas Kraus/ra** ◀

Programm: K_DATA2TEXT.LSP

Funktion: ziemlich universeller Beschrifter

Autor: Andreas Kraus

Lauffähig ab: AutoCAD 2020

Bezug: online



SPERRFLAECHEN.LSP: 2D-Sperrflächen erzeugen

In Lageplänen werden außer den Fahrbahnmarkierungen auch die Sperrflächen dargestellt, die meist aus einer Begrenzung mit einer festen Linienbreite und den einzelnen Sperrlinien bestehen. Die Sperrlinien haben ebenfalls eine feste Breite, die abweichen kann zur Breite der Begrenzung. Weiter werden die Sperrlinien parallel zueinander mit einem einheitlichen Abstand erstellt.

Mit **SPERRFLAECHEN.LSP** lassen sich Sperrflächen über eine Solid-Flächenfüllung und/oder über die Konturlinien dieser erzeugen. Als Grundlage für die Begrenzung kann man zwei offene Polylinien wählen, die sich an zwei Punkten schneiden oder berühren. Dabei wird die eingeschlossene Fläche ermittelt, in denen die Sperrlinien erzeugt werden.

Alternativ kann man die Fläche auch über eine geschlossene Polylinie erzeugen. Für die Sperrlinien wird eine Linie festgelegt, entweder über zwei Punkte oder über eine Linie oder gerade Polylinie mit zwei Stützpunkten. Diese wird dann in beide Richtungen parallel um das Abstandsmaß versetzt, bis die eingeschlossene Fläche der Begrenzung gefüllt ist. Die Linienstärken für Begrenzung und Sperrlinien lassen sich mit unterschiedlichen Breiten festlegen.

Der Ablauf des Programms ist recht einfach: Nach dem Start werden die Parameter für die zu erstellende Sperrfläche eingegeben, unter anderem:

- Layer für Solid-Schraffur und Konturlinien
- Auswahl der Umgrenzung über

eine geschlossene Polylinie oder zwei offene Polylinien

- Breite für Umgrenzung und Sperrlinien
 - Picken einer Linie oder Bestimmung der Linie über zwei Punkte für Position und Ausrichtung der Sperrlinien
 - paralleler Abstand für die Sperrlinien
- Entsprechend der Einstellungen werden dann die (Poly-)Linien gewählt und die Sperrfläche wird erzeugt.

Jörn Bosse/ra ◀

Programm: SPERRFLAECHEN.LSP

Funktion: 2D-Sperrflächen erzeugen

Autor: Jörn Bosse

Lauffähig ab: AutoCAD 2021

Bezug: online



ZINKEN-H_3D.LSP: Holzverbindung mit moderner Technik

In dieser Ausgabe geht es um die „halb-verdeckte Zinkung“. Soll an einer Seite die Verbindung unsichtbar sein, ist sie die richtige Wahl. Durch Reduzierung der Schwalbenlänge entsteht mit dem Rest der Holzdicke das so genannte Aufdeck. Es sollte etwa ein Viertel der Dicke betragen, dass durch eine eventuelle Holz Trocknung keine Abzeichnung der Zinken sichtbar wird.

Die exakt ausgeführte Verbindung wird in einer Richtung zusammengesteckt, in der anderen ist sie mit menschlicher Kraft nicht auseinandernehmbar. Die Zinkenseite ist die Zugseite, womit die halb verdeckte Zinkung für ein Schubkasten-vorderstück prädestiniert ist, da von der Ansichtsseite die dekorative Verbindung nicht zu erkennen ist.

Zinken- und Schwalbenseite haben unterschiedliche Konturen, was die Herstellung komplex macht. Mit Hilfe veränderter Fräswege lassen sich beide Seiten maschinell fertigen. Dazu bedarf es einer Oberfräse und eines Gratfräasers mit konisch

zulaufenden Messern. Die Lisp-Routine **ZINKEN-H_3D.LSP** beinhaltet diverse Parameter für eine Musterecke aus Volumenkörpern. Parallel dazu werden Fräswege für die maschinelle Fertigung generiert.

Mit Starten der Routine erscheint eine Dialogbox. In ihrem rechten Teil werden mit wenigen Eingaben die Parameter der Zinkenverbindung bestimmt. Im oberen Teil sind Abfragen zum Einfügepunkt einzugeben oder die Vorgabe zu akzeptieren. Holzbreite und Holzdicke sind die Querschnittsgrößen der Bretter. Holzlänge ist das Außenmaß der Musterecke in X/Y-Richtung. Die Maße des Fräswerkzeugs sind bei Fräserwinkel und -durchmesser einzugeben. Ein wichtiger Punkt ist „Luft für Fräsvorgang“. Der Wert wird zum Fräserdurchmesser hinzugerechnet, sollte aber mindestens ein Millimeter betragen. Ob die Aufteilung von Zinken und Schwalben ihrem Geschmack entspricht, lässt sich durch Drücken des Buttons „Voransicht“ beurteilen. Dazu

erscheint unterhalb der Dialogbox die Aufteilung. Gleichzeitig überprüft das Programm, ob die Anzahl der Schwalben mit der Holzbreite korrespondiert. Die Maßeingaben kann man noch verändern und das Ergebnis wird dann mit „Voransicht“ sichtbar. Erst mit OK verschwindet die Dialogbox und die Musterecke wird mit Volumenkörpern erstellt.

Der „Einfügepunkt“ liegt vorne links. Durch mehrere Aufrufe der Routine lässt sich ein ganzer Kasten erstellen. Die Musterecken sind danach nur noch mit VEREINIGUNG zu verbinden. Für die Arbeitsvorbereitung werden dann diverse Ergebnisse erstellt.

Thomas Elbracht/ra ◀

Programm: ZINKEN-H_3D.LSP

Funktion: halbverdeckte Zinkenmusterecke in 3D für die maschinelle Fertigung

Autor: Thomas Elbracht

Lauffähig ab: AutoCAD 2023

Bezug: online



ACM_MTEST.LSP: Segmentlängen prüfen

In der Praxis werden Konstruktionen oft auf Basis von Modulmaßen entworfen und gefertigt. Besonders im seriellen Bauen spielen sie eine nicht unerhebliche Rolle. Bekommt man im Rahmen gewerkeübergreifender Zusammenarbeit viele, teilweise komplexe Geometrien übergeben, ist es schwierig, Objekte/Objektsegmente mit einer vom Modulmaß abweichenden Segmentlänge zu identifizieren. Gerade bei LW-/Polylinienzügen mit vielen Segmenten ist eine manuelle Überprüfung jedes einzelnen Segments sehr aufwändig.

Zum Überprüfen einzelner Segmentlängen linienförmiger Objekte (Bögen, Splines, Kreise usw.) kann das Tool **ACM_MTEST.LSP** genutzt werden. Je nach Voreinstellung wird bei allen Objektsegmenten mit einer Segmenteinzellänge, die innerhalb des

voreingestellten Prüfbereichs über den „von-bis“-Prüfbereichswerten liegen, getestet, ob sie dem voreingestellten Modulmaß oder dessen ganzzahligem Vervielfältigungswert entsprechen. Weichen die einzelnen Segmentlängen ab, werden zur Demonstration Kopien der einzelnen abweichenden Segmente auf den voreingestellten Layer für Prüfobjekte gelegt, die nach deren Evaluierung wieder gelöscht werden können.

Da bei der Segmentlängengenermittlung sehr genau gerechnet wird, kann es im Vergleich zur kommastellenbegrenzten Anzeige mithilfe üblicher AutoCAD-Anzeigebefehle zu Abweichungen über gedachte Längenangaben kommen. Aus diesem Grund werden während der Prüfung die wahren vollständigen Segmentlängen mit angezeigt. So kann man einschätzen, ob man für die Längen-

prüfung mit einem zusätzlichen voreinstellbaren Toleranzmaß arbeiten muss. Mit diesem kann die zulässige Abweichung vom einzuhaltenden Modulmaß oder dem ganzzahligen Vielfachen voreingestellt werden. So kann man veranlassen, dass Objekte, die etwa ab der 14. Nachkommastelle vom Modulmaß abweichen, als identisch zu betrachten sind. Das ist besonders bei bogenartigen Elementen von Bedeutung.

Silke Molch/ra ◀

Programm: ACM_MTEST.LSP

Funktion: Modulmaßsegmentlängen prüfen

Autorin: Silke Molch

Lauffähig ab: AutoCAD 2026[de]

Bezug: online



FR_BV_UESHOK.LSP: Überschobene Schalung mit Holzkehle am Oberbrett

Bei der Verwendung von Massivholz sind die Grundkonstruktionen – losgelöst vom Entwurf – materialgerecht auszuführen. Dieses gilt auch für die Fertigung von Breitenverbindungen im Vollholzbereich. Dadurch wird garantiert, dass das Massivholz quellen und schwinden kann.

FR_BV_UESHOK.LSP ist eine Routine, mit der sich eine überschobene Schalung mit Hohlkehle am 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.

Das Programm erstellt die Breitenverbindung nach dem Prinzip der überschobenen Schalung. Die Bretter werden an den Kanten so genuttet, dass Nutwangendicke und die Nutbreite gleich sind und sie sich so überschoben zusammenstecken lassen. Durch die Kombination mit Oberbrettern, die an der Längskante eine Hohlkehle haben, entsteht ein rus-

stikales Erscheinungsbild. In der Dialogbox sind bereits Voreinstellungen hinterlegt, die die wesentlichen Konstruktionsvorgaben für die technisch einwandfreie 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 Hohlkehle, unteres Konstruktionsbrett oder rechtes Abschlussbrett“. Beim Anklicken des ersten Vorschaubilds wechselt die Dialogbox je nach Klickposition auf die vorherige oder nächste Brettkonstruktion. Die Vorgaben der

Dialogbox lassen sich überschreiben, zudem beinhalten sie die Möglichkeit einer weiteren Detailbearbeitung durch Aktivieren des Schaltknopfs „Auf Grenzen zoomen“.

Lm : Brettbreite
D1 : Brettstärke
D2 : Nuttiefe (D 1/2 empfohlen)
HO1 : Hohlkehlenradius
KZ : Vollholz Kurzbezeichnung
ScA : Schraffurabstand
ScW : Schraffurwinkel

Das Programm wird über den Befehl APPLOAD geladen und durch die Eingabe „FR_BV_UESHOK“ in der Befehlszeile gestartet. **Felicita Ribbrock/ra** ◀

Programm: FR_BV_UESHOK.LSP

Funktion: überschobene Schalung mit Hohlkehlen am Oberbrett

Autorin: Felicitas Ribbrock

Lauffähig ab: AutoCAD 2023

Bezug: online



ACMSFOFTEXT.LSP: Textinhalt mit einem Schriftfeld referenzieren

Redundante Informationen in Zeichnungsdateien sollte man besser vermeiden, da sie ungewollt zu Fehlerquellen werden können – insbesondere dann, wenn man eine oder mehrere dieser duplizierten Informationen bei Änderungen übersieht.

In vielen Fällen ist es allerdings gewollt, dass die gleichen Informationen mehrfach in Plänen oder auf verschiedenen Layouts auftauchen. Sei es, um die Lesbarkeit von Plänen zu verbessern, weil Texte in Planköpfen auf verschiedenen Layouts immer gleiche Inhalte haben sollen, oder vielleicht auch wegen der Maßlängen, die man in einer Tabelle zusammenfassen und auswerten möchte.

Wünschenswert ist in solchen Fällen ein Tool wie **ACMSFOFTEXT.LSP**, mit dem sich solche Texte verknüpfen lassen. Das Programm erstellt Schrift-

felder, die den Inhalt ausgewählter Texte, MTexte oder Bemaßungen referenzieren. Nach dem Start fordert das Programm zur Wahl eines Objekts auf. Anschließend erstellt es ein Schriftfeld mit dem Inhalt des gewählten Textobjekts und erwartet danach die Positionierung dieses Schriftfelds. Abhängig von den Einstellungen der Systemvariablen FIELDDISPLAY und FIELDEVAL sind die Schriftfelder durch ihren grauen Hintergrund sofort erkennbar und werden automatisch aktualisiert, sobald sich der Ursprungstext ändert. Hinweis: Nach dem Erstellen der Schriftfelder mit dem Tool, kann man das neue Objekt durchaus auch auf ein anderes Layout verschieben oder kopieren. AutoLISP-Interessierten fällt vielleicht auf, dass das Textobjekt zunächst an derselben Stelle wie das Originalobjekt erzeugt

wird und danach ein Verschieben des neuen Schriftfelds – ohne die Gummibandlinie zum Basispunkt – initiiert. Hier greift eine Funktion der Express-ToolsMX:ENTDRAGMOVEprüf, ob ACET-SS-Drag-Move geladen ist. Falls ja, wird darüber verschoben, andernfalls der herkömmliche Verschiebe-Befehl „_MOVE“ genutzt und das Gummiband ist sichtbar.

Markus Hoffmann/ra ◀

Programm: ACMSFOFTEXT.LSP

Funktion: Schriftfeld erstellen, dass den Inhalt eines gewählten Text- oder Bemaßungsobjekts referenziert

Autor: Markus Hoffmann

Lauffähig ab: AutoCAD 2024, BricsCAD, V 24

Bezug: online

Kraftsensoren von Megatron messen auch die Stellkräfte an Verpackungsmaschinen.

Bild: industrieblick/stockadobe.com

Auf die richtige Dosierung kommt es an

Die Kraftsensoren von Megatron messen Schalt- und Betätigungskräfte mit höchster Genauigkeit. Jetzt wurde die integrierte Elektronik um einen Analogverstärker erweitert: Damit sind die Kraftaufnehmer in einem noch breiteren Anwendungsspektrum einsetzbar. **VON MATTHIAS HERRMANN**

Viele industrielle Prozesse funktionieren nur dann einwandfrei, wenn die dabei auftretenden mechanischen Kräfte zuverlässig und genau erfasst werden. Die Anforderungen an die Sensoren sind daher hoch: Sie müssen nicht nur robust sein und eine schnelle Ansprechzeit haben, sondern sich auch präzise an die Anwendung montieren lassen. Nur so ist eine optimale Funktion der Kraftaufnehmer gewährleistet.

Die Megatron-Kraftsensoren erfüllen diese Anforderungen. Zum einen sind sie durch die DMS-Vollbrückentechnologie

relativ unempfindlich gegenüber einer ungleichmäßigen Verteilung der Krafteinleitung. Zum anderen sind sie dank dieser Technologie in der Lage, temperaturbedingte Signaländerungen zu kompensieren. Darüber hinaus ist die Montage der Kraftaufnehmer sehr einfach: Sie erfolgt über Gewindeschrauben, mit denen die Sensoren an jeder stabilen Struktur befestigt werden können.

Hohe Präzision

Megatron verwendet für seine Kraftaufnehmer ausschließlich Dehnungsmessstreifen (DMS) in Wheatstone'scher Brückenschaltung, da diese eine sehr hohe Genauigkeit sowie eine hohe Langzeitstabilität bietet. Zusätzlich werden bei DMS-Vollbrückenaufnehmern die Dehnungsmessstreifen an mindestens vier berechneten Stellen des Verformungskörpers angebracht. Bei mechanischer Dehnung und Stauchung infolge äußerer Krafteinwirkung erfassen zwei der Elemente die Dehnung, zwei weitere die auftretende Stauchung. Ecklastfehler und

temperaturbedingte Signaländerungen werden durch diese Anordnung weitgehend eliminiert. Darüber hinaus eignen sich DMS-Vollbrücken-Kraftaufnehmer sehr gut für den Einsatz in Anwendungen mit dynamischen Lastwechseln, wie sie in der Industrie häufig vorkommen.

Wird der Messkörper gedehnt oder gestaucht, so ändert sich der Widerstand im DMS-Gitter des Dehnungsmessstreifens. Die angelegte Spannung ändert sich und damit auch die Spannung im Ausgangssignal. Auf diese Weise werden mechanische Verformungen in messbare Signale umgewandelt.

Kein externer Signalverstärker erforderlich

Die Kraftsensoren im Biegebalkendesign der Baureihen KT705 und KT805 von Megatron verfügen neben der DMS-Sensortechnologie auch über einen integrierten Analogverstärker und liefern somit die gängigen Ausgangssignale wie $(-10..+10\text{ V}, 0..+10\text{ V}$ und $4..20\text{ mA}$). Damit entfällt die Notwendigkeit eines

Megatron Elektronik GmbH & Co. KG



In naher Zukunft werden auch die Kraftsensoren der Baureihen KT1403 und KT1503 mit der neuen Elektronik ausgestattet.



Die Kraftaufnehmer KT705 und KT805 liefern jetzt auch eine negative Ausgangsspannung. Megatron Elektronik GmbH & Co. KG

separaten Verstärkers: Konstrukteure sparen so nicht nur Bauraum, sondern auch zeitaufwändige Verdrahtungs- und Justage-Arbeiten zwischen Sensor und Messverstärker. Der beigelegte Test-Report für jeden einzelnen Sensor liefert dem Anwender die notwendigen Messwerte für eine präzise Einstellung und Messung in der Kundenanlage.

Durch den Analogverstärker wird das Ausgangssignal bereits am Sensor verstärkt. So ist es weniger störanfällig als das Signal von Sensoren mit externer Signalaufbereitung.

„Die Signalsicherheit dieser Sensoren ist sehr hoch“, sagt Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Rintelmann, Produktmanagerin Kraftsensorik bei der Megatron Elektronik GmbH & Co. KG.

Neue Elektronik

Seit Frühjahr 2024 sind der KT705 und der KT805 mit einer komplett überarbeiteten Elektronik auf dem Markt. Die Kraftaufnehmer liefern nun auch eine negative Ausgangsspannung ($-10\text{ V} \dots +10\text{ V}$) bzw. zeigen an, wenn der Sensor entgegen der vorgesehenen Kraft-richtung betätigt wird. Diese Funktion wurde von Kunden gewünscht, die die hohe Präzision der KT-Kraftsensoren

schätzen, diese aber bisher mangels negativer Ausgangsspannung nicht in ihren Anwendungen einsetzen konnten.

„Bisher hatten wir bei diesen Sensoren nur ein Ausgangssignal von $0\text{ V} \dots +10\text{ V}$ bzw. $4 \dots 20\text{ mA}$. Damit kann der Sensor nicht anzeigen, ob eine Kraft entgegen der beabsichtigten Richtung ‚Zug‘ oder ‚Druck‘ wirkt“, berichtet Kerstin Rintelmann. In diesem Fall zeigt der Kraftaufnehmer sehr genau an, welche Zug- oder Druckkraft auf ihn ausgeübt wird. Ob und welche Kraft in die entgegengesetzte Richtung drückt oder zieht, erfährt der Anwender jedoch nicht. Mithilfe des negativen Ausgangssignals können die Kraftsensoren KT705 und KT805 nun je nach Krafrichtung nicht nur Zug-, sondern auch Druckkräfte anzeigen. „Der Anwender hat somit durch die erweiterte Funktionalität eine größere Kontrolle über seine Prozesse.“

Gleichzeitige Messung von Zug- und Druckkräften

Zwar war es auch bisher schon möglich, mit den Kraftsensoren KT705 und KT805 Zug- und Druckkräfte zu erfassen. Allerdings nur über einen Umweg und mit deutlichen Nachteilen: „Wir haben z. B. für einen Kunden eine Lösung realisiert, bei der man von $0\text{ V} \dots +5\text{ V}$ Zug und von $5\text{ V} \dots +10\text{ V}$ Druck messen konnte“, erinnert sich Kerstin Rintelmann. „Das geht allerdings auf Kosten der Genauigkeit, weil die 10 V dann ja auf den doppelten Kraftbereich ausgedehnt werden.“ Für den Anwender spielte damals die exakte Erfassung der Kräfte keine große Rolle, ein Näherungswert genügte.

In vielen industriellen Prozessen und Anwendungen wird jedoch häufig



Bild: Biofeedback Motor Control GmbH

Kraftsensoren von Megatron kommen auch in computergestützten Trainingsgeräten zum Einsatz.

sowohl eine hohe Auflösung bei der Kraftmessung als auch die Information benötigt, wie groß die in die Gegenrichtung wirkende Kraft ist. Deshalb haben die Sensorspezialisten von MEGATRON die neue Elektronik mit negativem Ausgangssignal entwickelt. Sie macht jetzt standardmäßig möglich, was bisher nur umständlich mit einigen technischen Kniffen zu realisieren war.

Viele Anwendungen erfordern Kraftmessung

Von der neuen Elektronik in den Kraftsensoren der Baureihen KT705 und KT805 profitieren Anwender in unterschiedlichen Branchen. So müssen in der Kabelfertigung die Kräfte beim Verdrillen sowie beim Ablängen und beim Abziehen von Crimp-Kontakten gemessen werden. In Materialprüfmaschinen hingegen erfassen die Kraftsensoren Zug- und Druckkräfte, die auf den Prüfling wirken. In der Medizintechnik messen die Kraftsensoren ebenso wie in der Förder- und Verpackungstechnik Stellkräfte, und bei Montageprozessen in der Industrie werden Füge-, Biege- und Hebekräfte ermittelt. Aber auch im Alltag sind die Kraftsensoren von Megatron zu finden.

anm ◀

Der Autor, Matthias Herrmann, ist Marketingmanager bei Megatron.



Bei der Prozesskontrolle in der Kabelverarbeitung sorgen Kraftsensoren von Megatron für eine gleichbleibende Produktqualität.

Bild: Surasak/stock.adobe.com

Ventiltriebsysteme –
vom Ventil über die
Führung bis zur Feder.



Ventiltrieb-Kits – als Gesamtsystem gedacht

Der folgende Beitrag zeigt, wie ganzheitliche Entwicklung von Ventiltrieben funktioniert, warum Toleranzmanagement und Werkstoffauswahl über Erfolg oder Ausfall entscheiden und welche Entwicklungsansätze sich für extreme Einsatzbereiche bewährt haben. **VON PATRICK SCHULZE**

Moderne Motorentechnik steht unter enormem Druck. Hohe Temperaturen, variable Kraftstoffe, enge Bauraumbedingungen und steigende Anforderungen an Effizienz und Standzeit stellen nur einige der Herausforderungen für die Entwicklung dar. Diese Komplexität lässt sich heute nur noch durch perfekt aufeinander abgestimmte Komponenten wie etwa Ventiltriebsysteme beherrschen.

Ventiltrieb als System

Verbrennungsmotoren werden komplexer, sodass isolierte Optimierungen einzelner Komponenten nicht mehr ausreichen. In aktuellen Entwicklungsprojekten zeigt sich immer deutlicher, dass selbst geringfügige

Abweichungen in der Bauteilgeometrie oder im Materialverhalten Dominoeffekte auslösen können, die sich erst im Verbund mehrerer Komponenten bemerkbar machen. Als kritisch erweisen sich Faktoren wie thermische Ausdehnung, Reibungszonen oder das Zusammenspiel zwischen Ventilschaft, Führung und Sitzring, die erst in der Systembetrachtung vollständig verstanden werden können.

Hinzu kommt, dass viele Motorenhersteller mit immer heterogeneren Kraftstoffszenarien arbeiten – von klassischen Diesel- und Gasanwendungen bis hin zu Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen. Das führt zu stark variierenden Lastkollektiven, die wiederum die Anforderungen an Auslegung, Werkstoffe

sowie Oberflächen- und Härteverfahren beeinflussen. Nur wenn diese Einflüsse ganzheitlich einbezogen werden, lassen sich Ventiltrieb-Kits entwickeln, die über lange Laufzeiten hinweg stabil funktionieren. Diese systemische Perspektive bildet die Grundlage dafür, potenzielle Schwachstellen frühzeitig zu vermeiden.

Komplette Baugruppen

Bereits kleine Abweichungen in Geometrie oder Material führen daher im Ventiltrieb schnell zu Funktionsverlust oder vorzeitigem Verschleiß. „Viele Probleme entstehen nicht am einzelnen Bauteil, sondern im Zusammenspiel mehrerer Komponenten“, erklärt Ralph Geraets, Geschäftsführer von Con SEPT, Spezialist für Ventiltriebkomponten und komplette Baugruppen in anspruchsvollen Motorenanwendungen. In seinen frühen Projekten zeigte sich, dass etwa Führungen, Ventile und Sitzringe nur dann zuverlässig arbeiten, wenn ihre Funktion, Toleranzen und Werkstoffe systemisch aufeinander abgestimmt werden. „Ein solches Prinzip muss heutzutage den Kern moderner Ventiltrieb-Kits bilden“, so Geraets. Während früher oft nur einzelne



Das Ventil ist ein
besonders kriti-
sches Bauteil im
System.

Alle Bilder: Con SEPT

Komponenten optimiert wurden, rücken somit inzwischen komplette Baugruppen in den Fokus. Besonders bei Großmotoren, Bahndieseln oder maritimen Anwendungen sind Bauraum, thermische Belastungen und Korrosionsrisiken so herausfordernd, dass nur ein abgestimmtes Gesamtkonzept stabile Leistung garantiert. Auch die unterschiedlichen Einbauphilosophien der Kunden – von vollständig nachbearbeiteten Sitzringen bis zur Montage ohne Nacharbeit – beeinflussen dieses Zusammenspiel maßgeblich.

Toleranzmanagement

Der Ventiltrieb zählt zu den sensibelsten Baugruppen im Motor. Schon geringe Abweichungen können daher gravierende Auswirkungen haben. „Das Ventil ist das kritischste Bauteil im gesamten System“, betont Geraets. Während Führungen und Sitzringe meist nach dem Einbau final bearbeitet werden, entscheidet beim Ventil die Einhaltung engster Toleranzen über Abdichtung, Reibungsverhalten und thermische Stabilität.

Gerade bei hohen Abgastemperaturen oder alternativen Kraftstoffen wie Wasserstoff wirken zusätzliche Effekte, die ein fein abgestimmtes Toleranzmanagement zwingend notwendig machen. Fehler in der Ventilsitzgeometrie führen nicht nur zu Leistungsverlust, sie können sogar zum Versagen ganzer Baugruppen führen.

Werkstoffwahl

Bereits die Auswahl der Werkstoffe für die Komponenten gestaltet sich als herausfordernd, so Geraets: „Die Materialauswahl ist im Ventiltrieb nie trivial.“ Je nach Kraftstoff – ob Diesel, Gas, Schweröl oder Wasserstoff – variieren Korrosions- und Ermüdungsmechanismen erheblich. Bei hybrid aufgebauten Ventilen ist insbesondere die Lage der Schweißnaht entscheidend. „Nickelhaltige Legierungen spielen eine zunehmend wichtige Rolle, besonders wenn Wasserstoff im Spiel ist“, fügt Geraets hinzu.

Zudem können Härtetiefen, Beschichtungen oder Materialkombinationen darüber entscheiden, ob Bauteile mehrere Millionen bis sogar hunderte Millionen Lastwechsel überstehen. Reproduzierbare Qualität lässt sich dabei nur erzielen, wenn Werkstoffexpertise

Die Anforderungen an moderne Ventiltriebssysteme steigen kontinuierlich.



und praktische Erfahrungswerte konsequent in die Bauteilkonstruktion einfließen.

Validierung

Je nach Zielanwendung unterscheiden sich zudem Validierungsansätze deutlich. PKW-Projekte werden meist intensiver getestet, während Großmotoren-Prüfungen aufgrund der Kosten oft reduziert erfolgen. Statt kompletter Prüfstandsserien stehen zunächst Einzeltests oder Reibungsuntersuchungen im Fokus.

Con SEPT etwa validiert Ventiltrieb-Kits über spezialisierte Partnerprüfstände. Dazu zählen Federschwingungsprüfungen, die reale Hubprofile simulieren, sowie Schleppbetriebsstationen für komplette Zylinderköpfe. „Bei Ventilsitzfedern lassen sich Millionen Lastzyklen in kurzer Zeit reproduzierbar abbilden“, erläutert Geraets. Parallel führen Kunden häufig zusätzliche Motorentests auch auf eigenen Prüfständen durch.

Metallurgisches Labor

Ein entscheidender Bestandteil des Entwurfsprozesses ist die schnelle und präzise Werkstoffanalyse. Das interne Labor ermöglicht im Fall von Con SEPT Härteprüfungen, Gefügeanalysen und metallografische Bewertungen. Ein Keyence-Mikroskop liefert detailreiche Aufnahmen für Schadensanalysen und Qualitätsnachweise.

Damit können eingehende Verschleißuntersuchungen von Komponentenzustand untersucht und Maßnahmen unmittelbar eingeleitet werden. Für OEMs wie auch Instandsetzer stellt dies einen großen Vorteil dar, da sie auf kurze Reaktionszeiten und zusätzliche Qualitätssicherung angewiesen sind.

Vom Bauteil zum Kit

Da spezialisierte Entwicklungspartner wie Con SEPT meist nicht selbst fertigen, basiert der Erfolg der Kits auf präzisen Zeichnungen und klar definierten Toleranzlagen. Die Fertigung erfolgt durch langjährig eingebundene Partner, deren offene Kommunikation fester Bestandteil des Qualitätsprozesses ist. „Gegenseitige Abstimmungen von Abweichungen erfolgen immer direkt – das verhindert spätere Passungsprobleme“, sagt Geraets. Kunden erhalten ihre Kits je nach Bedarf sortiert, verpackt oder in definierten Baugruppen, abgestimmt auf Montageprozesse, Instandhaltungsroutinen oder Serienfertigungsabläufe. Zusätzlich übernimmt Con SEPT auf Wunsch Lagerhaltung und Rahmenverträge.

Trends

Im PKW-Dieselsegment wurden in den letzten Jahren viele Entwicklungsabteilungen zurückgebaut, während im Bereich alternativer Kraftstoffe – insbesondere Wasserstoff – mehr Dynamik spürbar ist. Hohlventile rücken bei hohen Temperaturen wieder in den Fokus. Additiv gefertigte Ventile bieten neue Freiheitsgrade, auch wenn sie noch höhere Kosten verursachen.

Fazit

Durch abgestimmte Kits, ein verzahntes Partnernetzwerk und Expertise über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg liefern spezialisierte Entwicklungspartner wie etwa Con SEPT Lösungen, die sowohl OEMs als auch Instandsetzer entlasten und Funktionssicherheit gewährleisten. *arm* ◀

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



. Bild: yusuftasil/stock.adobe.com

Mit KI Motorkomponenten entwickeln

Forschende der Pusan National University nutzen KI, um optimierte Motorkomponenten zu entwickeln, die menschliche Entwürfe übertreffen. Die Technologie des maschinellen Lernens trägt dazu bei, um 32 Prozent effizientere Hydraulikpumpen zu entwickeln.

Das Gerotor-Zahnprofil ist entscheidend für die Leistung von Hydrauliksystemen in der Automobiltechnik. In einer neuen Entwicklung haben Forscher der Pusan National University in Südkorea bedingte generative gegnerische Netzwerke für die maschinell lernbasierte Synthese und Optimierung von Gerotorprofilen genutzt. Der neuartige Ansatz hat zu Designs geführt, die menschliche Entwürfe übertreffen und um 32 Prozent effizientere Hydraulikpumpen ermöglichen, was die Automobilindustrie revolutionieren könnte.

Herkömmliche Konstruktionsmethoden unzureichend

Gerotorpumpen für die Ölzirkulation und Schmierung sind wichtige Komponenten in Automobil- und Hydrauliksystemen. Sie zeichnen sich durch eine kompakte Bauweise, eine hervorragende

Durchflussrate pro Umdrehung und eine hohe Saugleistung aus. Das Gerotor-Zahnprofil spielt eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Gesamtleistung von Hydrauliksystemen für die Motorschmierung und das Automatikgetriebe. Leider basieren herkömmliche Konstruktionsmethoden auf vordefinierten mathematischen Kurven und iterativen Anpassungen, was ihre Optimierungsflexibilität beeinträchtigt.

Neuronales Netz

Ein Forschendenteam der Fakultät für Maschinenbau der Pusan National University unter der Leitung von Professor Chul Kim eine neue Designmethodik vorgeschlagen. Ihre Ergebnisse wurden am 10. Oktober 2025 online veröffentlicht und werden am 24. Dezember 2025 in Band 162, Teil D der Fachzeitschrift Engineering Applications of Artificial Intelligence erscheinen.

Zentral in dieser Studie ist der Einsatz von KI, insbesondere eines neuronalen Netzes (conditional generative adversarial network), als Designwerkzeug. Anstatt sich auf den traditionellen Ansatz der Verwendung vordefinierter mathematischer Kurven zu verlassen, trainierten die Forscher eine KI, um automatisch neue Gerotorprofile zu generieren. Die KI lernte aus einem Datensatz, der bestimmte Hochleistungsprofilgeometrien mit ihren tatsächlichen Leistungsdaten verknüpfte. Diese Neuentwicklung ermöglichte es ihr, zu verstehen, warum bestimmte Formen besser funktionieren als andere, und dann neue, hochoptimierte Geometrien zu generieren, die herkömmliche Designs deutlich übertreffen.

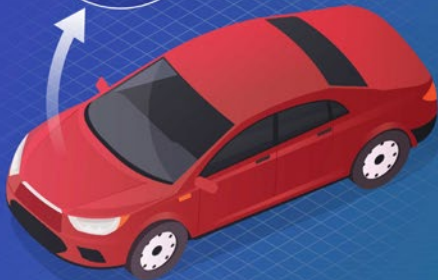
Das Team zeigte, dass ihr neuartiges, KI-generiertes Design bei der Simulationsvalidierung mittels numerischer Strömungsmechanik erhebliche Leistungssteigerungen aufweist. Im Vergleich zu einem herkömmlichen eiförmigen Profil

GenAI for High-Performance Hydraulic Pumps for Automotive Industry

Gerotor pumps are crucial components in automotive and hydraulic systems

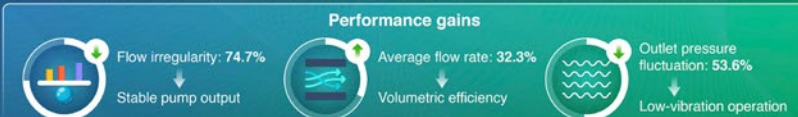
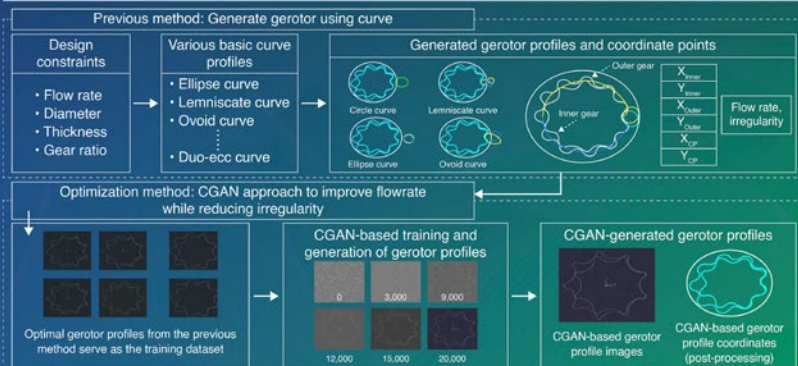


Gerotor tooth profile determines performance of hydraulic systems



However, conventional design methods compromise optimization flexibility

Conditional Generative Adversarial Network (CGAN) for gerotor profile synthesis and optimization



The AI-based approach creates hydraulic pumps that outperform human designs, revolutionizing the automotive industry

Machine Learning-Driven Gerotor Profile Synthesis and Optimization Using Conditional Generative Adversarial Networks

Brillianto et al. (2025) | Engineering Applications of Artificial Intelligence | DOI: 10.1016/j.engappai.2025.112604

Lab website: <https://chulki.pusan.ac.kr/chulki/index.do>
ORCID ID: 0000-0002-5110-3709



PUSAN NATIONAL UNIVERSITY

Bild: Pusan National University

erzielte das vorgeschlagene Design eine Verringerung der Strömungsunregelmäßigkeiten um 74,7 Prozent. Das bedeutet, dass die Leistung der Pumpe deutlich stabiler und gleichmäßiger ist. Außerdem zeigt es eine Steigerung der durchschnittlichen Durchflussrate um 32,3 Prozent, was auf eine bessere volumetrische Effizienz hindeutet, sowie eine Verringerung der Ausgangsdruckschwankungen um 53,6 Prozent, was direkt zu einem leiseren Betrieb und geringeren Vibrationen beiträgt.

Anwendungen in der Automobilindustrie

Die Hauptanwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Arbeit finden sich in der Automobilindustrie. Die Verringerung der Druckschwankungen und Strömungsunregelmäßigkeiten ist hier von großem Vorteil. Sie kann zu leiser arbeitenden Getriebesystemen führen und möglicherweise die Zuverlässigkeit der Komponenten verbessern, indem Vibrationen und instabile hydraulische Belastungen reduziert werden. Darüber hinaus ermöglicht die um 32,3 Prozent höhere durchschnittliche Durchflussrate

eine effizientere Ölzirkulation im gesamten Motor. Dies trägt zu einer besseren Schmierung und Kühlung der Motor-komponenten bei, was für die Lebensdauer des Motors von entscheidender Bedeutung ist.

Schritt zum inversen Design

In den nächsten fünf bis zehn Jahren könnten Methoden wie diese zu einem Standardwerkzeug werden. Dies ist ein Schritt in Richtung „inverses Design“, bei dem ein Ingenieur die gewünschten Leistungsziele, wie zum Beispiel „Minimierung von Druckschwankungen“, festlegen kann und die KI dabei hilft, eine optimale Geometrie zu generieren, um diese Ziele zu erreichen. Darüber hinaus kann dieser Ansatz den Forschungs- und Entwicklungszyklus für komplexe mechanische Komponenten beschleunigen. Er erlaubt die Erforschung eines viel größeren Designraums, als dies mit herkömmlichen Iterationen möglich ist.

Fazit

„Für die Öffentlichkeit bedeutet die Verwendung optimalerer Komponenten vor

Gerotorpumpen für Ölzirkulation und Schmierung: Ein Forschendenteam der Fakultät für Maschinenbau der Pusan National University unter der Leitung von Professor Chul Kim eine neue Designmethodik vorgeschlagen.

allem, dass die Maschinen, die wir täglich nutzen, leiser und zuverlässiger werden. Im Automobilsektor führt dies zu Fahrzeugen mit effizienteren und langlebigeren Hydrauliksystemen wie Getrieben und Ölpumpen“, fasst Prof. Kim zusammen. anm ◀

Referenz

Titel der Originalarbeit: Machine learning-driven gerotor profile synthesis and optimization using Conditional Generative Adversarial Networks

Zeitschrift: Engineering Applications of Artificial Intelligence (Technische Anwendungen künstlicher Intelligenz)

<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.112604>

Mit neuem Prüfstand zu hohen Drehzahlen

Bild: Ringspann GmbH



Hohe Drehzahlen und verschleißfreier Leerlauf: Konstruktiver Schlüsselfaktor der neuen FHHS-Gehäusefreiläufe ist die hydrodynamische Klemmrollenabhebung.

Mit der neuen Baureihe FHHS erweitert Ringspann seine Palette an Gehäusefreiläufen um eine weitere Lösung zur Umsetzung von Überholfunktionen in stationären Mehrmotorenantrieben und Turbinen.

Die Gehäusefreiläufe der neuen Baureihe FHHS kommen ohne Schalteinrichtung aus, übertragen Nenndrehmomente von 1.356 Nm bis 24.405 Nm, arbeiten verschleißfrei und übernehmen im Hochgeschwindigkeitsbetrieb das bedarfsgerechte Ein- und

Auskuppeln verschiedener Motoren des selben Antriebsstranges: Mit den Gehäusefreiläufen seiner neuen Baureihe FHHS bietet Ringspann allen Konstrukteuren von Antriebssystemen für Anlagen der Raffinerietechnik, der chemischen Verfahrenstechnik oder der Erdgas- und Erdöl-Industrie eine innovative Kupplungslösung zur Realisierung flexibel schaltbarer und energieeffizienter Mehrmotorenantriebe. Es handelt sich hier um vollständig gekapselte Überholfreiläufe mit An- und Abtriebswelle, die zum stationären Einbau vorgesehen sind und mit bis zu 12.000 U/min gefahren werden können. Dabei dürfen die Drehzahlen im Leerlauf- und Mitnahmebetrieb auf gleichem oder ähnlichem Niveau liegen. Konstruktiver Schlüsselfaktor ist der Einsatz der hydrodynamischen Klemmrollenabhebung. Das Verfahren kann auf gängigen Dreh-Fräszentren erfolgen. Sondermaschinen sind nicht notwendig. Weiteres Plus: Es können mehrere Bearbeitungsschritte in einer Aufspannung durchgeführt werden.

Elektronikfertigung: ESD-sicher und abdruckarm greifen

Ein winziger Fingerabdruck auf einem Halbleiter-Wafer, eine kaum merkbare elektrostatische Entladung, Leitruf, der Partikel freisetzen kann. Die Folge: kostspielige Fehlproduktion oder Kontaminationen. Bisher mussten Hersteller Kompromisse eingehen. Schmalz vereint jetzt alle Anforderungen im neuen Sauggreifermaterial HT1-ESD.

Das Hochleistungsmaterial kombiniert die Eigenschaften der beiden bereits bewährten Werkstoffe HT1 und NBR-ESD. Die HT1-Komponente sorgt für eine abdruckarme Handhabung, da sie nur minimale chemische Rückstände auf Bauteilen hinterlässt. Gleichzeitig widersteht sie Hitze bis 170 Grad Celsius, ohne ihre mechanischen oder chemischen Eigenschaften zu verlieren. Die hohe Ozonbeständigkeit und Verschleißfestigkeit verlängern die Lebensdauer der Sauggreifer erheblich. Risse oder Materialdegradation treten nicht auf, wodurch die Betriebssicherheit gewährleistet wird. Das Sauggreifermaterial HT1-ESD kommt mittels NBR-ESD ohne externe Beschichtungen und Leitruf aus.

Haltebremsen für elektrische Gegengewichtsstapler

Hohe Anforderungen an Sicherheit und Performance prägen die Flurförderzeugebranche. Mit der zunehmenden Elektrifizierung rücken

elektrische Antriebssysteme und deren Sicherheitskomponenten stärker in den Fokus. Kompakte Federkraftbremsen von Kendrion könnten we-

sentlich zur Betriebssicherheit von Flurförderzeugen beitragen.

Mit den Federkraftbremsen BFK552-12 und BFK457-14 stellt Kendrion seinen Kunden punktgenaue Lösungen für elektrische Gegengewichtsstapler bereit. Die BFK552-12 ist eine flache Federkraftbremse mit nur 43,7 mm Bauhöhe und einem Bremsmoment von 60 Nm Bremsmoment – ausgelegt für Counterbalance-Antriebe, auch in Back-to-back-Anordnungen. Mit der Schutzart IP66 eignet sich die Bremse für den Einsatz in klimatisch anspruchsvollen Umgebungen. Übererregung und Haltestromabsenkung reduzieren Verlustleistung und Wärmeentwicklung, was sich wiederum positiv auf die Effizienz und Langlebigkeit der Stapler auswirkt. Als einbaufertige Einheit senkt die Bremse Montage- und Einstellaufwand und minimiert typische Montagefehler.



In der Intralogistik gelten hohe Anforderungen an Sicherheit, Bauraum und Energieeffizienz. Mit den Federkraftbremsen BFK552-12 und BFK457-14 stellt Kendrion Lösungen für elektrische Gegengewichtsstapler bereit.

Bild: Kendrion

Vakuumtechnik für Hyperloop

Bild: EuroTube/Leybold



Im Vakuumtunnel ist ein energie-sparendes Gleiten mit bis zu 1.000 Stundenkilometern möglich.

Die Vision der EuroTube Stiftung mag verlockend klingen: Denn die Schweizer Forschende wollen Menschen und Güter mit dem Hyperloop sicher, umweltfreundlich und vor allem schnell von A nach B zu transportieren. Ob das gelingt, hängt nicht zuletzt von der Qualität der verwendeten Vakuumtechnik ab.

Die Kooperation zwischen Leybold und der gemeinnützigen Stiftung hat sich bewährt und ist über die Jahre noch gewachsen. Gegründet wurde EuroTube 2019 aus einem Zusammenschluss ehemaliger Studenten der ETH Zürich und der EPF Lausanne, die mit Erfolg an den SpaceX Hyperloop Competitions teilnahmen. Mittlerweile hat sich daraus ein Forschungsstandort mit 15 Mitarbeitern, einem Büro und Labor am Standort Dübendorf bei

Zürich entwickelt. Und Leybold unterstützt das Hyperloop-Projekt mit Produkten und Anwendungswissen.

Unter anderem hat Leybold regelmäßig Berechnungen und Simulationen für EuroTube vorgenommen, weil sich die Rahmenbedingungen dynamisch entwickelt haben. Die Auslegungen mussten daher immer wieder angepasst und neu kalkuliert werden. Mit positivem Ergebnis, denn im Juli 2024 konnte EuroTube den Kick-off des ersten Bauabschnitts der Hyperloop-Testanlage „DemoTube“ im Innovationspark Zürich feiern. An diesem Demonstrator hat EuroTube derzeit einen Vakuumpumpstand von Leybold aus Wälzkolbenpumpen der Baureihe Ruvac WH4400 sowie der trockenverdichtenden Schrauben-vakuumpumpe Dryvac DV650 laufen.

Antriebslösungen in der Praxis erlebbar

Kollmorgen, Hersteller von Antriebs- und Automatisierungslösungen, präsentiert auf der erstmals in Berlin stattfindenden All about automation sein neues Essentials Motion System. Am Messestand 7-130 erhalten Besucher Einblicke in die Leistungsfähigkeit des Systems und können es in einer Live-Demonstration selbst testen.

Ein wichtiges Exponat am Kollmorgen-Stand ist die voll funktionsfähige Essentials Workstation. Durch die Technik der WorkBench-Software von Kollmorgen können Besucher die Einrichtung und Konfiguration des Systems selbst ausprobieren und unmittelbar erleben, wie es in Betrieb genommen wird und unter realen Bedingungen funktioniert.

Das Essentials Motion System wurde speziell für Anwendungen entwickelt, in denen Maschinenbauer eine leistungsstarke Servolösung ohne überflüssige Komplexität benötigen. Es besteht aus aufeinander abgestimmten Servoantrieben und -reglern mit Einkabeltechnik in einem kompakten Format, das den Großteil gängiger Automatisierungsanforderungen abdeckt.

Modulare Befestigungslösungen für den Maschinenbau

Norelem erweitert sein Sortiment um hochwertige C-Profil-Montageschienen mit umfangreichem Zubehör. Die kaltgeformten Profilschienen – auch Installationsschienen oder einfach C-Profile genannt – sind für den Maschinen- und Anlagenbau ausgelegt und eignen sich zur schnellen, präzisen Montage von Bauteilen, Leitungen, Sensorik und Aggregaten.

Die Montageschienen sind in den Systemen 28 (28 x 15 und 28 x 28 mm) sowie 41 (41 x 22 und 41 x 41 mm) erhältlich. Ihre stabile C-Profil-Bauweise sorgt für hohe Biege- und Torsionsfestigkeit und nimmt Zug-

und Querkräfte senkrecht zur Schienenachse sicher auf. Das System 41 verfügt zusätzlich über eine ausgeprägte Verzahnung. Gewindeplatten und Hammerkopfschrauben mit Verzahnung finden darin sicheren Halt – auch bei hohen Querlasten.

Mittels der zahlreichen Langlöcher in den Montageschienen können zum Beispiel Profelfüße, Hammerkopfschrauben, Gewindeplatten, Schienenverbinder, Konsolen und Trägerklammern schnell und einfach befestigt werden. Mit passendem Zubehör entstehen universelle Installationslösungen.



Bild: Norelem

Die Montageschienen von Norelem sind in den Systemen 28 (28 x 15 und 28 x 28 mm) sowie 41 (41 x 22 und 41 x 41 mm) erhältlich.

Orientierung unter veränderten Vorzeichen

Geopolitische Krisen und wirtschaftlicher Druck prägen die Agenda vieler Unternehmen. Andererseits eröffnen neue Technologien – von KI über Cloud-Plattformen bis hin zu vernetzten Datenräumen – Potenzial für mehr Innovationen. Fünf Experten erläutern im Gespräch mit dem AUTOCAD Magazin, welche Herausforderungen die Produktentwicklung prägen und wie sich Unternehmen 2026 hier strategisch aufstellen. **VON ANDREAS MÜLLER**

1. 2026 wird voraussichtlich ein herausforderndes Jahr für die Branche bleiben. Was bedeutet das für Ihr Unternehmen?
2. Welche besonderen Herausforderungen sehen Sie für die Produktentwicklung?
3. Welche Technologien werden Ihrer Meinung nach 2026 den größten Einfluss auf die Produktentwicklung haben?



Jan Nistrath

Industry Manager
bei Autodesk.

1. Wir haben bereits die Weichen gestellt, damit unsere Kunden trotz der anhaltenden wirtschaftlichen Herausforderungen 2026 und darüber hinaus produktiv und agil bleiben können. Cloudbasierte Plattformen, KI-Funktionen

und datenzentrierte Workflows werden bereits produktiv bei Kunden eingesetzt. Das wollen wir natürlich weiter vorantreiben. Wie das in der Praxis aussieht, zeigt beispielsweise der Autodesk Assistant. Durch ihn nimmt KI Routinearbeit ab und orchestriert gleichzeitig komplexe Workflows. Grundsätzlich gilt: Wir gestalten unsere Produkte so, dass sie nicht nur Tools sind, sondern aktive Partner in der Produktentwicklung, die unsere Kunden zukunftssicher machen und ihnen wieder mehr Raum für Kreativität geben. Das war in der Vergangenheit so und bleibt eine wichtige Strategie für die Zukunft.

2. Die größte Herausforderung liegt aktuell darin, fragmentierte Systemlandschaften aufzulösen und stattdessen konsistente, lebenszyklusübergreifende Datenräume zu schaffen. Nur so kann KI ihr volles Potenzial entfalten. Für die Produktentwicklung heißt das konkret: Workflows müssen orchestriert, Schnittstellen sauber definiert und Plattformen vernetzt sein. Es geht also nicht nur um neue Features, sondern um eine ganzheitliche Struktur, die Automatisierung, Zusammenarbeit und Skalierbarkeit ermöglicht. Das schafft auch neue Berufsbilder, für die Unternehmen Fachleute mit dem richtigen Skill-Set finden müssen.



Bild: © Gorodenkoff/stockadobe.com

3. Am stärksten wirken 2026 Technologien, die KI, Plattformen und Datenintegration zusammenbringen. Dazu gehören agentenfähige KI, die komplexe Engineering-Entscheidungen unterstützt, cloudbasierte Modellplattformen, die durchgängige Datenräume bereitstellen, und MCP-Server, die als Schnittstelle zwischen KI-Agenten, Tools und Daten arbeiten. Entscheidend ist, dass diese Agenten in offenen, vernetzten Datenräumen arbeiten. Erst so entfalten sie ihr volles Potenzial. Das Ergebnis ist ein dynamisches, integriertes Engineering-Ökosystem, in dem Design, Simulation und Fertigung nahtlos zusammenlaufen. Erfolgreiche Produktentwicklung wird 2026 dort stattfinden, wo Technologie dynamisch, kontextbewusst und direkt im Workflow agiert.

Bild: Contact Software



Thomas Dickopf

Principal Research Engineer
bei Contact Software.

1. Wirtschaftliche Unsicherheit, geopolitische Spannungen und steigender Regulierungsdruck führen zu Zurückhaltung bei Investitionen, beeinträchtigen die Nachfrage und schaffen unkalkulierbare Lieferkettenrisiken. Um diese Herausforderungen zu meistern, müssen Unternehmen robuster, effizienter, kostengünstiger und innovativer werden. Wir sehen die Digitalisierung als das entscheidende Werkzeug. Gleichzeitig schauen Unternehmen noch kritischer auf den Return-of-Investment (ROI) von Software-Innovationen. Das verpflichtet uns als Technologieanbieter, klar unseren Mehrwert zu zeigen. Wir bieten genau die Lösungen und Services an, um Herausforderungen zu meistern und gestärkt aus ihnen hervorzugehen.

2. Aktuell sehe ich drei zentrale Herausforderungen, die sich gegenseitig verstärken: Steigende Produktkomplexität durch immer mehr Software und Varianten erfordern ein integriertes Management über alle Domänen. Strengere Nachhaltigkeitskriterien und Regularien, die in der Entwicklung mitgedacht und dokumentiert werden müssen. Und natürlich Agilität für kürzere Produktlebenszyklen und eine schnelle Time-to-Market. PLM-Systeme unterstützen dabei sowohl als zentrale Steuerungsinstanz fürs Systems Engineering, als Datenbasis für Nachweispflichten und bei der effizienten Zusammenarbeit über Teams hinweg. Contact bietet daher nicht nur eine reine Datenverwaltung an, sondern ein strategisches Werkzeug, mit dem unsere Kunden innovativ und wettbewerbsfähig bleiben.

3. Künstliche Intelligenz (KI) wird in 2026 wohl den mit Abstand größten transformativen Einfluss auf die Produktentwicklung haben, indem sie aktiv in den kreativen und optimierenden Prozess eingreift. KI ist daher integraler Bestandteil unserer PLM-Architektur und tief in die domänen-spezifischen Prozesse eingebunden. Diese 'Engineering & Manufacturing Intelligence' unterstützt in jeder Phase des Produktlebenszyklus. Sie befähigt unsere Kunden, die Komplexität der Produktentwicklung mit intelligenter Unterstützung zu meistern und innovative Produkte schneller und nachhaltiger auf den Markt zu bringen.



Wolfgang Huber

Geschäftsführer Mensch und Maschine
Deutschland GmbH, Bereich Industrie.



Christine Buchheit

Geschäftsführerin Mensch und
Maschine Deutschland GmbH, Bereich
Mensch und Maschine Akademie.

1. Unsere Industrie-Kunden sind in der Regel Unternehmen aus dem Mittelstand. Export spielt eine große Rolle – und damit stehen selbst kleine Unternehmen oft im internationalen Wettbewerb. Die aktuelle weltweite Wirtschaftslage, insbesondere die Zollpolitik, verstärkt den Druck. Daraus resultiert Handlungsbedarf: Kosten müssen gesenkt, Entwicklungszeiten verkürzt werden, und dies bei hohem Innovationsdruck. Digitale Durchgängigkeit von der Produktidee bis zum Vertrieb hilft, effizient und anpassungsfähig zu bleiben. Für Mensch und Maschine bedeutet das, Unternehmen bei ihrer digitalen Transformation zu beraten und zu begleiten – mit dem Ziel, Prozesse zu optimieren und Raum für Innovation zu schaffen.

2. Viele Unternehmen müssen gewachsene Systemlandschaften harmonisieren. In der Produktentwicklung ist der Zugang zu den richtigen Informationen, spricht

Bilder: Mensch und Maschine Deutschland GmbH



Seit über 40 Jahren unterstützt Mensch und Maschine Planer, Ingenieure und Industrieunternehmen mit Software- und Digitalisierungslösungen. Als Autodesk Platinum Partner und Authorized Training Center verbindet die Mensch und Maschine-Akademie Software-Know-how mit zukunftsorientierter Weiterbildung.

Daten, kritisch. Informationen liegen aber oft in Datensilos oder stecken nur in den Köpfen der Mitarbeiter. Die fehlende Durchgängigkeit verhindert Standardisierung und schafft unnötigen Aufwand. Die Herausforderung besteht darin, auch in schwierigen Zeiten konsequent am eigenen digitalen Reifegrad zu arbeiten, Systeme zu integrieren, Daten optimal nutzen. MuM hilft dabei mittels verschiedener Formate, vom kurzen Orientierungsworkshop bis zur Business Prozess Analyse.

3. Es wird keine einzelne Technologie bestimmend sein – generell beeinflussen auch 2026 PDM und PLM maßgeblich die Effizienz der Produktentwicklung. Di-

gitale Zwillinge, Simulationen, 3D-Druck sind eher im Einzelfall entscheidende Faktoren. KI findet erste Anwendungen, wobei bisher die Nutzung meist nur Chatbot-Niveau hat. Unternehmen werden sich vor Angriffen schützen müssen: hier sehen wir einen wachsenden Trend zur Virtualisierung von Entwicklungsumgebungen in der Cloud. Mit dem Streaming von CAD und PDM bieten wir unseren Kunden eine etablierte Technologie, die für ‚CyberSecurity‘ sorgt, IT entlastet und nebenbei die Zusammenarbeit erleichtert.



Frank Scheufens

Product Manager Professional Visualization bei PNY.

Bild: PNY

1. 2026 wird herausfordernd, bietet jedoch die große Chance, durch Innovation eine führende Rolle einzunehmen. Viele Unternehmen betreiben derzeit Pilotprojekte im Bereich KI parallel. Die Konsolidierung dieser Initiativen in einer zentralen, kontrollierten KI-Plattform wird immer wichtiger, um Doppelarbeit, Schatten-IT und Sicherheitsrisiken zu reduzieren.

PNY setzt auf Nvidia RTX Pro Blackwell GPUs für professionelle Visualisierungs- und KI-Workloads. Ein zentraler Fokus liegt auf der PNY AI Enterprise Factory, die eine skalierbare Infrastruktur für Finetuning, Inferenz und digitale Zwillinge von der Konzeption bis zur Implementierung bietet. Sie basiert auf Nvidia RTX Pro Servern, unterstützt durch Spectrum-X Networking-Plattform, BlueField DPUs, NVIDIA KI-Software, Speicher- und Datenmanagement sowie PNY-Services.

2. Das Tempo der KI-Innovationen nimmt stetig zu und stellt die Produktentwicklung vor erhebliche Herausforderungen. Die Integration von GPUs der nächsten Generation in skalierbare Trainings-, Finetuning- und Inferenzplattformen erfordert eine kontinuierliche Anpassung an sich entwickelnde Frameworks, Modelle und Standards. Die Gewährleistung der Interoperabilität in den Bereichen Netzwerk, Speicher, Kühlung und Sicherheit, insbesondere in industriellen, medizinischen und regulierten Umgebungen, erhöht die Komplexität zusätzlich. Unternehmen möchten ihre proprietären Daten zudem in proprietäre Intelligenz umwandeln und nicht nur als Datenbasis für öffentliche Modelle nutzen. PNY bietet dafür nun validierte Enterprise AI Factory-Designs an, die das Implementierungsrisiko und die Komplexität im Vergleich zu einer kompletten Neuentwicklung deutlich reduzieren. Diese Designs ermöglichen es Unternehmen, schneller zu agieren und gleichzeitig Leistung, Zuverlässigkeit und Sicherheit zu gewährleisten.

3. Zu den wichtigsten Technologietreibern zählen Nvidia Blackwell GPUs, Nvidia AI Enterprise-Software und Frameworks wie NeMo, Metropolis und Holoscan, schnelle Netzwerke und Speicher. Digitale Zwillinge

- 1.** 2026 wird voraussichtlich ein herausforderndes Jahr für die Branche bleiben. Was bedeutet das für Ihr Unternehmen?
- 2.** Welche besonderen Herausforderungen sehen Sie für die Produktentwicklung?
- 3.** Welche Technologien werden Ihrer Meinung nach 2026 den größten Einfluss auf die Produktentwicklung haben?

auf Basis von OpenUSD und Nvidia Omniverse werden zunehmend GPU-beschleunigte Simulationen und Echtzeit-Entscheidungsfindung vorantreiben. Die PNY AI Enterprise Factory, basierend auf Nvidia Blackwell-Systemen, Spectrum-X-Netzwerken, BlueField DPUs und Enterprise AI-Software, hat sich zu einer integrierten Lösung entwickelt, die agentenbasierte und generative Workloads in großem Umfang ausführen kann. Finetuning, bei dem Modelle auf Unternehmensdaten spezialisiert sind und Inferenz, bei der KI-Fähigkeiten täglich im gesamten Betrieb angewendet werden, sind Bereiche, in denen die Einführung von KI in Unternehmen im Jahr 2026 am schnellsten skaliert.

Bild: Xometry



Dmitry Kafidov

Geschäftsführer
Xometry Europe.

1. Globale Volatilität und Unsicherheit sind zur Regel geworden. Wir betrachten diese Herausforderungen als Katalysator für Wachstum und Innovation. Zwar mag der Gesamtmarkt in einigen Regionen stagnieren. Zugleich wenden sich führende Unternehmen unserer Plattform zu, um schneller innovativ zu sein und sich eine zuverlässige Beschaffungsquelle zu sichern. Wir beobachten eine massive Verlagerung hin zur Regionalisierung und Diversifizierung von Lieferketten. Unternehmen wollen sich aus der riskanten Abhängigkeit von Lieferanten aus einer einzigen Region lösen. 2026 wollen wir der Branche die geforderte Widerstandsfähigkeit bieten. In unserem umfangreichen, global verteilten Netzwerk können wir bei Ausfall eines Lieferanten sofort und zuverlässig Ersatz organisieren. Das stellt sicher, dass unsere Kunden bei Störungen und Zolländerungen immer einen Schritt voraus sind.

2. Die größte Herausforderung ist heute die ‚Agilitätslücke‘: Entwicklungszyklen verkürzen sich in einem nie dagewesenen Tempo, angetrieben durch die rasche Integration von KI. Um hier wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen Unternehmen Innovationen schneller denn je auf den Markt bringen. Dafür genügen die traditionellen, langsamen Iterationsschleifen einfach nicht mehr. Wir schließen die Lücke, indem wir KI direkt in die End-to-End-Fertigung integrieren – vom ersten Entwurf über DFM-Prüfungen bis hin zum Rapid Prototyping. Bei Xometry erhalten Ingenieure und Designer innerhalb von Sekunden ein Preisangebot. Auch bekommen sie sofortige Gewissheit über die Auswirkungen von Material- oder Technologieänderungen. Sie geben mit einem Klick ihre Bestellung auf, ohne mühsam nach einem Lieferanten suchen zu müssen.

3. 2026 ist das Jahr, in dem KI von Pilotprojekten in den Mittelpunkt der Mainstream-Produktion rückt. Sie ist nicht mehr länger nur ein Trend. Wir haben für unseren "2026 Manufacturing Outlook" über 300 Branchenfürer befragt. Demnach erzielen bereits heute 44 Prozent

der Hersteller einen greifbaren ROI durch KI. Eine der bedeutendsten Auswirkungen zeigt sich in der KI-gestützten Preisgestaltung und Beschaffung. Wir können inzwischen Herstellungskosten mit geradezu chirurgischer Präzision berechnen. So beenden wir die massiven Ineffizienzen, die diesen Markt bislang geprägt haben. Wir setzen KI zudem zur Vorhersage von Störungen und zur Optimierung von Arbeitsabläufen ein, bis hin zur automatisierten Rechnungsstellung. Damit schaffen wir ein System, in dem Kunden bessere Preise erhalten und Lieferanten profitabler arbeiten.

Olaf Erxlebe

Geschäftsführer
GAIN Software GmbH

1. Konstruktionsintensive Branchen, Zulieferindustrie und Maschinenbau – tatsächlich sind es auch unsere Zielmärkte, die aktuell vor wirtschaftlichen Herausforderungen stehen. Wir befinden uns in der glücklichen Situation, über Jahrzehnte einen äußerst zufriedenen Kundstamm aufgebaut zu haben. Davon profitieren wir heute: Unsere Kunden wissen, dass leistungsstarke Software, die tief in unternehmenskritische Prozesse integriert ist und in enger Zusammenarbeit mit einem verlässlichen Partner entsteht, kein reiner Kostenfaktor ist. Vielmehr bietet sie kurz- wie langfristig die Chance, Einsparpotenziale zu heben und Produktionsabläufe zukunftssicher zu optimieren. Es ist somit vor allem eine Frage der Perspektive – und genau hier setzen wir als verlässlicher Lösungspartner konsequent an.

2. Die Kunst besteht darin, die eigenen Kernkompetenzen im Kontext aktueller Rahmenbedingungen konsequent weiterzuentwickeln. Für uns bedeutet das, unsere PDM-Lösung Gain Collaboration auch in komplexen PLM-Szenarien als zentrale Datenbasis und Single Source of Truth zu etablieren. Gerade in wirtschaftlich anspruchsvollen Zeiten müssen Software-Lösungen Unternehmen dabei unterstützen, ihre vorhandenen Ressourcen noch effizienter zu steuern. Genau hier zeigt sich in der Praxis, welche Systeme echten Mehrwert bieten – und welche nicht. Für unsere eigene Produktplanung arbeiten wir daher eng mit unseren Bestandskunden zusammen und ergänzen die Zusammenarbeit um zusätzliche Dienstleistungen. Auf dieser Basis gelingt es uns gemeinsam, für aktuelle Herausforderungen passgenaue und individuelle Lösungen zu entwickeln.

3. Neben Web-Technologien für die Entwicklung und dem Ausbau unserer Engine für Geschäftsprozesse wird selbstverständlich KI eine zentrale Rolle spielen – sowohl in unseren Produkten als auch in unseren internen Prozessen. Unser Team hat dafür bereits Lösungen auf Basis dieser Technologien entwickelt, um Prozesse entlang der Wertschöpfungskette unserer Kunden zu unterstützen. anm ◀

Thinking Inside the Box

Sea Box arbeitet mit Razorleaf zusammen, um Design, Produktion und Lagerbestand zu verknüpfen, die Effizienz zu steigern und seine maßgeschneiderten Anpassungsmöglichkeiten zu verbessern. **VON LYNN MANNING**

Ein tragbares forensisches Labor zur Untersuchung, ob Atom Müll den internationalen Vorschriften entspricht. Ein mobiles Krankenhaus für Patienten während einer Krankheitsausbreitung. Ein Schulbau. Eine Notaufnahme für die akute Versorgung von Verwundeten in Kriegszeiten. Sogar ein zwölf Meter langer Hotdog-Stand, der von einem Ende zum anderen mit einem auffälligen rot-gelben Schachbrettmuster umwickelt ist: All dies sind Beispiele dafür, wie ein Versandcontainer zu etwas Einzigartigem umgestaltet werden kann. Im Jahr 1956 löste der amerikanische Unternehmer Malcolm McLean mit der Indienstellung des ersten Containerschiffs in New Jersey eine Revolution aus. Der umgebaute Tanker aus dem Zweiten Weltkrieg war mit 58 Metallboxen in Einheitsgröße beladen, die mit einem Lift oder Kran leicht umgeladen werden konnten.

Ende der 1960er Jahre übernahmen andere Länder dieses Modell und setzten auf ineinandergreifende, stapelbare Metallcontainer, um Autos, Möbel, Kleidung oder Elektronikgeräte in einer einzigen großen Box zu transportieren. Niemand weiß genau, wie viele ISO-Standard-Versandcontainer es heute weltweit gibt, aber mindestens 65 Millionen davon sind zu jedem Zeitpunkt „aktiv im Einsatz“. Andere Container werden zunehmend für andere Zwecke als den Transport angepasst, und dort beginnt die Geschichte von Sea Box.

Container aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet

1983 gründeten Jim Brennan Jr. und einige Kollegen das Containerhandelsunterneh-

men Sea Box, Inc. Brennan, ein Designer mit mehreren Patenten, initiierte bald eine Umstellung von standardmäßigen, leeren Stahlboxen hin zu interessanteren Möglichkeiten. Nahezu alles, was ein Kunde wünschte, konnte hergestellt werden; alle oben beschriebenen Anwendungen sind Beispiele dafür.

Die maßgeschneiderte Anpassung wurde bald zu einem Hauptgrund, warum sich die Menschen für Sea Box entschieden. Das Unternehmen konnte sogar während der Pandemie expandieren, und beschäftigt heute rund 350 Mitarbeiter in Irland, China, Australien und Südamerika. Aufträge des US-Militärs tragen nach wie vor erheblich zur Nachfrage nach Standard- und Sonderanfertigungen bei: Sea Box hat 2024 eine hochautomatisierte Fertigungslinie für Containerboxen in Betrieb genommen, um den Bedarf des US-Verteidigungsministeriums (DOD) an Containern für den Transport von Gütern und Vorräten zu den weltweit stationierten Truppen zu decken.

Mit dem Wachstum des Unternehmens hat der Innovationsgeist von Sea Box auch Ingenieure mit Abenteuerlust angezogen. „Nicht alles im Ingenieurwesen ist super auffällig und aufregend“, sagt John Salyers, heute Projektmanager bei Sea Box. „Aber als ich auf Jobsuche war und dieses Unternehmen fand, sah ich, dass sie viele sehr kreative Projekte mit Containern durchführten, sowohl Verteidigungsprojekte als auch zivile Anwendungen wie Notunterkünfte für Naturkatastrophen, mobile Bürogebäude – es gab eine ganze Bandbreite an Möglichkeiten, meine Fähigkeiten einzusetzen.“ „Was mich besonders beeindruckt hat –



Korey Greene und John Salyers untersuchen die elektrischen Anschlüsse eines Containers, der für die Stromversorgung bei Arbeiten an transkontinentalen Unterwasserkabeln installiert wurde.

vor allem aus technischer Sicht – war, dass man seine Entwürfe bis zur Fertigstellung begleiten konnte.“

Korey Greene, Maschinenbauingenieur bei Sea Box, der einen Hintergrund im Bau- und Schweißbereich hat, stimmt dem zu. „Man hat hier viele Aufgaben und alles, was wir tun, ist so vielfältig; das ist wirklich bereichernd. Es ist spannend, aus etwas so Alltäglichem wie einem Versandcontainer alles zu machen, was man will. Wenn es in den Container passt, können wir es umsetzen.“

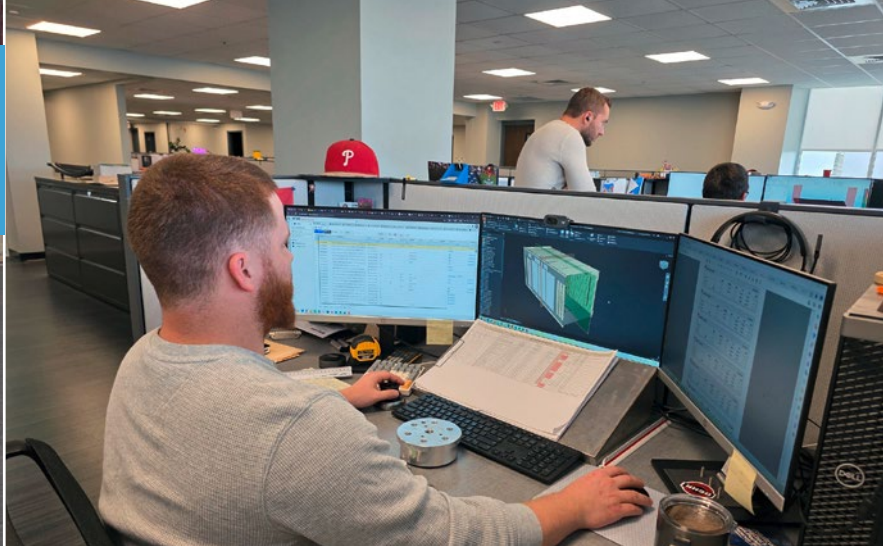
Vom Labor bis zum Hotdog-Stand

Das ist nicht so einfach, wie das Beispiel des Labors für die Prüfung nuklearer Materialien zeigt. „Das war ein dringender Auftrag“, sagt John. „Da es sich um einen Auftrag für die Regierung handelte, gab es viele Spezifikationen. Aber sie hatten ihre Anforderungen nicht vollständig definiert, sodass wir diese im Laufe des Projekts herausfinden mussten. Es gab viel spontane Planung. Am Ende waren es vier miteinander verbundene Luftschleusencontainer, sodass alle Arbeiten ohne Aufenthalt im Freien durchgeführt werden

Bilder: Sea Box

John Salyers und Korey Greene besichtigen fertige Container auf dem Gelände von Sea Box.

„Mir gefällt, dass man seine Entwürfe bis zur Fertigstellung mitverfolgen kann“ John Salyers



Der Maschinenbauingenieur Korey Greene von Sea Box arbeitet an der CAD-Konstruktion eines Containers. Die Integration ihrer digitalen Konstruktionswerkzeuge in ihre PLM- und ERP-Software steigert die Kapitalrendite des Unternehmens.



Ivan Montalvan (rechts), Schweißleiter bei Sea Box, bespricht einen Auftrag mit dem Maschinenbauingenieur Korey Greene.

konnten. Man betrat einen Raum, zog sich um und desinfizierte sich, bevor man in den Laborbereich ging. Wir hatten spezielle Luftfiltersysteme, um sicherzustellen, dass alles gereinigt und sauber war, damit die Proben nicht kontaminiert wurden.“

Am anderen Ende des Spektrums stand der 13 Meter lange Hotdog-Stand. Innen befand sich eine handelsübliche Großküche, aber außen gab es laut Korey „verrückte Anforderungen an die Lackierung“. „Ich bin es gewohnt, unserer Lackierabteilung zu sagen: ‚Hier ist ein Container, lackiert ihn in Wüstensandfarben‘ [was häufig für militärische Anwendungen verlangt wird]. Aber als ich ihnen eine Darstellung des riesigen Schachbrettmusters zeigte, das den Container bedeckte, fragten sie mich: ‚Wie groß ist jedes Quadrat?‘ Also musste ich zurückgehen und eine technische Zeichnung nur für das Lackdesign anfertigen.“

Datenintegration

John und Korey sind jene Talente, die Sea Box gerne anzieht, um die offene Denkweise des Unternehmens zu unterstützen, sagte Senior Program Manager Mark Campbell. „Ich denke, wir haben in Bezug

auf einige der architektonischen Boxen, an denen wir arbeiten, gerade erst an der Oberfläche gekratzt“, sagte er. „Die Möglichkeiten für eine Erweiterung sind riesig.“

Natürlich nimmt eine weit geöffnete Tür auch eine große Menge an Informationen auf. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Arbeit von John und Korey bei Sea Box ist die Einführung und Integration digitaler Softwaretools, die alle Produktdaten verfolgen und nutzen und den Workflow des komplexen Unternehmens, für das sie arbeiten, optimieren.

Eine PLM-Reise

„Unsere Reise im Bereich Product Lifecycle Management (PLM) war interessant und, wie ich vermute, wie bei vielen Unternehmen auch, etwas mühsam“, sagt John. „Als ich 2018 in das Unternehmen eintrat, verwendeten wir noch unsere einfache Teiledatenbank-Software, ein EPN-System (Engineering Part Number), das lediglich eine Microsoft Access-Datenbank war. Das Unternehmen wuchs so stark, dass wir so viele neue Teile herstellten, dass das System täglich abstürzte.“

„Es war eine sehr papierbasierte, physische Tradition, die früher einmal vielleicht

in Ordnung war“, sagt Korey. „Mit der Weiterentwicklung des Unternehmens entwickelten sich auch die Bedürfnisse unserer Kunden weiter, und unsere Fähigkeiten mussten sich entsprechend weiterentwickeln. In den Anfängen arbeiteten wir mit Skizzen auf Servietten und bemalten die Kisten auf dem Parkplatz. Jetzt sind wir auf einem Niveau, das eine genaue und zuverlässige Datenverfolgung erfordert.“

Das Management erkannte, dass ein vollwertiges PLM-System an der Zeit war. Aber nach ein paar frustrierenden Jahren mit einem Integrationspartner lief das Softwareentwicklungsprogramm nicht gut und man trennte sich.

Zeit für die Experten

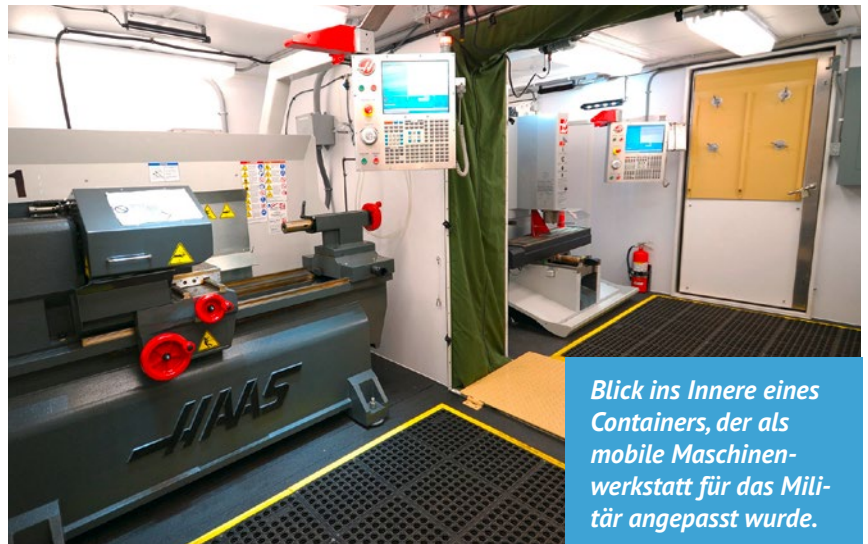
„Wir hatten nicht das interne Fachwissen, um das selbst zu machen“, sagt John. „Als wir den PLM-Lösungsanbieter Razorleaf fanden, kamen sie nach New Jersey, um eine Discovery-Sitzung mit uns durchzuführen, und wir waren sehr beeindruckt. Sie hatten das Fachwissen, um schnell zu erkennen, welche der Probleme komplexe PLM-Probleme waren – die tatsächlich schwer zu lösen waren – und welche tatsächlich relativ einfache Lösungen hatten.“ Sea Box begann mit der Umstellung von seinem alten EPN-System auf eine PLM-Plattform, Aras Innovator, die von Razorleaf empfohlen wurde.

Der Weg zu sauberen Daten

Aufgrund seiner Vielzahl an kundenspezifischen Containeraufträgen verfügte Sea Box über eine große Datenbank, die nach Aussa-



Korey Greene untersucht einen Strahl-roboter, der in der automatisierten Containerproduktion eingesetzt wird.



Blick ins Innere eines Containers, der als mobile Maschinenwerkstatt für das Militär angepasst wurde.

ge der Ingenieure unter einer „mangelhaften Dateneingabe-Etikette“ litt. „Man braucht gute, saubere Daten in seinem PLM-System“, sagt Korey. „Und wenn wir diese Daten an Business Central [das ERP-Unternehmensmanagementsystem, das das Unternehmen implementiert und in sein PLM integriert] senden wollen, müssen diese Daten ebenfalls sauber sein. Razorleaf hat gemeinsam mit uns ermittelt, welche Daten bereinigt werden mussten. Dies war zunächst mit einem erheblichen manuellen Aufwand in Zusammenarbeit mit ihrem Team verbunden, aber sie haben uns auch dabei geholfen, diesen Prozess zu automatisieren.“

Um den Container-Workflow am Laufen zu halten, richtete das Team eigenständige Entwicklungsserver mit Batch-Lade-Tools für Testläufe ein. „So konnten wir in einer ‚Sandbox‘ testen, ohne uns Gedanken über Auswirkungen auf unsere Produktionsabteilung machen zu müssen“, sagt Korey. „Razorleaf hat uns Auswertungen unserer Daten geliefert, eine Strategie zum Durchkämmen dieser Daten entwickelt und uns gezeigt, was gut und was schlecht ist – das war eine enorme Hilfe für uns.“

Sea Box hat kürzlich seine PLM-Software-Lizenzen von 25 auf 40 erweitert. Die Schulungen wurden in mehreren Wellen durchgeführt, wobei die Umstellung auf die Aras Innovator-Plattform bis Ende 2025 im Wesentlichen abgeschlossen sein soll.

Wo sind meine CAD-Entwürfe?

Ein bedeutendes Problem lauerte noch immer unter den enormen Fortschritten bei den PLM-Fähigkeiten von Sea Box. Die Teiledatenbank war zwar betriebsbereit,

aber die CAD-Datendateien waren dort nicht gespeichert, sodass keine automatisierte Revisionskontrolle über die Entwürfe möglich war. Diese CAD-Diskrepanz verursachte Probleme, sagt Korey. „Ob es sich nun um eine 2D-Zeichnung oder ein 3D-Computermodell handelte, es gab eine Menge redundanter Arbeit. Wenn man beispielsweise eine Teilenummer im PLM fand, aber die CAD-Datei für das eigentliche Teil nicht, zeichnete man es einfach neu – das konnte zehn, 20 oder mehr Mal vorkommen, weil es schneller war, das Teil neu zu zeichnen, als es in unserem System zu suchen. Und die Diskrepanz zwischen den Systemen konnte zu potenziellen menschlichen Fehlern führen, wie der falschen Eingabe von Teilenummern oder Mengen.“

Erneut wandten sie sich an Razorleaf, diesmal für die CAD Connector-Software von Essig, die Änderungen an jedem Entwurf im Laufe der Zeit verfolgt und mit den Modulen für das Änderungsmanagement innerhalb ihres PLM-Systems verknüpft ist. „Es ist schön und gut, wenn Ihre Überarbeitungen im PLM nachverfolgt werden, aber wenn dann auch Ihre Zeichnungen und Modelle mit dieser Überarbeitungsverfolgung verknüpft sind, erhöht dies die Qualität der Daten, die wir zuvor nicht erreichen konnten“, sagt Korey.

„CAD Connector kommt sowohl den Mitarbeitern in der Produktion als auch den Projektmanagern zugute“, sagt John. „Man kann eine Menge Ressourcen darauf verwenden, eine einfache Frage aus dem Betrieb zu beantworten, beispielsweise wo zwanzig ¼-20-Schrauben in einer Komponente angebracht werden. Unsere Connector-Software demokratisiert CAD,

da es keine Barriere mehr zwischen den Ingenieuren und den nicht-technischen Mitarbeitern gibt; man kann die Antworten direkt auf dem Bildschirm im Modell hervorgehoben sehen.“

Alles läuft mit Clover

Die digitale Abwicklung wird durch die Integrationsplattform Clover von Razorleaf unterstützt, die den Datenfluss zwischen den PLM-, ERP-, CAD- und anderen Programmen gewährleistet. „Während wir unser Business Central [ERP]-System in unser PLM integrieren, führen wir zahlreiche Praxistests durch, um zu sehen, wie Clover die Dinge hinter den Kulissen miteinander verbindet“, sagt John. „Ich denke, das beste Zeugnis, das ich Clover ausstellen kann, ist – selbst für mich als administrativer Nutzer –, dass ich meistens gar nicht merke, dass es da ist.“ „Außerdem“, so Korey, „sehen wir enorme Verbesserungen in unserem Engineering-Workflow.“

Senior-Programmmanager Campbell hat einen Überblick darüber, was der Aufbau nahtloser Verbindungen zwischen diesen digitalen Tools für ein expandierendes Unternehmen bedeutet. „Wir alle wollen mit einer einzigen Quelle der Wahrheit arbeiten“, sagt er. „Man hat ein Repository, in dem alle Informationen gespeichert sind, und ein Konfigurationsmanagement, das die Revisionskontrolle ermöglicht. Was man sucht, ist Wiederholbarkeit, höhere Qualität, Konsistenz und zuverlässige Lieferung.“ *anm* ◀

Die Autorin, Lynn Manning, ist President, Parker Group Public Relations.

Blechnext bietet Blechbearbeitern das Machine-as-a-Service-Partnermodell mit einer TruLaser Center 7030 von Trumpf.

Laserschneidmaschine nutzen statt kaufen

Finanzierung, Fachkräftemangel, Maschinenausfälle und Auslastung: Gleich vier Herausforderungen für Produzenten löst Blechnext mit seinem Angebot „Machine-as-a-Service“ (MaaS). Die Blechbearbeiter profitieren zudem von einem modernen Maschinenpark mit hohem Automatisierungsgrad.

Blechnext bietet mit seinem neuen MaaS-Konzept weit mehr als bisherige Leasing-Modelle: Das Unternehmen kauft für den Kunden nicht nur eine der modernsten Lasermaschinen TruLaser Center 7030 samt Lager TruStore 3030 oder eine Biegemaschine mit Automatisierungszelle, sondern übernimmt auch die NC-Programmierung und die Entstörung der Anlage über das Internet rund um die Uhr. Dadurch werden sehr hohe Laufzeiten erreicht, die sonst ohne einen Maschinenbediener nicht möglich sind. Da die Maschinen Blechnext gehören, trägt das Unternehmen auch sämtliche Wartungskosten inklusive aller Ersatz-, Verbrauchs- und Verschleißteile. Bei eventuellen Defekten sorgt Blechnext für eine schnelle Reparatur, gegebenenfalls durch Servicetechniker vor Ort.

Mit der Laserschneidanlage und der NC-Programmierung durch Blechnext können die Anwender ihren Fachkräftemangel lindern, die Mitarbeiter benötigen keine Programmierkenntnisse. Zudem beherrscht das TruLaser Center 7030 vollautomatisierte Prozesse vom Beladen der Rohtafeln auf die Bürstenti-

sche über die intelligente Trennung und Sortierung von Gutteilen und Schrott bis zum prozesssicheren Ausschleusen von Kleinteilen beziehungsweise der sicheren Entnahme ohne Verkanten. Eine Sortierung der fertigen Blechteile von Hand entsprechend der Kundenaufträge ist nicht notwendig, die Anlage übernimmt die automatisierte Sortierung.

Zusätzliche Aufträge über Online-Portal

Auch bei der Auslastung der Anlage profitieren die Produzenten von der Zusammenarbeit mit Blechnext: Über das Blechnext Online-Portal können sie zusätzliche Aufträge erhalten. Die eigenen Kundenaufträge bleiben dabei immer vorrangig, um Lieferzusagen einzuhalten. Die Blechbearbeiter müssen nur eine Mindestauslastung von circa 320 Stunden pro Monat für das TruLaser Center 7030 oder von circa 180 Stunden pro Monat für die Biegezone garantieren. Die Abrechnung erfolgt nach Maschinenstunden laut NC-Programm. Technisch bedingte Stillstandszeiten der Anlage

werden gegen die Mindeststunden gerechnet; die Mindeststundenzahl sinkt also in einem Monat, in dem die Anlage technische Stillstände hatte.

Die Besonderheit liegt in der Betreuung durch Blechnext: Das Unternehmen kümmert sich um die Einrichtung, Programmierung und Entstörung der Anlage. Der Kunde sorgt lediglich für eine sichere Auslastung der Maschine und kann sich auf Kernaufgaben konzentrieren. Er profitiert von hohen Laufzeiten und geringen Stundensätzen.

Blechbearbeitung

Das Angebot von Blechnext geht deutlich über klassische Leasingmodelle hinaus. Es handelt sich um ein Paket, das Unternehmen die Möglichkeit bietet, flexibel und ohne hohe Anfangsinvestitionen in die moderne Blechbearbeitung einzusteigen. Blechbearbeiter können damit schnell auf Marktveränderungen reagieren. Zudem profitieren besonders kleine und mittlere Unternehmen, die oft nicht über die Mittel verfügen, um große Maschineninvestitionen zu tätigen. *anm* ◀

Das Rückgrat für Echtzeit-Integration

In modernen Industrieumgebungen reicht es nicht mehr aus, Daten in festen Intervallen zu erfassen und später auszuwerten. Produktionssysteme müssen sofort auf veränderte Betriebszustände reagieren können. Dazu braucht es eine leistungsfähige Architektur. **VON KAI WÄHNER**

Überschreitet die Temperatur einen Schwellenwert, treten ungewöhnliche Vibrationen auf oder wird ein Stoppsignal ausgelöst, muss das System das Ereignis unmittelbar erkennen, einordnen und weiterleiten. Klassische Batch-Verfahren und punktuelle Integrationen sind dafür ungeeignet. Stattdessen braucht es eine Architektur, die Daten kontinuierlich verarbeitet.

Um Daten aus Maschinen, SPS, SCADA-Systemen und IoT-Geräten kontinuierlich verfügbar zu machen, nutzen moderne Architekturen zunehmend Apache Kafka als zentrale Plattform. Lösungen wie Confluent bauen darauf auf und ermöglichen es, Datenströme unternehmensweit zu nutzen, ohne bestehende Betriebsabläufe unnötig zu beeinträchtigen. So stehen Daten in Echtzeit für Analyse, Weiterverarbeitung und operative Entscheidungen zur Verfügung.

Betriebsdaten werden dadurch nicht mehr als Momentaufnahmen behandelt, sondern als fortlaufender Strom. Systeme reagieren sofort auf Ereignisse und halten dieselben Daten zugleich für spätere Auswertungen bereit. So entsteht eine

Architektur, die schnelle Reaktionen erlaubt und zugleich dauerhaft zuverlässig arbeitet.

Condition Monitoring in Echtzeit

Ein Anwendungsbereich, der besonders profitiert, ist die Instandhaltung. In industriellen Umgebungen erfassen Sensoren kontinuierlich Maschinendaten, die direkt verarbeitet werden. Condition Monitoring bewertet jede Messung, um frühzeitig Veränderungen zu erkennen, die auf Störungen hinweisen. Steigt etwa die Temperatur über einen kritischen Wert, identifiziert das System das Ereignis und stößt notwendige Schritte an. Nur relevante Events gelangen in nachgelagerte Prozesse, während alle übrigen Daten zwar weiterhin erfasst, jedoch nicht weiterverarbeitet werden.

Predictive Maintenance knüpft daran an und zielt darauf ab, den tatsächlichen Wartungsbedarf zu ermitteln, um Ausfälle zu verhindern. Systeme analysieren Sensorwerte innerhalb definierter Zeitfenster und erkennen Muster, die auf ein

steigendes Risiko hindeuten. Wenn etwa in kurzer Zeit mehrere erhöhte Temperaturwerte auftreten, steigt die Wahrscheinlichkeit einer Störung. In solchen Fällen benachrichtigt das System das Wartungsteam rechtzeitig, um einem Ausfall zuvorzukommen.

Beide Verfahren ermöglichen es, Wartung nicht mehr ausschließlich an festen Zeitintervallen auszurichten. Wartung erfolgt nicht erst nach einem Defekt oder strikt nach Plan, sondern abhängig vom tatsächlichen Zustand der Anlage. So sinkt die Zahl ungeplanter Ausfälle, der Wartungsaufwand lässt sich gezielter steuern, und die Anlagen arbeiten insgesamt effizienter.

Das digitale Nervensystem

Daten-Streaming bietet jedoch mehr als Optimierung in der Instandhaltung. Plattformen erfassen und verteilen betriebliche Events in Echtzeit und bilden so das digitale Nervensystem - nicht nur in der Produktion, sondern auch für ERP, CRM, Data Lake und darüber hinaus. Sie verbinden Maschinen, Anwendungen und

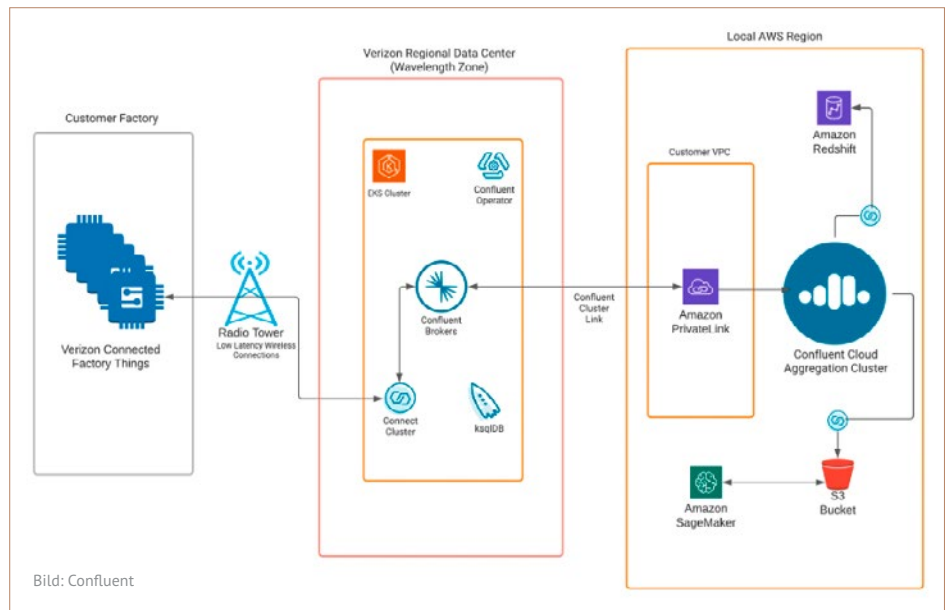
Analysesysteme über einen gemeinsamen Datenstrom, der jederzeit den aktuellen Zustand der Produktion abbildet.

Events können von mehreren Systemen gleichzeitig verarbeitet werden. Einige reagieren direkt, etwa mit Alarmen oder automatisierten Maßnahmen. Andere nutzen denselben Datenstrom für Überwachung und Analyse. Zusätzlich lassen sich Events speichern und später abrufen, zum Beispiel für Berichte, Fehleranalysen oder historische Auswertungen). Daten werden einmal erfasst und stehen anschließend den verschiedenen Systemen zur unabhängigen Nutzung auf einer gemeinsamen, konsistenten Datenbasis zur Verfügung.

Weil alle Events langfristig gespeichert werden, entsteht eine digitale Historie des Betriebsverhaltens. Diese Spur hilft, Ursachen zurückliegender Vorfälle zu analysieren und Entwicklungen auf Basis realer Daten zu bewerten. In hochkomplexen Produktionsumgebungen reichen einzelne Messpunkte oder Annahmen dafür nicht aus.

Digital Twins als Brücke

Ein weiterer zentraler Anwendungsbe- reich ist die Verbindung von Entwicklung und Betrieb durch Digital Twins. Designteams arbeiten meist mit geplanten Produkten und technischen Spezifikationen. Erst Betriebsdaten zeigen, wie sich Anlagen unter realen Bedingungen tatsächlich verhalten. Ein Digital Twin verbindet beide Ebenen, indem er Daten physischer Assets sowie Daten aus Prozessen oder Services nutzt und daraus ein kontinuierlich aktualisiertes digitales Abbild erzeugt. Ein Beispiel sind Connected Cars: Digital Twins werden sowohl für die Produktion als auch für den Lebenszyklus genutzt, wenn das Auto auf der Straße ist. Diese Erkenntnisse fließen zurück ins Engineering und helfen, Probleme der ersten Version zu identifizieren. Daten-Streaming schafft die technische Grundlage, damit Informationen in den Betrieb zurückfließen können. Apache Kafka wird häufig eingesetzt, um eine offene, skalierbare und zuverlässige Infrastruktur für Digital Twins bereitzustellen und sogenannte Digital Threads zu unterstützen, die Daten über verschiedene Systeme und Zeiträume hinweg verbinden. Im Gegensatz zum



Kafka eignet sich für unternehmenskritische Low-Latency-Anwendungen wie Condition Monitoring und Predictive Maintenance mit End-to-End-Latenzen im Millisekundenbereich. Das gezeigte Beispiel kombiniert Kafka, ksqlDB, Kubernetes und 5G.

Digital Twin umfasst der „Digital Thread“ den gesamten Lebenszyklus eines oder mehrerer digitaler Zwillinge. Sensorereignisse werden fortlaufend erfasst, als Events gespeichert und stehen sowohl in Echtzeit als auch für spätere Analysen bereit. Digital-Twin-Umgebungen arbeiten mit kontinuierlichem Lernen, Überwachen und gezieltem Handeln. Dafür sind Echtzeitverarbeitung, Skalierbarkeit und Ausfallsicherheit entscheidend. Daten-Streaming ergänzt IoT-Plattformen und Backend-Systeme, indem es eine durchgängige technische Basis für Austausch und Verarbeitung von Daten über Systemgrenzen hinweg schafft.

Viele Digital-Twin-Architekturen nutzen zudem statistische Verfahren und Machine-Learning-Modelle für Simulationen. Diese Modelle benötigen große Mengen hochwertiger Daten, die sich nur über längere Zeiträume hinweg sammeln lassen. Kontinuierliche Datenströme sind unerlässlich. Einzelne Messpunkte genügen nicht, um reales Betriebsverhalten zuverlässig abzubilden.

Echtzeitintegration

Condition Monitoring, Predictive Maintenance und Digital Twins zeigen, dass industrielle Systeme Daten direkt bei ihrer Entstehung verarbeiten müssen. Daten-Streaming-Plattformen schaffen

dafür die Grundlage. Sie vernetzen Maschinen, Anwendungen und Analysesysteme in Echtzeit und halten zugleich die Historie aller Ereignisse verfügbar.

Diese Verbindung aus unmittelbarer Verarbeitung und langfristiger Verfügbarkeit erhöht die Reaktionsfähigkeit im Betrieb, macht Entwicklungen über längere Zeiträume transparent und unterstützt kurzfristige Entscheidungen ebenso wie nachhaltige Optimierung.

Daten-Streaming übernimmt damit eine zentrale Rolle in modernen Industriearchitekturen. Es verbindet operative Abläufe mit datengetriebener Analyse und schafft die Grundlage für stabile Prozesse, kontinuierliche Verbesserung und langfristige Innovationsfähigkeit. Die kontinuierliche Verarbeitung von Ereignisdaten bildet dabei nicht nur das Rückgrat für Echtzeitreaktionen – sie schafft auch die Grundlage für generative und agentenbasierte KI in der Industrie. Nur auf Basis vertrauenswürdiger, kontextreicher Datenströme lassen sich KI-Agenten sinnvoll trainieren und einsetzen, etwa zur Prozessoptimierung oder Entscheidungsunterstützung. Event-Streaming-Plattformen wie Confluent ebnen damit den Weg für eine neue Generation industrieller Intelligenz. *anm* ◀

Der Autor, Kai Wähler, ist Global Field CTO bei Confluent



Bild: panuwat/stock.adobe.com

Mit Feedback-Loops zu besseren Maschinen

Predictive Maintenance im Maschinen- und Anlagenbau ist ein datengetriebener Ansatz zur vorausschauenden Instandhaltung, um Ausfälle vorzubeugen und Wartungsmaßnahmen gezielt vorzubereiten. Darin, die gewonnenen Daten wieder für die Produktentwicklung nutzbar machen -- und in den entsprechenden Geschäftsmodellen --, liegt noch ungenutztes Potenzial. **VON ANDREAS MÜLLER**

Die Grundlage für Predictive Maintenance-Konzepte bilden Daten aus verschiedenen Sensoren (zum Beispiel Schwingungen, Temperaturen, Drücke, Stromverläufe) sowie Informationen aus Steuerungs- und Leitsystemen (SPS/SCADA), die über industrielle IoT-Plattformen gesammelt werden. Durch die Integration dieser Datenquellen können Unternehmen nicht nur Zustandsindikatoren visualisieren, sondern auch Abweichungen erkennen, Restlebensdauern prognostizieren und konkrete Wartungsempfehlungen ableiten. Im Markt gibt es eine Reihe großer Anbieter: **Siemens MindSphere / Xcelerator**: Die cloudbasierte Industrial-IoT-Plattform von Siemens sammelt und analysiert Betriebsdaten von Maschinen und Anlagen und ermöglicht darauf basierende Predictive-Maintenance-Anwendungen. Zusätzlich bietet Siemens modulare

Predictive Services, etwa zur intelligenten Überwachung von Antriebs- und Automatisierungssystemen, an.

- **SAP Predictive Asset Insights**: Teil des SAP-IoT-Portfolios, das Asset-Daten aus Produktion und Instandhaltung mit KI-Analysen verbindet, um Vorhersagen zur Lebensdauer und Ausfallwahrscheinlichkeit von Komponenten zu treffen.

- **IBM Maximo Application Suite / Watson IoT**: Die Maximo-Suite kombiniert Anlagenmanagement mit KI-gestützter Analyse und ermöglicht Asset-Performance-Monitoring über verschiedene Anlagen und Standorte hinweg.

- **PTC ThingWorx**: Eine IoT-Plattform mit umfangreichen Analysefunktionen für Predictive Maintenance; besonders stark in der Integration von Maschinendaten und der Visualisierung von Zustands- und Vorhersagemetriken.

- **ABB Ability**: Die digitale Lösung von ABB kombiniert Automatisierungswissen mit IoT-Analysen für Mustererkennung und prädiktive Warnungen in Fertigung und Energieanlagen. Kooperationen mit Plattformanbietern wie IBM stärken hier oft die KI-Komponente.

- **Confluent (Data Streaming Platform)**: Confluent baut auf Apache Kafka auf und stellt eine skalierbare Streaming-Datenplattform bereit, die Echtzeit-Daten aus Maschinen- und Sensor-Umgebungen zuverlässig erfasst, verarbeitet und für Analyse-Workloads zur Verfügung stellt (mehr dazu auf den Seiten 54 bis 55).

Neben diesen Anbietern gibt es spezialisierte Systeme und Start-ups (z. B. KI-First-Plattformen wie Aiomatic, Augury, C3.ai oder Viso.ai oder Aiomatic), die sich auf fortgeschrittene KI-Analysen und branchenspezifische Predictive-Main-

tenance-Modelle konzentrieren und besonders bei komplexen oder heterogenen Maschinenparks interessant sind.

Augmented Reality

Ein weiteres wichtiges Element im praktischen Einsatz ist die Einbindung von Augmented Reality (AR): Lösungen wie PTC Vuforia oder Microsoft HoloLens-basierte Assistenzsysteme unterstützen Servicetechniker direkt an der Maschine mit kontextbezogenen Wartungsinformationen und visuellen Anleitungen. Diese AR-Layer für die Predictive-Maintenance-Analyse helfen, Fehler schneller zu lokalisieren und Wartungsprozesse effizienter durchzuführen.

KI-Modelle und Vernetzung

Künstliche Intelligenz (KI) bildet das Herz der vorausschauenden Analyse. Denn Machine-Learning-Algorithmen erkennen Muster in großen Datenmengen, unterscheiden Normal- und Fehlverhalten und prognostizieren die Restlebensdauer von Komponenten (RUL) sowie das Risiko künftiger Störungen. Diese KI-Modelle werden mit historischen und Echtzeitdaten trainiert und verbessern ihre Vorhersagen kontinuierlich mit aktuellen Betriebsdaten.

Die Entwicklung geht in die Richtung, Predictive-Maintenance-Lösungen mit ERP-, MES- und Instandhaltungssystemen zu verzahnen. Außerdem gewinnt Edge-Computing zur lokalen Vorverarbeitung großer Datenmengen an Boden. Neue Geschäftsmodelle, bei denen Predictive Maintenance als Service (PdMaaS) angeboten wird, also die komplette Überwachung, Analyse und Wartungsplanung über abonnementbasierte Plattformmodelle, erweitern diese Entwicklung.

Wie die Produktentwicklung profitiert

Zunehmend fließen die aus Predictive-Maintenance-Lösungen in Fertigungsunternehmen gewonnenen Daten wieder zurück in die Produktentwicklung und -verbesserung der Maschinenbauunternehmen, und es entstehen neue datengetriebene Geschäftsmodelle. Dabei geht es nicht nur um die Wartung, sondern es entsteht schließlich ein Feedback-Loop

von Nutzung und Entwicklung, der folgende Elemente umfasst:

- **Rückkopplung der Betriebsdaten in die Produktentwicklung:** Echte Betriebsbedingungen fließen in die Entwicklung ein. Sensordaten, Ausfallmuster, Belastungsprofile und Anomalien aus dem realen Einsatz liefern Maschinenherstellern konkrete Hinweise, wie Produkte im Feld genutzt werden, wo Schwachstellen liegen und unter welchen Bedingungen Komponenten besonders verschleifen. Das ermöglicht realitätsnahe Verbesserungen in zukünftigen Maschinengenerationen – beispielsweise robustere Bauteile oder optimierte Steuerungslogiken.
- **digitale Zwillinge für die Produktoptimierung:** Durch aggregierte Daten aus Predictive-Maintenance-Systemen lassen sich digitale Zwillinge ganzer Maschinenflotten erstellen, die das Verhalten virtueller Modelle mit realen Messdaten abgleichen. Diese digitalen Zwillinge helfen, Design-Entscheidungen frühzeitig zu testen und Verbesserungen zu simulieren.
- **datenbasierte Fehleranalysen:** Ursachenanalysen von Störungen helfen, Fehlerursachen in Konstruktion oder Materialwahl aufzudecken und dadurch die Produktqualität langfristig zu erhöhen (zum Beispiel durch Anpassungen in Mechanik, Elektronik oder Kühlung).

Neue Geschäftsmodelle

Mit Predictive Maintenance können Maschinenbauer auch digitale, datenbasierte Geschäftsmodelle entwickeln, zum Beispiel:

- **Condition Monitoring und Predictive Maintenance als Service (PdMaaS):** Maschinenbauer bieten die Überwachung und Analyse ihrer Anlagen als Dienstleistung an. Kunden bezahlen nicht nur Maschinen, sondern laufende Überwachung, Analyse und Optimierung. Die gewonnenen Daten fließen dabei zurück an den Hersteller zur Verbesserung der Algorithmen und Produktfeatures.
- **datengetriebene Produktentwicklung:** Hersteller nutzen echte Nutzungsdaten, um Varianten, Optionen oder Zubehör besser auf Kundenbedarfe zuzuschneiden – zum Beispiel robustere Module für Hochlast-Einsätze oder Bundles aus Hard- und Software für bestimmte Branchen (Lebensmittel, Automotive, etc.).
- **Predictive Modelle als Lizenzprodukt:**

Anstatt nur Softwarelösungen einmalig zu verkaufen, werden Predictive-Analytics-Modelle oder KI-Trainingsdatenbanken lizenziert – oftmals in Kombination mit Cloud-Plattformen oder Analyse-Dashboards.

Zielkonflikte im regulatorischen Rahmen

Diese Geschäftsmodelle unterliegen einigen regulatorischen Einschränkungen. So definiert der EU Data Act die Nutzung und Weitergabe von Maschinendaten so, das Maschinenbetreiber das Zugriffsrecht auf ihre Daten gibt und Maschinenbauern gleichzeitig diese Daten für Entwicklung und neue Services nutzen können, entsprechende Vereinbarungen vorausgesetzt.

Wenn Drittanbieter die Datenhoheit übernehmen, könnten sie den Marktwert ihrer Daten nicht mehr ausschöpfen. Für Maschinenbauer erweist es sich daher zunehmend als wichtig, Kontrolle über die eigenen Produkt- und Betriebsdaten auszuüben. Beispiele für die Nutzung dieser Daten könnten sein:

- **Flotten- und Bauteilanalyse:** Großmaschinenhersteller analysieren Flottendaten, um Anomalien zu erkennen und darauf basierend neue Komponenten oder Software-Updates zu entwickeln.
- **Kundennahe Produktverbesserung:** Daten zur Lebensdauer bestimmter Komponenten („Remaining Useful Life“) fließen direkt in Material- oder Fertigungsoptimierungen der nächsten Serien ein.
- **Service-Innovation:** Einige Anbieter koppeln Predictive-Maintenance-Daten direkt an Customer-Success-Teams, die auf Basis der Daten produktbezogene Empfehlungen geben (zum Beispiel Upgrade-Empfehlungen oder Retrofit-Pakete).

Fazit und Ausblick

Predictive Maintenance wächst über eine reine Instandhaltungsmethodik hinaus. Mit aktuellen Predictive-Maintenance-Konzepten können sich klassische Maschinenbauer in Smart-Product- und Service-Provider verwandeln. Sie nutzen Daten nämlich nicht nur für ihre Kunden, sondern auch für eigene Produktverbesserung und Innovation. Derartige Feedback-Loops machen Maschinen mit jedem Einsatz besser und die passenden Geschäftsmodelle sparen Kosten und Zeit.

anm ◀

Datensprache und KI – Boten der Digitalisierung

Digitale Transformation heißt auch künstliche Intelligenz. Generative KI kann aus menschlichen Eingaben Texte und Bilder kreieren, deskriptive KI komplexe Muster erkennen und Istzustände beschreiben. KI-Anwendungen werden daher auch in der Wartung immer wichtiger. **VON MORITZ SCHMITT**

Ein umfassendes Verständnis eines Ventilators ist essenziell für rechtzeitige Wartung und zur Vermeidung von Ausfällen. Traditionelle Methoden warten oft bis zum Ausfall von Komponenten, was ungeplante und ungünstige Ausfallzeiten verursacht und Folgeschäden begünstigt. Regelmäßige Wartungsintervalle helfen, sind aber nicht perfekt, da oft auch intakte Teile ausgetauscht werden. Da jedes Produkt unterschiedlich ist, bleibt Unsicherheit über den genauen Zustand und die Verfügbarkeit von Ersatzteilen sowie

Personal erfordert erhebliche Ressourcen.

Da Schäden selten abrupt auftreten, bieten sich durch das frühzeitige Erkennen von Anzeichen Vorteile an. Wenn ein Ventilator kontinuierlich Daten über seinen Zustand liefern könnte, wäre präzisere und zeitnahe Wartung möglich. Das Verstehen dieser „datengestützten Sprache“ ermöglicht genauere Prognosen über potenzielle Störungen.

Eingebettete Sensorik – Gewinnen der Daten

e Herausforderung ist zunächst einmal is Gewinnen der Daten. Die Ventilatoren von Ziehl-Abegg wurden mittels perfekt auf die Anforderungen der Lüftungstechnik abgestimmter Sensorik zum Sprechen gebracht. Durch bereits im Ventilatormotor vorhandene Sensoren können direkt vor Ort Schwingungs- und Telemetriedaten gewonnen werden, relevante Parameter sind beispielsweise Schwingungen in den chsen, Drehzahlen, Temperaturen und ifgenommener Strom.

Übertragung an die Cloud – Historisierung der Daten

Die gewonnenen Daten ließen sich nun durch das Versenden an die Cloudlösung ZBlueGalaxy visualisieren. Die Sprache des Ventilators wurde also sichtbar. Somit konnten Messdaten überwacht, protokolliert sowie historisiert werden. Die hierdurch möglichen Analysen ließen bereits erste Rückschlüsse auf den Zustand des Ventilators zu, zum Beispiel konnte man auf dieser Basis Warnmeldungen ausgeben.

Eingebettete KI - Das Verstehen der Daten in Echtzeit

Das Entschlüsseln der Maschinendaten war eine Herausforderung. Für Menschen ist es schwierig, große Datenmengen schnell zu analysieren und Muster zu erkennen. Manuelle Prozesse sind ineffizient, besonders bei Echtzeitdaten.

Hier hilft Künstliche Intelligenz (KI) in Form von neuronalen Netzen. Diese verarbeiten Daten effizient durch mehrschichtige Strukturen. Die Eingabedaten werden

Den Ventilator in Gänge zu verstehen, kann von besonderer Bedeutung werden, wenn es um potenzielle Ausfälle oder die Notwendigkeit von Wartungstätigkeiten geht.



in einem Prozess transformiert, der zum Beispiel den Zustand einer Komponente als Prozentsatz darstellt. Bei drohenden Schäden generiert das System automatisch Warnungen. Zusätzlich bietet die KI Handlungsempfehlungen, indem sie mögliche Probleme und deren Ursachen identifiziert. So agiert die KI als digitaler „Mitarbeiter“, der kontinuierlich die Ventilatordaten überwacht und analysiert.

Onboarding der KI – Aufbereitung der Daten

Ziehl-Abegg hat die KI durch umfangreiche Trainings vorbereitet, bei denen Millionen Datenpunkte gesammelt und analysiert wurden. Es war entscheidend, relevante Merkmale zu identifizieren und zu gewichten, um die KI effektiv auf verschiedene Betriebszustände einzulernen. Simulierte Störungen halfen dabei, das normale Verhalten von Ventilatoren zu verstehen und Abweichungen schnell zu erkennen. Dazu wurden die Daten mittels Feature Engineering standardisiert und transformiert, um qualitativ hochwertige und vergleichbare Datensätze zu erzeugen.

Um Berechnungen direkt auf der Komponente durchzuführen, müssen die Daten vereinfacht werden, wobei höchste Genauigkeit gewahrt bleibt. Diese Aggregation hilft, die Analyse prägnanter zu gestalten, da zu viele Daten die Präzision erschweren würden. Die leistungsfähige KI wird abschließend mit Validierungsdaten getestet, um ihre Genauigkeit sicherzustellen.

Perfektes Match - Experten- wissen und KI

Daten und KI müssen also erst auf ihre Aufgabe vorbereitet werden. Auch danach übernimmt die KI zwar eine wichtige Position, wird indes nicht zum Alleinentscheider. Sie übersetzt mittels grandioser Analysefähigkeiten die Sprache des Ventilators für die menschliche Fachkraft und gibt Empfehlungen. Die Entscheidung, wie mit einer Handlungsempfehlung umgegangen wird, muss jedoch nach einer Überprüfung, die eine Bewertung der Informationen und die Berücksichtigung möglicher weiterer Faktoren einschließt, von der menschlichen Expertise getroffen werden. Der Mensch muss demnach weiterhin über Fach- und Kontextwissen verfügen, die KI kann nicht von allein aktiv werden. Es



Ziehl-Abegg setzt konsequent auf die Nutzung vorhandener Daten, um den Zustand ihrer Ventilatoren zu optimieren.

ist möglich, den Ventilator so einzustellen, dass er im Falle einer Fehlermeldung sogleich abschaltet – doch dieses Feature muss aktiv angefragt werden und ist eben keine Standardeinrichtung.

Insgesamt arbeiten also künstliche und menschliche Intelligenz eng zusammen. Die Möglichkeit der Echtzeitüberwachung und die Analysefähigkeiten der räumlich direkt an der Komponente sitzenden KI ergeben ein perfektes Zusammenspiel mit dem über Fachwissen verfügenden und zur Entscheidung fähigen und berechtigten Menschen.

Handlungsvollmacht durch KI

Durch die Zusammenarbeit von Mensch und KI erhält die Wartung zusätzlichen Handlungsspielraum. KI-gestützte Systeme erkennen potenzielle Ausfälle frühzeitig, wodurch Wartungen proaktiv und nicht reaktiv geplant werden können. Dies minimiert unerwartete Ausfälle und maximiert die Lebensdauer von Bauteilen. Optimierte Wartungszeitpunkte erhöhen die Betriebseffizienz, steigern die Zuverlässigkeit und reduzieren unproduktive Stillstandzeiten. Der Bedarf an Lagervorräten und abrufbereiten Mitarbeitern sinkt, was Zeit und Kosten spart.

Langfristig können Betriebsdaten Problembereiche identifizieren und zu optimierten Wartungsplänen führen. Dies verbessert das Verständnis der Ventilatordynamik und ermöglicht innovative Wartungsstrategien.

Das eingebettete System

Der Einsatz eines eingebetteten Systems bei Ziehl-Abegg ist besonders hervorzu-



Wenn ein Ventilator kontinuierlich Daten über seinen Zustand liefern könnte, wäre präzisere und zeitnahe Wartung möglich.

heben. Die im Motor integrierte Sensorik und KI sind optimal auf die Anforderungen des Ventilators abgestimmt, sodass externe Sensoren und zusätzliche Softwarelösungen überflüssig werden. Diese Integration ermöglicht eine Echtzeitanalyse ohne Latenzzeiten.

Ein Anschluss an die Cloud über ein Gateway ist möglich, aber nicht zwingend nötig, insbesondere bei Einzelgeräten. Die Cloud übernimmt die Visualisierung und Vernetzung mehrerer Geräte. Auf diese Weise werden nur die bereits verarbeiteten Daten übertragen, was die Netzwerkbelastung reduziert und zudem die Effizienz erhöht.

Fazit

Ziehl-Abegg setzt konsequent auf die Nutzung vorhandener Daten, um den Zustand ihrer Ventilatoren zu optimieren. Künstliche Intelligenz (KI) ist dabei elementar und revolutioniert die Wartung. Sie wandelt Betriebsdaten in eine „Kommunikationsintelligenz“ um, die präzise Ausfallprognosen ermöglicht. In Zukunft könnte diese KI standardmäßig in jedem Ventilator integriert sein und neue Arbeitsweisen unterstützen.

Die KI fungiert quasi als permanenter Servicemitarbeiter, der kontinuierlich Daten analysiert. Diese zusätzliche Unterstützung bietet mehr Autonomie, indem sie Handlungsmöglichkeiten erweitert. Die integrierte Lösung macht permanente Netzwerkverbindungen überflüssig und verbessert die Cloud-Nutzung. So entsteht eine effiziente Hybridlösung zusammen mit ZABluegalaxy.

anm ◀

Der Autor, Moritz Schmitt, ist Produktmanager Motoren und Elektrik bei der Ziehl Abegg SE

Was auf Unternehmen zukommt

Künstliche Intelligenz beeinflusst verschiedene Branchen erheblich. Der Februar 2024 war ein Meilenstein in der Geschichte der Regulierung von künstlicher Intelligenz. Worauf sich Unternehmen vorbereiten sollten.

Die erste europäische KI-Verordnung (KI-VO, engl. AI Act), wurde verabschiedet [Con24] [Bun25a] [But24]. Mithilfe dieser soll ein Rechtsrahmen geschaffen werden, um eine verantwortungsvolle Nutzung von KI zu gewährleisten, ohne die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit zu beschränken. Doch was bedeutet dies konkret für Unternehmen in Deutschland?

Künstliche Intelligenz kann in der industriellen Anwendung vielfältig ein-

gesetzt werden: Prozessplanung, Qualitätsüberwachung, vorausschauende Wartung oder Logistik sind nur einige Bereiche [Yad24]. Konkrete Beispiele sind die KI-gestützte Qualitätsprüfung in der automatischen Linie oder der manuellen Montage sowie internes Wissensmanagement mithilfe eines KI-Chatbots oder der Einsatz als strategische Assistenz in der industriellen Fertigung [Tec25].

Die KI-VO reguliert den Einsatz und die Entwicklung von KI-Systemen in

der gesamten Europäischen Union. In Deutschland ist die Bundesnetzagentur eine zentrale Akteurin. Bei der Umsetzung der KI-VO soll unter anderem das „Koordinierungs- und Kompetenzzentrum für die KI-Verordnung“ (KoKI-VO) unterstützen, indem Wissen und Ressourcen an einer zentralen Stelle gebündelt werden. Die Anforderungen aus der KI-VO müssen sukzessive umgesetzt werden, einige Bestimmungen gelten schon jetzt (Bild 1). Die KI-VO

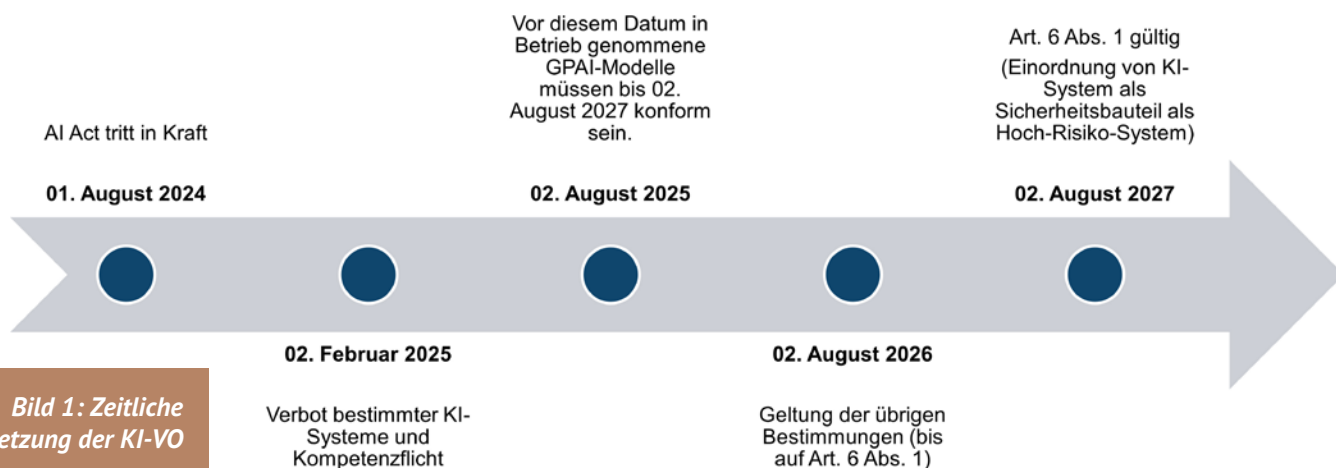


Bild 1: Zeitliche Umsetzung der KI-VO

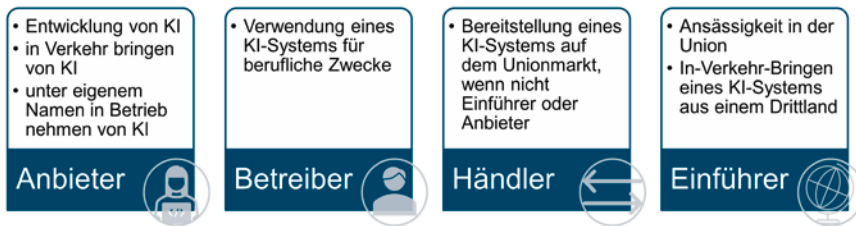


Bild 2: Akteure in der KI-VO nach Art. 3.

unterscheidet in verschiedene Akteure (Art. 3 KI-VO) (Bild 2).

Dabei sind vor allem folgende Akteure hervorzuheben: Ein Anbieter ist eine natürliche oder juristische Person, Behörde oder Einrichtung, der ein KI-System unter dem eigenen Namen vertreibt oder in Betrieb bringt. Ein Betreiber beschreibt diejenigen, die ein KI-System für berufliche Zwecke verwenden. „Händler“ bezeichnet den Akteur, der ein KI-System bereitstellt, wohingegen ein Einführer dieses aus einem Drittland in Verkehr bringt. Dementsprechend ist in der Praxis als erstes zu prüfen, ob ein Unternehmen als Anbieter oder Betreiber einer KI operiert.

Risikoklassen entscheiden über den Aufwand

Grundsätzlich verfolgt die KI-Verordnung einen risikobasierten Ansatz. Das bedeutet, dass KI-Systeme in verschiedene Risikoklassen (Bild 3) eingeordnet werden können [Bun24], [Moc24], wobei jedoch die KI-VO selbst nur die Einteilung in Hoch-Risiko-KI-Systeme (Art. 6 bis Art. 49 KI-VO) sowie verbotene KI-Systeme (Art. 5 KI-VO) vornimmt [Ver24]. Dabei werden von der EU-Kommission Anwendungen wie Spamfilter, Videospiele, Sprachübersetzungen, Chatbots, Rechtschreibkorrekturen oder vergleichbare automatisierte Softwarefunktionen als Einsatzgebiete mit geringem Risiko benannt.

KI-Systeme, die als hochriskant eingestuft werden, sind unter anderem Systeme, die sich als Sicherheitsbauteile von Produkten oder in sicherheitssensiblen Erzeugnissen wie Medizinprodukten, Maschinen, Fahrzeugen, Brennstoffen oder im Luft-, Schienen- oder Schiffsverkehr in der Nutzung befinden. Die vollständige Liste ist unter Anhang III der KI-VO nachzulesen [Ver24].

Um den regulatorischen Aufwand bei der Einführung von KI-Systemen

abschätzen zu können, ist es daher sinnvoll, die geplante Anwendung in eine Risikoklasse einzuordnen. Die Einführung einer Hoch-Risiko-KI im Unternehmen zieht umfangreiche Pflichten nach sich, wohingegen KI-Systeme mit geringem Risiko zum Beispiel Transparenzpflichten erfüllen müssen [Bar24]. Sollte ein Unternehmen ein eigenständiges KI-System entwickeln oder KI in ihre Produkte integrieren, so können Pflichten als „Anbieter“ deutlich umfangreicher werden. Primär bei den Hoch-Risiko-Systemen können Unternehmen vor Herausforderungen stehen, da die Nutzung von Drittanbietermodellen oder mehreren Modellen in einem System die Komplexität stark erhöht. Dies gilt auch für Unternehmen, die in mehreren Sektoren tätig sind, wie Anbieter von Simulationsprogrammen, wenn sich diese von Designunterstützung zu operativen Steuerungssystemen weiterentwickeln [Kil25]. In einer im Jahr 2023 durchgeführten explorativen Studie konnten von den 106 untersuchten KI-Systemen 18 Prozent zur Hochrisiko-Klasse zugeordnet werden, 42 Prozent stellten ein niedriges Risiko dar und 40 Prozent konnten nicht eindeutig klassifiziert werden [Lie24].

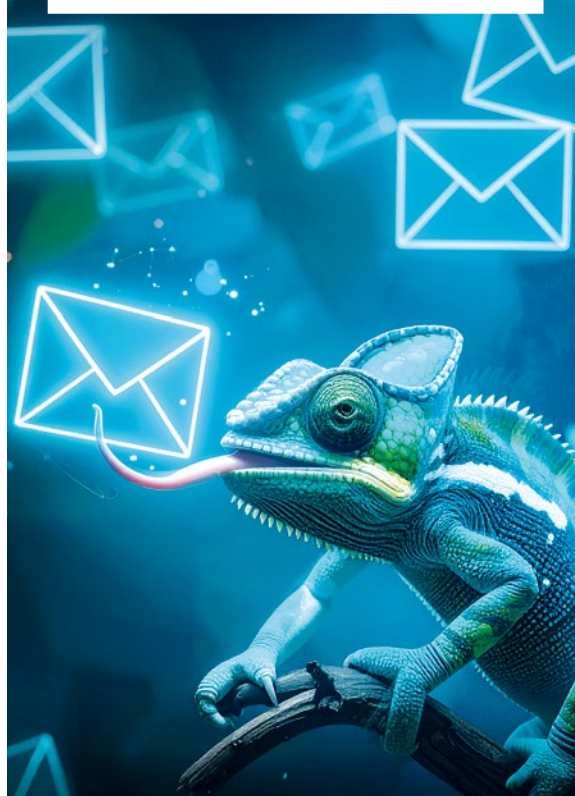
GPAI-Modelle (General Purpose AI), also für verschiedene Aufgaben konzipierte KI-Modelle wie große Sprachmodelle, werden gesondert betrachtet (Art. 3 Nr. 63 KI-VO) und unterliegen zusätzlich noch eigenen Anforderungen. Dazu zählen Informations- und Dokumentationspflichten für Anbieter (Art. 53 KI-VO).

Was auf Unternehmen und Entwicklung zukommt

Anhand der Risikoklassen lässt sich der Aufwand für Unternehmen als „Betreiber“ schon vor der Anwendung abschätzen. Hierzu gibt es zahlreiche Tools zur Ersteinschätzung, wie der „KI-Compliance-Kompass“ der Bundesnetzagentur

AUS DEM
BRANCHENDICKICHT
GESCHNAPPT!

DER NEWSLETTER, DER ZU IHNEN PASST.



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



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

AUTOCAD
MAGAZIN

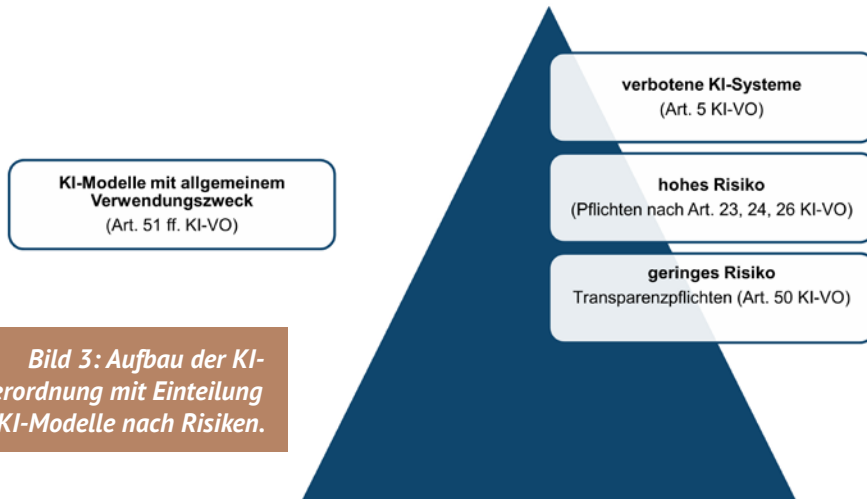
eine Marke vom

**WIN
VERLAG**

weiteren KI-Regularien und -Empfehlungen. Ziel ist es, ein Tool zu entwickeln, mithilfe dessen Unternehmen die Anforderungen aufwandsarm und rechtssicher umsetzen sowie eine individuelle interne KI-Richtlinie erstellen können. Interessierte Unternehmen können sich noch am Projekt beteiligen. *anm* ◀

Die Autorinnen und Autoren: **Denise Wullfen, M. A.** ist am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig und beschäftigt sich mit dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz. **Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Böning** (*1984) ist am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH als Projektingenieur im Bereich Logistik tätig. **Dr.-Ing. Malte Stonis** ist koordinierender Geschäftsführer des IPH. **Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis** ist geschäftsführender Gesellschafter des IPH.

Bild 3: Aufbau der KI-Verordnung mit Einteilung der KI-Modelle nach Risiken.



[Bun25b] oder der „Compliance Checker“ der Europäischen Union [EU25].

Zentral für Unternehmen ist zudem die KI-Kompetenzpflicht nach Art. 4 der KI-VO. Seit Anfang Februar 2025 müssen Anbieter und Betreiber von KI-Systemen über eine ausreichende KI-Kompetenz verfügen. Es werden jedoch keine Standards für die Weiterbildung vorgegeben. Dementsprechend obliegt es den Unternehmen, auf Basis der eingesetzten KI-Systeme ein Schulungskonzept für Mitarbeitende auszuarbeiten. Mithilfe einer unternehmensinternen KI-Richtlinie können Unternehmen ihre Mitarbeitenden schon jetzt unterstützen, KI sicher einzusetzen. Eine solche Richtlinie bietet nicht nur eine Orientierung für den Einsatz von KI, sondern wirkt auch der Bildung sogenannter „Schatten-KI“ [DON24] entgegen. Bei dieser nutzen Mitarbeitende KI-Tools auf privaten Geräten, um mit Unternehmensdaten zu arbeiten. Dies birgt das Risiko, dass Daten das Organisationsumfeld verlassen, an externe Server übermittelt und so die Informationssicherheit gefährden können.

Das Projekt „AI Act Ready“

Die KI-VO bietet Unternehmen eine Grundlage zur sicheren Nutzung von KI im gesamten Betrieb. Das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH forscht gemeinsam mit dem IRI – Institut für Rechtsinformatik der Leibniz Universität Hannover an der aufwandsarmen Umsetzung der KI-Verordnung für produzierende Unternehmen. Das Forschungsvorhaben „Befähigung von produzierenden KMUs zum selbststän-

digen und sicheren Umgang mit dem AI Act und weiteren KI-Regularien (AI Act-Ready)“ untersucht den Umgang von produzierenden KMUs mit dem AI Act und

Literatur:

- [Bar24] Barenkamp, M.: Der AI Act. Wirtschaftsinformatik & Management Magazin, 2024.
- [Bol21] Bolpagni, M. et al.: Artificial Intelligence in the Construction Industry: Adoption, Benefits and Risks. 38th International Conference of CIB W78, Luxemburg, 2021.
- [Bun24] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung: Einheitliche Regeln für Künstliche Intelligenz in der EU. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digitalisierung/kuenstliche-intelligenz/AI-Act-2285944>, 23.05.2024
- [Bun25a] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung: Einheitliche Regeln für Künstliche Intelligenz in der EU. 2025. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/ai-act-2285944>, 06.05.2025.
- [Bun25b] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: KI-Compliance Kompass der Bundesnetzagentur. 2025. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitales/KI/2_Risiko/kompass/start.html
- [But24] Butt, J.: Analytical Study of the World's First EU Artificial Intelligence (AI) Act. International Journal of Research Publication and Reviews, Volume 5, 2024.
- [Can24] Cancela-Outeda, C.: The EU's AI act: A framework for collaborative governance. In. Internet of Things, Volume 27, 2024.
- [DON24] D'Onofrio, S.: Generative Künstliche Intelligenz – die neue Ära der kreativen Maschinen. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Ausgabe 02/2024, 2024.
- [EU25] Europäische Union: AI Act Compliance Checker. 2025. <https://ai-act-service-desk.ec.europa.eu/en/eu-ai-act-compliance-checker>
- [Kil25] Kilian, R. et al.: European AI Standards – Technical Standardisation and Implementation Challenges under the EU AI Act. In: European Journal of Risk Regulation, Cambridge University Press, 2025.
- [Moc24] Mockenhaupt, A. und Schlagenhauf, T.: Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion - Grundlagen und Anwendung. Springer Nature, 2. Auflage, Wiesbaden, 2024.
- [Lie24] Liebl, A. und Klein, T.: Risikoklassifizierung von KI-Anwendungen aus Praxisperspektive. appliedAI Initiative, München, 2024.
- [Tec25] Technologie-Initiative SmartFactory KL e. V.: KI-Verordnung – Praxisbeispiele zur Orientierung für KMU. Kaiserslautern, 2025. <https://digitalzentrum-kaiserslautern.de/wp-content/uploads/2025/10/06-2025-KI-Verordnung-Broschuere-WEB-FINAL.pdf>
- [Ver24] Verch, U.: Anspruchsvolle Regeln für vertrauenswürdige Künstliche Intelligenz. Eine Übersicht zur neuen europäischen KI-Verordnung. Hamburg University Press, Band 5, Nr. 2, 2024.
- [Yad24] Yadav, N. et al.: When Industry meets Trustworthy AI: A Systematic Review of AI for Industry 5.0. In: International Journal of Advanced Research in Science Communication and Technology, 2024.

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

Anlagenbau & Verfahrenstechnik

Die Kernkompetenz der Contelos GmbH...



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

Contelos GmbH

Robert-Bosch-Str. 16, 30989 Gehrden

Tel.: 0 51 08 / 92 94-0, Fax: 0 51 08 / 92 94-0

E-Mail: info@contelos.de

Internet: www.contelos.de

Antriebstechnik

WENN ES UM KUPPLUNGEN GEHT, DENKEN WIR EXTREM FLEXIBEL



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

JAKOB Antriebstechnik GmbH

Daimler Ring 42, 63839 Kleinwallstadt

Tel.: +49 (0) 6022 2208 0, Fax: +49 (0) 6022 2208 22

E-Mail: info@jakobantriebstechnik.de

Internet: www.jakobantriebstechnik.de

Antriebstechnik

Wir treiben Ideen an - ABM Greiffenberger Antriebstechnik



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

ABM Greiffenberger Antriebstechnik GmbH

Friedenfelser Straße 24, 95615 Marktredwitz

Tel.: +49 9231 67-0, Fax: +49 9231 67-5145

E-Mail: info@abm-antriebe.de

Internet: www.abm-antriebe.de

Antriebstechnik

Schweizer Spezialist für Qualitätsantriebe



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

maxon motor gmbh

Truderinger Straße 210

81825 München

E-Mail: info.de@maxongroup.com

Internet: www.maxongroup.de

Antriebstechnik

Experte für Antriebs- und Automatisierungstechnik



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

Baumüller Nürnberg GmbH

Ostendstraße 80-90, 90482 Nürnberg

Tel.: 0911/5432-0, Fax: 0911/5432-130

E-Mail: mail@baumueller.com

Internet: www.baumueller.com

Antriebstechnik

Der smarte Weg zum perfekten Getriebe



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

Neugart GmbH

Keltenstraße 16, 77971 Kippenheim

Tel.: 07825 847 0, Fax: 07825 847 299

E-Mail: sales@neugart.com

Internet: www.neugart.com

Antriebstechnik

Antriebstechnik made in Kelheim



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

Heidrive GmbH

Starenstraße 23, 93309 Kelheim

Tel.: 0 94 41 / 707-0, Fax: 0 94 41 / 707-257

E-Mail: info@heidrive.de

Internet: www.heidrive.com

Antriebstechnik

Rollon – Modulare Linear-technik für Ihre Automation



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

Rollon GmbH Lineartechnik

Bonner Straße 317-319, D-40589 Düsseldorf

Tel.: +49 (0) 211 95 747 -0, Fax: +49 (0) 211 95 747 -100

E-Mail: info@rollon.de

Internet: www.rollon.com

Wir machen Ihre Antriebe
komfortabel und zuverlässig



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

SGF GmbH & Co.KG

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

Hersteller von Wälzlagern
und Spindeleinheiten



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

Spindel- und Lagerungstechnik Fraureuth GmbH

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

Linear- und Torquemotoren
die bewegen



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

Tecnotion GmbH

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

Die Kernkompetenz der
Contelos GmbH



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

Contelos GmbH

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

Digitalisieren und automatisieren
Sie Ihre Prozesse mit DREICAD.



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

DREICAD GmbH

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

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



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

CONEC Elektronische Bauelemente GmbH

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

ENABLING THE WORLD'S IDEAS®



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

Digi-Key Electronics Germany GmbH

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

Wir sind Anbieter von
Spezialkabelösungen



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

kabeltronik Arthur Volland GmbH

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

Kontakttechnologien
für höchste Ansprüche.



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

ODU GmbH & Co. KG

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

Die Kernkompetenz der

Contelos GmbH



liegt in der integrativen Bearbeitung der Projekte. Kompetente Beratung mit der Erfahrung aus 18 Jahren im 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.deInternet: www.contelos.deHersteller pneumatischer
Handhabungsmodule
im Baukastensystem

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

Friedemann Wagner GmbH Handhabungstechnik

Robert-Bosch-Str. 5, 78559 Gosheim

Tel.: +49 7426 949 000, Fax: +49 7426 949 009

E-Mail: info@wagnerautomation.deInternet: www.wagnerautomation.deDesign & engineering
simulation solutions

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

MSC Software GmbH

Am Moosfeld 13, 81829 München

Tel.: +49 89 21093224

E-Mail: info.de@mscsoftware.comInternet: www.mscsoftware.com/de

Messtechnik & Sensorik



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

Althen GmbH Mess- & Sensortechnik

Dieselstraße 2, 65779 Kelkheim

Tel.: +49 6195 7006 0, Fax: +49 6195 7006 66

E-Mail: info@althen.deInternet: www.althen.deModularer Baukasten
für die Fabrikautomation

Die mk Technology Group ist einer der führenden Anbieter von Profil- und Fördertechnik. Auf Basis des eigenen Aluminium-Profilsystems bietet die mk Group ein umfangreiches modulares Baukastensystem für den Maschinenbau und die Fabrikautomation.

Maschinenbau Kitz GmbH

Ampèrestraße 18, 53844 Troisdorf

Tel.: +49 228 45 98 0, Fax: +49 228 45 31 45

E-Mail: info@mk-group.comInternet: www.mk-group.comEffektive 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.deInternet: 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.deInternet: www.contelos.deInnovative 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.deInternet: www.jetpress.com/deDigitalisieren 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.deInternet: www.dreicad.deDresselhaus - Ihr Mehrwertpartner
im C-Teile Management

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

Joseph Dresselhaus GmbH & Co. KG

Zeppelinstraße 13, 32051 Herford

Tel.: +49 5221 932-0, Fax +49 5221 932-400

E-Mail: vertrieb@dresselhaus.deInternet: www.dresselhaus.de



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

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



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

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



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

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



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

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



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

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



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

CAD/CAM Lösungen für die Fertigung
Vero Software ist weltweit führender Anbieter von CAD/CAM-Lösungen. Vero entwickelt und vertreibt Software-Lösungen zur Unterstützung von Entwicklungs- und Fertigungsprozessen, speziell für den Werkzeug-, Formen- und Modellbau, die Metallbearbeitung sowie für die Verarbeitung von Stein und Holz. Zu den weltweit renommierten Marken des Unternehmens gehören unter anderem Alphacam, 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

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

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

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

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



FX64 Software Solutions
Schiller Straße 13
D-95659 Arzberg
Tel.: +49 9233 716 137
Fax +49 9233 716 138
E-Mail: info@fx64.de
Web: www.fx64.de

FX64 Software Solutions

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



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

A-Ganz Österreich



WIFI Österreich

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

• • • • •

A + 30000



CAD+T Solutions GmbH

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

• • • • •

00000



BCS CAD + INFORMATION TECHNOLOGIES GmbH BIM SERVICE-CENTER

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

• • • • •

10000



PC-COLLEGE Training GmbH

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

• • • • •

30000



Contelos GmbH

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

• • • • •

Schulungsanbieter

AUTODESK Authorized Training Center

80000



DREICAD GmbH

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

• • • • •

80000



Mensch & Maschine Akademie

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

• • • • •

Unabhängige CAD-Schulungs-Anbieter

20000



ELBCAMPUS Kompetenzzentrum

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

• • • • •

Programmierschulungen

D/A/CH



FX64 Software Solutions

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

• • • • •

AUTOCAD Magazin 02/26



Bild: canva.com / sompong_tom

BRANCHE

Maschinenbau

Die digitale Transformation treibt die Industrie 4.0 voran, mit IoT-vernetzten Anlagen, KI-gestützter Automatisierung und digitalen Zwillingen zur Optimierung von Entwicklung, Produktion und Wartung. Wie der Maschinenbau davon profitiert.

DIGITALE FABRIK

Smart Factory

Mit Industrial IoT, Cloud- und Edge-Technologien, die Maschinen, Sensoren und Software vernetzen, werden Fabriken digital und smart. Auf dem Weg dorthin sind jedoch einige Hürden zu meistern.

KONSTRUKTIONSBAUTEILE

Antriebstechnik

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit rücken in den Fokus der Produktentwicklung – von effizienten Motoren über Energiemonitoring bis zur Verringerung der CO₂-Bilanz. Worauf es bei der Entwicklung entsprechender Lösungen ankommt, erfahren Sie in unserem Schwerpunkt.

Weitere Themen:

SZENE: Hannover Messe 2026

PRODUKTENTWICKLUNG: CPQ und Produktkonfiguration

ARCHITEKTUR & BAUWESEN: BIM in der Infrastrukturplanung

Das nächste Heft erscheint am 25.03.2026

Impressum

Herausgeber und Geschäftsführer:
Matthias Bauer, Dennis Hirthammer

AUTOCAD MAGAZIN im Internet:
www.autocad-magazin.de

So erreichen Sie die Redaktion:
Chefredakteur: Andreas Müller (v.i.S.d.P.)
(andreas.mueller@win-verlag.de, Tel. 089/3866617-11)
Redaktion: Regine Appenzeller
(regine.appenzeller@win-verlag.de, Tel. 089/3866617-17)

Autoren dieser Ausgabe:
Christian Bönig, Jörn Bosse, Thomas Elbracht, Marcel Hassenewert, Matthias Herrmann, Markus Hoffmann, Andreas Kraus, Thomas Krüger, Lynn Manning, Silke Molch, Wilfried Nelkel, Peter Nyhuis, Gerhard Rampf, Felicitas Ribbrock, Moritz Schmitt, Patrick Schulze, Malte Stonis, Kai Wähler, Denise Wulffen

So erreichen Sie die Anzeigenabteilung:

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

Mediaberatung:
Tilman Huber
(tilman.huber@win-verlag.de, Tel.: 089/3866617-26)
Manuela Gries
(manuela.gries@win-verlag.de, Tel.: 089/3866617-25)

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

Abonnentenservice und Vertrieb
Tel: +49 89 3866617 46
www.autocad-magazin.de/hilfe
oder eMail an abovetrieb@win-verlag.de mit Betreff „AutoCAD Magazin“.
Gerne mit Angabe Ihrer Kundennummer vom Adressetikett

Bildnachweise:
shutterstock.com, Adobe Stock, Werkfotos

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

Layout: Design-Concept, Viktoria Horvath

Druck:
Vogel Druck und Medienservice GmbH
Leibnizstraße 5
97204 Höchberg

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



Anschrift Anzeigen, Vertrieb und alle Verantwortlichen:
WIN-Verlag GmbH & Co. KG,
Chiemgaustraße 148
81549 München, Tel.: 089/3866617-0

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

Zentrale Anlaufstelle für Fragen zur Produktsicherheit

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

Bezugspreise:
Einzelverkaufspreis: 14,80 Euro in D, A, CH und 17,00 Euro in den weiteren EU-Ländern inkl. Porto und MwSt.
Jahresabonnement (8 Ausgaben): 118,40 Euro in D, A, CH und 136,00 Euro in den weiteren EU-Ländern inkl. Porto und MwSt.
Vorzugspreis für Studenten, Schüler, Auszubildende und Wehrdienstleistende gegen Vorlage eines Nachweises auf Anfrage.
Bezugspreise außerhalb der EU auf Anfrage.
39. 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 © 2026 für alle Beiträge bei der WIN-Verlag GmbH & Co. KG. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fallen insbesondere der Nachdruck, die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM und allen anderen elektronischen Datenträgern.

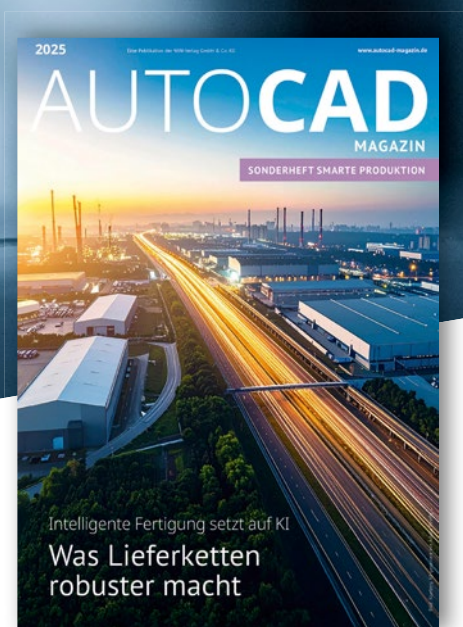
Ausgabe: 01/2026 (ET: 10.02.2026)



ISSN 2191-7914
Unsere Papiere sind PEFC zertifiziert
Wir drucken mit mineralölfreien Druckfarben

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

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



Hier geht's zur aktuellen Ausgabe



Die nächste Ausgabe

Sonderheft Smarte Produktion

erscheint am 30. Oktober 2026

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

HANNOVER MESSE 2026

THINK TECH FORWARD

Der globale Treffpunkt für industrielle Transformation – wo Innovation auf Verantwortung trifft, Menschen und Märkte zusammenkommen und die Produktion von morgen gestalten.

20. – 24. April 2026 ■ Hannover, Germany
hannovermesse.de



BRASIL
READY FOR THE INDUSTRY OF TOMORROW
PARTNER COUNTRY 2026

