

# DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN

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

Bild: © Xiaoliangge/stock.adobe.com

SMARTE KOMPONENTEN FÜR KONSTRUKTEURE

## Automatisierung mit Intelligenz

### DATENBASIERTE ZUSAMMENARBEIT

Mit ECAD-MCAD-Kollaboration  
Entwicklungszeiten verkürzen

### PRODUKTKOSTEN: SPAREN AS A SERVICE

Komfortable Bauteilkalkulation  
über Online-Plattform

### SAFETY AUF DEN PUNKT GEBRACHT

IO-Link Safety für eine flexible  
und einfache Konnektivität



Bild: ZappPhoto@shutterstock.com



Hier geht's zur aktuellen Ausgabe



Die nächste Ausgabe

# Sonderheft Antriebstechnik

erscheint am 27. Oktober 2026

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

# SO WIRD AUTOMATISIERUNG SMART

**Liebe Leserinnen und Leser,**

intelligente Automatisierungslösungen verändern die Art und Weise, wie wir Maschinen entwickeln. Für Konstrukteure, Ingenieure und Produktentwickler eröffnet sich damit ein breiter Gestaltungsspielraum – allerdings auch die anspruchsvolle Aufgabe, neue Technologien sinnvoll zu integrieren. Hilfreich dabei ist der digitale Zwilling, der vom reinen Simulationsmodell immer mehr zum zentralen Enabler durchgängiger Entwicklungs-, Test- und Serviceprozesse wird. Ein Digital Twin verbindet Mechanik, Elektronik und Software zu einem digitalen Gesamtsystem, das Varianten schneller bewertbar macht und Risiken deutlich reduziert.



**RAINER TRUMMER**  
Chefredakteur

Ein wichtiger Aspekt bei der smarten Automatisierung sind modulare Systemarchitekturen. Automatisierungssysteme müssen heute flexibel und skalierbar sein. Parallel dazu gewinnen Low Code- und No Code-Plattformen zunehmend an Bedeutung. Diese vereinfachen die Softwareentwicklung und ermöglichen es auch weniger spezialisierten Fachkräften, an der Entwicklung von intelligenten Automatisierungslösungen mitzuwirken. Der Aufwand für die Implementierung und Anpassung von Systemen wird so deutlich reduziert, was einer schnelleren Markteinführung dienlich ist.

Mit dieser technologischen Entwicklung gehen neue Geschäftsmodelle einher: Pay-per-Use oder digitale Erweiterungen von Maschinen rücken in den Fokus. Der Wert einer Anlage bemisst sich zunehmend an ihrer Fähigkeit, Daten nutzbar zu machen.

Mehr zum Thema intelligente Automatisierung finden Sie in unserem Schwerpunkt auf den Seiten 24 bis 43. In zahlreichen Fachbeiträgen wird das Thema aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet. So auch im Anwenderbericht auf den Seiten 28 bis 31. Hier erfahren Sie, wie smarte Automatisierungstechnik, ein digitaler Zwilling und Low-Code-Programmierung zu einer leistungsfähigen Bahnwaschanlage führt.

Viel Spaß beim Lesen!



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



## 16

### DIGITALE FABRIK ALS TEIL DER GANZHEITLICHEN DIGITALISIERUNG

Lange Zeit war das Projekt „Digitale Fabrik“ überwiegend großen Konzernen vorbehalten, die die nötigen Kapazitäten und Ressourcen aufwenden konnten. Mittlerweile haben sich Technologien sowie der Zugang zu Softwareangeboten gewandelt – Stichwort Cloud –, sodass auch Mittelständlern die Möglichkeiten der digitalen Fabrik offenstehen.

Bild: Dassault Systèmes



## 18

### BAUTEILKALKULATION: SPAREN AS A SERVICE

Wenn sich die Konjunktur langsamer dreht, Märkte schrumpfen und der Absatz stockt, suchen Anbieter wie Abnehmer der Metallbearbeitung nach Einsparpotenzialen. Auf der Kalkulationsplattform Costing24.com von Simus Systems werden sie in wenigen Minuten fündig.

Bild: Simus Systems

## 26

### SMARTE AUTOMATISIERUNG

Die industrielle Automatisierung steht im Zentrum der digitalen Transformation. Smarte Automatisierungslösungen sind der Schlüssel, um Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit in der Produktion zu steigern. Künstliche Intelligenz (KI) und modulare Softwarearchitekturen ermöglichen neue Geschäftsmodelle und verkürzen die Zeit bis zur Markteinführung.

Bild: Lenze



#### REDAKTIONELL ERWÄHNT INSTITUTIONEN, ANBIETER UND VERANSTALTER

Aerotech S. 6, Baumer S. 38, Baumüller S. 42, Bihl+Wiedemann S. 34, d.u.h. Group S. 6, Dassault Systèmes S. 16, Endress+Hauser S. 40, Fagor S. 20, Fraunhofer IWU S. 6, GNS Systems S. 54, Helukabel S. 46, Igus S. 44, Intelizign S. 6, Lenze S. 26, Maddox AI S. 56, Mitsubishi Electric S. 28, ModuleWorks S. 7, Open Mind S. 10, Pilz S. 32, Precisely S. 58, PTC S. 52, Revalize S. 22, RS Components S. 50, Siemens Digital Industries Software S. 14, Simus Systems S. 18, Stabilus S. 24, Tsubaki Kabelschlepp S. 48, Var Group S. 12, Weidmüller S. 36, Wittenstein S. 6



## AKTUELL

## 6 Märkte &amp; Trends

Neue Produkte und News  
aus den Unternehmen

## CAD &amp; DESIGN

7 Eine Reise in die Geschichte  
der CAM-Simulation

So haben sich Simulationstechnologien  
seit ihren Anfängen 1997 entwickelt

10 Mehr Transparenz  
in der Werkzeugverwaltung

Hummingbird-MES von Open Mind  
im Einsatz beim Zerspaner Labo

12 Mit ECAD-MCAD-Kollaboration  
Entwicklungszeiten verkürzen

Datenbasierte Zusammenarbeit  
über Disziplinen hinweg

## SIMULATION &amp; VISUALISIERUNG

14 Basis für Closed Loop  
Manufacturing

Durchgängige digitale Prozesskette  
mit Siemens NX und Tecnomatix

## 16 Verstehen, vernetzen, verbessern

Digitale Fabrik als Teil der ganzheitlichen  
Digitalisierung

PRODUKTKOSTENKALKULATION  
IM FOKUS

## 18 Sparen as a Service

Bauteilkalkulation über Online-Plattform

20 Von der Konstruktion  
bis zur Kalkulation

Wie PLM-EPC-Integration Produktkosten  
steuerbar macht

## PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT

22 Geopolitische Disruption  
überstehen

Strategischer Leitfaden  
für Fertigungsunternehmen

SPECIAL  
SMARTE AUTOMATISIERUNG

## 24 Top-Komponenten aus einer Hand

Stabilus: Kollaboration für Innovation  
im automatisierten Handling

26 Smarte Antriebstechnik –  
smarte Automatisierung

Lenze unterstützt Unternehmen mit intelligenten  
Antriebssystemen und Engineering-Tools

28 Simulation ersetzt  
den langen Testlauf

Bahnwaschanlage mit Digital Twin,  
Low-Code und präziser Automatisierung

## 32 Safety auf den Punkt gebracht

IO-Link Safety für eine flexible und einfache  
Konnektivität

34 ASi und Io-link  
für Schleifmaschinen

Einfach. Kompakt. IO-Link-ready.

## 36 Vom Gewächshaus in die Cloud

Datenüberwachung mit Sensoren  
und Single Pair Ethernet

38 Wann sind optische Sensoren  
die erste Wahl?

Stärken von Laserdistanz- und  
Time-of-Flight-Sensoren

40 Der neue Standard  
für Prozessautomatisierung

Ethernet-APL

## 42 Der Servoantrieb wird smart

Wie intelligente Servoantriebe  
Produktionsprozesse optimieren

## ELEKTROTECHNIK &amp; AUTOMATION

44 Chainflex: Ein Klassiker  
agiert im Hintergrund

Energiekettenleitungen von Igus sind flexible  
und sichere Begleiter der Bewegung

## 46 Mehr Ausdauer in der Kette

So halten Leitungen in Energieführungssystemen  
länger durch

## 48 Der Grizzly stand Pate

Neue Hochleistungsenergiekette TKHP  
von Tsubaki Kabelschlepp

## MANAGEMENT

50 Outsourcing für mehr Ethik  
und Nachhaltigkeit

Beschaffungsdienstleister sorgen für mehr  
Nachhaltigkeit in der Instandhaltungslieferkette

52 Die Zukunft der agilen  
Fahrzeugentwicklung

Vom V-Modell zu MBSE

54 60-Grad-Sicht auf virtuelle  
Produktentwicklung

Graphdatenbanken | KI & Datenintegration

## 56 Machine Vision auf neuen Pfaden

KI-basierte Bildverarbeitung

58 So gelingt die digitale  
Transformation

Automatisierung und Datenintegrität

## 3 EDITORIAL

## 60 MARKTPLATZ

## 62 IMPRESSUM

## 62 VORSCHAU

Wittenstein

## AUSGEZEICHNET

Für seinen „Digitalen Zwilling entlang der Customer Journey“ wurde Wittenstein beim Event „Startup the Future“ der Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg in der Kategorie „Excellence“ prämiert.

Die Preisverleihung würdigt herausragende Innovationen, die die digitale Transformation in der Industrie maßgeblich vorantreiben. Die Lösung „Digitaler Zwilling entlang der Customer Journey“ beweist nicht nur technologische Exzellenz, sondern hat auch das Potenzial, die Interaktion zwischen Unternehmen und Kunden nachhaltig zu verändern. Eine Delegation rund um Dr. Bertram Hoffmann, Vorstandsvorsitzender der Wittenstein SE, nahm den Preis entgegen.

„Diese Auszeichnung ist eine großartige Bestätigung für die Innovationskraft unseres Teams und unserer Partner“, sagte Dr. Bertram Hoffmann. „Was wir gemeinsam erreicht haben, ist das Ergebnis echter Zusammenarbeit, gegenseitigem Vertrauen und dem Engagement vieler Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Fachbereichen und Projekten. Ohne dieses starke Miteinander wäre unser Vorhaben nicht realisierbar gewesen. Digitalisierung bedeutet für uns nicht nur Technologie, sondern vor allem eine Chance zur nachhaltigen Optimierung.“



Die Delegation rund um Dr. Bertram Hoffmann, Vorstandsvorsitzender der Wittenstein SE (5.v.re.), zusammen mit der Wirtschaftsministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut (4.v.re.).

Bild: Allianz Industrie 4.0/Ludmilla Parsyok

d.u.h.Group und Intelizign

## STRATEGISCHE PARTNERSCHAFT

Die d.u.h.Group und Intelizign Engineering Services haben eine exklusive strategische Partnerschaft geschlossen, um die Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen in der DACH-Region durch die Zusammenarbeit bei der Implementierung von Product Lifecycle Management (PLM) auf Basis der Siemens-Software Teamcenter gezielt zu stärken. Die Kombination aus Industrieexpertise und technologischem Know-how der d.u.h.Group kombiniert mit umfassender Umsetzungskompetenz der Intelizign macht die beiden Unternehmen zu einem starken Partner der produzierenden Industrie bei der Sicherung ihres Markterfolgs durch die effektive Nutzung ihrer Produkt- und Fertigungsdaten. Industrieunternehmen stehen unter starkem Druck, Entwicklungszeiten zu verkürzen, Kosten zu senken und dennoch höchste Qualitätsstandards zu erfüllen. Die Partnerschaft zwischen den beiden Unternehmen adressiert genau diese Herausforderungen: Sie vereint deutsche Engineering- und Digitalisierungskompetenz mit Umsetzungskraft, um Produktentwicklungs- und Fertigungskosten von Produkten durch den Einsatz der PLM-Software Teamcenter von Siemens erheblich zu senken.



Die d.u.h.Group und Intelizign unterstützen produzierende Unternehmen bei der effektiven Nutzung ihrer Produkt- und Fertigungsdaten. Bild: d.u.h.Group

Aerotech

## FÜR PRÄZISE HEXAPOD-BEWEGUNGEN

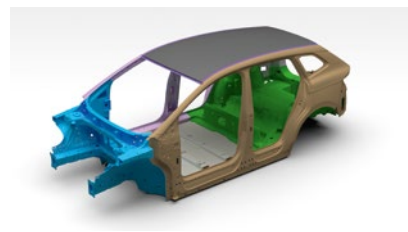
Aerotech, Hersteller von Motion-Control- und Automatisierungssysteme, erweitert seine Automation1-Plattform um die Hexapod-Modelle Automation1-HXA4 und Automation1-iHXA4. Die kompakten Geräte ermöglichen die vollständige Integration sechssachsiger Bewegungssysteme in bestehende Steuerungsumgebungen. Dadurch lassen sich Hexapod-Anwendungen einfacher konfigurieren und Bewegungen mit anderen Bewegungsachsen, die denselben Controller verwenden, leichter koordinieren. Die HXA4- und iHXA4-Antriebe sind für die zweite Generation der Aerotech-Hexapod-Familie ausgelegt, zu der unter anderem das Modell HEX150-125HL gehört. Sie kombinieren präzise Positionsregelung mit integrierten Sicherheits- und Diagnosefunktionen.



Die HXA4- und iHXA4-Antriebe von Aerotech kombinieren Motion Controller und Antrieb in einem kompakten Gehäuse. Sie ermöglichen die präzise Steuerung von Hexapod-Systemen in Automation1. Bild: Aerotech

Fraunhofer IWU

## DIGITALISIERUNG ALS ENABLER



Modulare Karosserie, unterteilt für eine verbesserte Kreislaufwirtschaft.

Bild: EDAG

Unter Leitung des Fraunhofer IWU arbeiten 28 Partner aus Wissenschaft und Industrie daran, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Elektrofahrzeugen um mindestens 25 Prozent zu senken und den Anteil wiederverwendeter Materialien deutlich zu steigern. Nach anderthalb Jahren kann das europäische Forschungsprojekt ZEvRA (Zero Emission electric Vehicles enabled by haRmonised circularity) bereits eine positive Zwischenbilanz ziehen.

Digitale Werkzeuge treiben die Entwicklung zirkulärer Fahrzeugkonzepte entscheidend voran. Ein weiteres, KI-basiertes und als Prototyp bereits verfügbares Simulationswerkzeug namens „Circular-DESIGNer“ erlaubt es Konstrukteurinnen und Konstrukteuren, Nachhaltigkeitsstrategien bereits während der Entwicklungsphase zu bewerten und das Design gezielt zu verbessern. Design for Circular Economy bedeutet, die Kreislauffähigkeit eines Produktes, also die Weiter- und Wiederverwendung oder Weiterverarbeitung von Systemen und Komponenten von Anfang an mitzudenken. Bei ZEvRA bilden virtuelle Zwillinge für Aluminium, Kunststoffe und Verbundwerkstoffe komplette Materialkreisläufe digital ab. Darüber hinaus wurde eine Architektur für den Digitalen Produktpass (DPP) entworfen, mit dem sich künftig Materialien und Bauteile über ihren gesamten Lebenszyklus nachvollziehen lassen.



# EINE REISE IN DIE GESCHICHTE DER CAM-SIMULATION

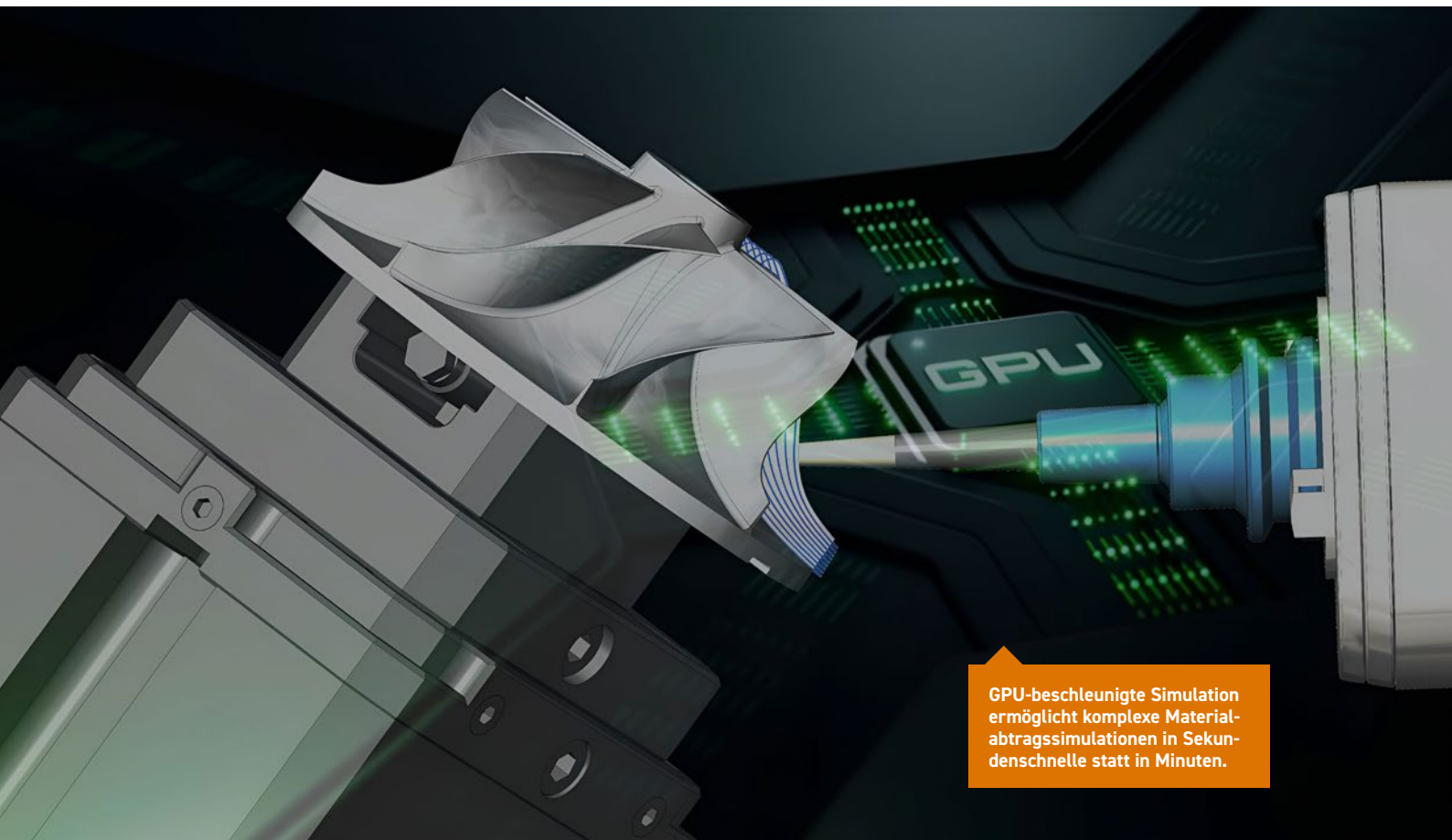
In der computergestützten Fertigung (CAM) hat sich die Simulationstechnologie von einem Luxus zu einem Bestandteil des Fertigungsprozesses entwickelt. Doch drei Fragen tauchen immer wieder auf: Ist die Simulation von Werkzeugwegen ein Muss oder ein Extra? Welche Fähigkeiten können von moderner CAM-Software erwartet werden? Und wie geht es weiter?

» VON DR. YAVUZ MURTEZAOGU

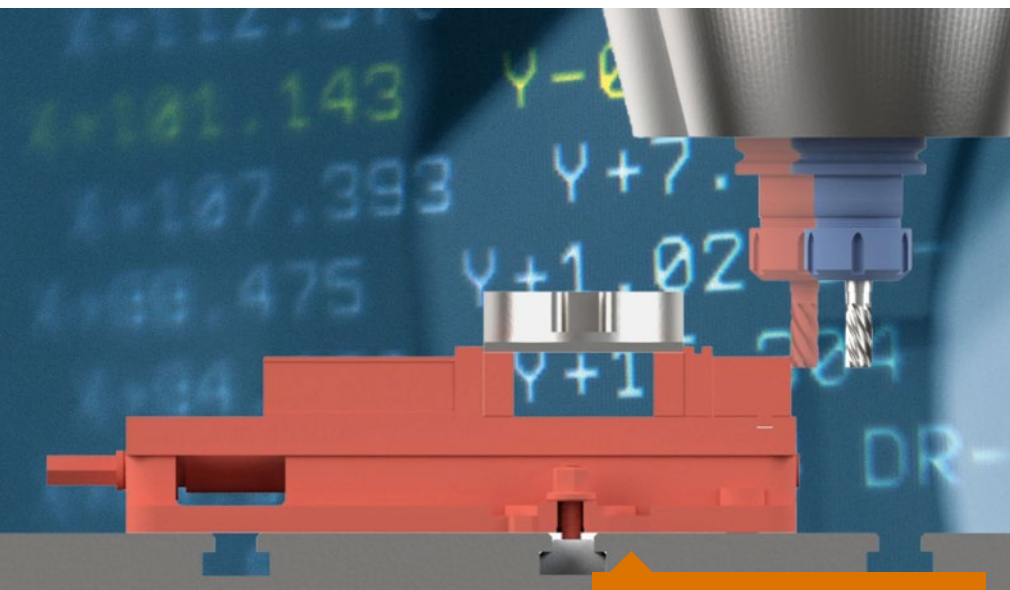
**U**m die Fragen nach Bedeutung, Fähigkeiten und künftigen Entwicklungen bei der CAM-Simulation zu beantworten, kann ein Blick in ihre Geschichte helfen – angefangen bei ihren frühen, rudimentären Formen bis zu den heutigen, hochentwickelten Lösungen. Alles begann im Jahr 1997, als 3D-CAM noch sehr neu war. Die damals größte Herausforderung bestand darin, Fertigungsunternehmen über die Notwendigkeit von CAM-Software, Postprozessoren und Datenimportfunktionen aus verschiedenen CAM-Systemen zu informieren und von ihrem Gebrauch zu überzeugen. Die 5-Achs-Bearbeitung war ein noch kleinerer

**1997 WAR DIE 5-ACHS-BEARBEITUNG NOCH EIN KLEINER NISCHENBEREICH.**

Nischenbereich, und Fachleute verwendeten den Begriff „Echte 5-Achs-Bearbeitung“, um die kontinuierliche Bewegung aller fünf Achsen gleichzeitig zu beschreiben. Die Mehrheit der Kundinnen und Kunden führte das durch, was man als „indizierte“ oder „3+2-Achs-Bearbeitung“ bezeichnete, bei der die Bearbeitungsrichtung für jeden Werkzeugwegvorgang festgelegt blieb. Während dieser Zeit begannen Werkzeugmaschinenhersteller in Deutschland zunehmend, 5-Achs-CNC-Maschinen auf den Markt zu bringen. Gleichzeitig begannen Steuerungshersteller ihre Fähigkeiten zu erweitern, um diese fortschrittlichen Maschinen zu unterstützen.



GPU-beschleunigte Simulation ermöglicht komplexe Materialabtragssimulationen in Sekundenschnelle statt in Minuten.



Das Collision Avoidance System (CAS).

## Über den Backplot hinaus: Die Revolution der Maschinenkinematik

Daraufhin hat man begonnen, 5-Achs-Werkzeugwegalgorithmen zu entwickeln, um die Einschränkungen der CAM-Software zu überwinden und Kunden die Bearbeitung komplexer Formen in verschiedenen Branchen zu ermöglichen. Die Überprüfung, ob ein Werkzeugweg sicher war, stellte jedoch erhebliche Herausforderungen dar. Die in CAM-Software integrierte Simulation verwendete Backplot-Technologie, um die Werkzeugspitze als eine Reihe von Linien darzustellen – effektiv für 2D- oder 3-Achs-Bearbeitung, aber unzureichend für die 5-Achs-Bearbeitung, bei der die Werkzeugspitze ihre Position auf der Linie beibehalten konnte, während sich das Werkzeug selbst neigte.

## FRÜHER STELLTEN MASCHINENKOLLISIONEN DAS GRÖSSTE RISIKO DAR.

Mit der Lösung tauchte allerdings ein Problem auf: Die in diese Systeme integrierte Simulation des Materialabtrags zeigte zwar, wie Teile aus dem Rohmaterial erstellt wurden, konnte jedoch potenzielle Kollisionen nicht erkennen, wenn alle Maschinenkomponenten in Bewegung waren. Es gab zwar eigenständige Simulationssoftware, die aber eine separate Lizenzierung, Installation und erhebliche Geduld erforderte, um die einzelnen Ergebnisse zu überprüfen. Somit stellten Maschinenkollisionen das größte Risiko dar.

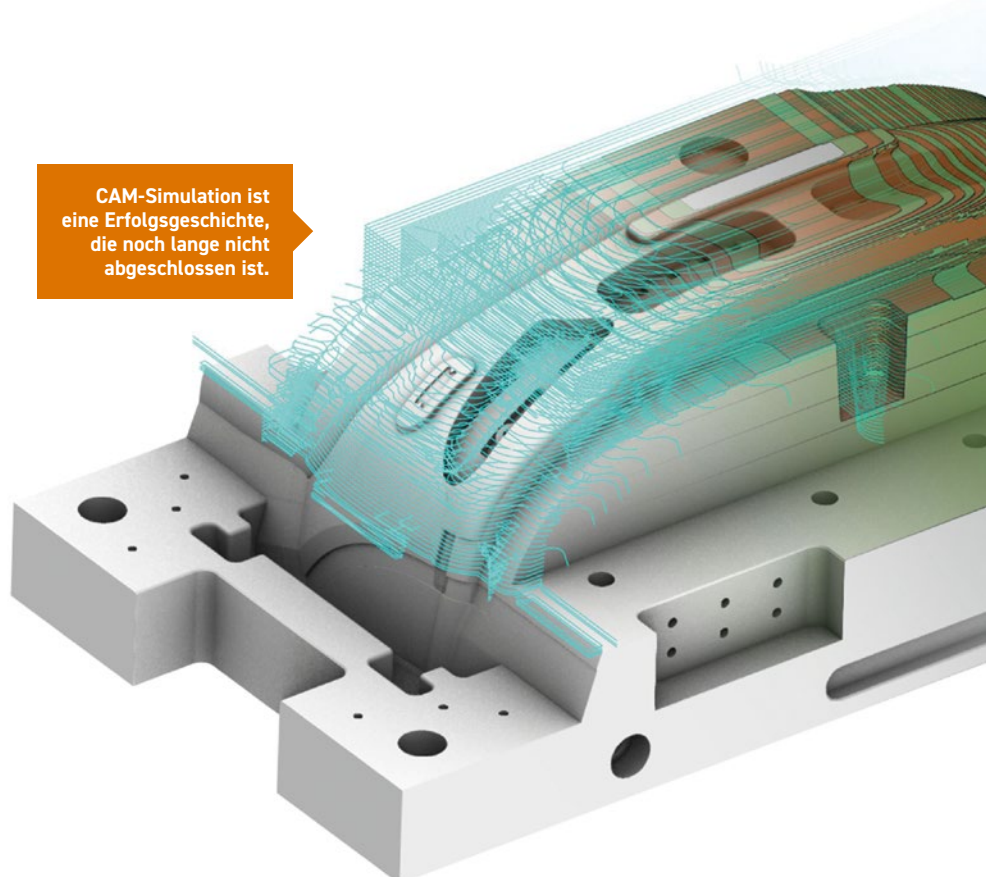
Die Annäherung an eine Lösung bestand darin, die vollständige Maschinenkinematik zu simulieren. Angesichts der Komplexität der Maschinengeometrie lag der Fokus darauf, sie zu vereinfachen, indem nur kritische Komponenten wie Tisch, Werkstückhalterung und Spindel berücksichtigt und das Gehäuse und andere weniger kritische Details außer Acht gelassen wurden.

Dann entdeckte man, dass sich das für Spiele entwickelte OpenGL dazu eignete,

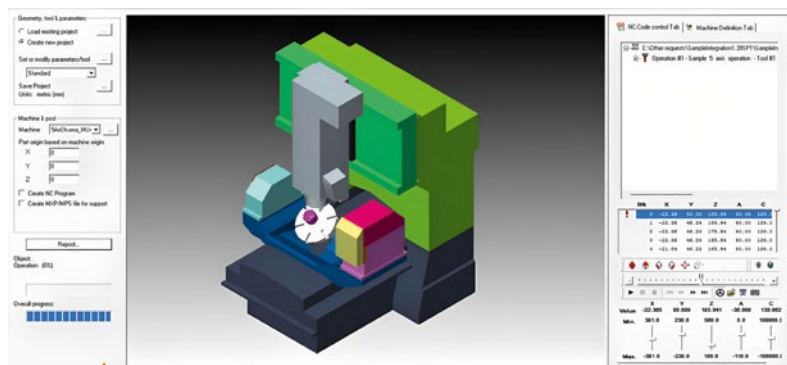
flüssige Animationen von Maschinenbewegungen für jeden 5-Achs-Werkzeugweg zu erstellen. Die Herausforderung bestand darin, CAM-Software-Werkzeugwege in Maschinenbewegung umzuwandeln. Die Lösung lag im Postprozessor: Dessen Aufgabe ist es, den Werkzeugweg für das Teil in Maschinenkinematik umzuwandeln und mathematisch den Werkzeugachsenvektor im Werkstückkoordinatensystem in Drehachsenwerte für die spezifische Maschine umzurechnen.

Da 5-Achs-Postprozessoren selten waren, machte sich ModuleWorks daran, eine eigene Postprozessor-Technologie zu entwickeln. Der Postprozessor-Entwickler lieferte die kinematische Lösung, die mit einer OpenGL-Engine verbunden werden konnte. Das Ergebnis war eine bemerkenswert schnelle Simulation von Werkzeugwegen für jede 5-Achs-CNC-Maschine. Das System konnte anfangs jedoch keine Kollisionen voraussagen. Es wurde als „Visuelle Kollisionsprüfung“ bezeichnet, weil die Benutzer – ähnlich wie beim Backplotting – den Werkzeugweg manuell inspizierten. Bediener konnten die Simulation ausführen, die Ansicht mit der Maus drehen und visuell feststellen, ob Kollisionen auftreten würden. Doch mit zunehmend leistungsfähiger Computer-Hardware kam die Frage: Warum nicht eine tatsächliche statt nur visuelle Kollisionsprüfung implementieren? Dies

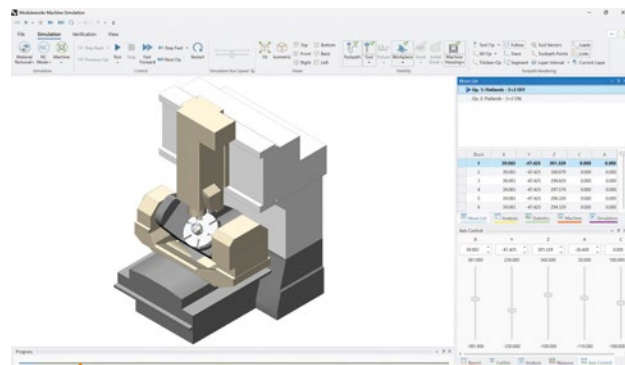
CAM-Simulation ist eine Erfolgsgeschichte, die noch lange nicht abgeschlossen ist.







Die erste Version der ModuleWorks-Maschinensimulation im Jahr 2006



Die aktuellste Version der Maschinensimulation 2025. Bilder: ModuleWorks

fürte zur Erkundung weiterer Gaming-Technologien, und mit einem großen Entwicklungsaufwand erfolgte die Anpassung an die industrielle Anwendung. Die so entwickelte vollständige Kollisionsprüfung ist auch als „Clash Detection“ bekannt.

Diese Simulation konnte zwar gewährleisten, dass das Werkstück nicht durch das Werkzeug beschädigt und keine Maschinenkollisionen auftreten würden, doch es fehlte die Simulation des Materialabtrags. Das heißt: Unerwartete Schnitte in unbearbeitetes Material blieben unentdeckt, wie etwa eine schnelle Bewegung, die das Material durchquert. Dementsprechend war der nächste logische Entwicklungsschritt die

Verbesserung der vollständig integrierten Simulation des Materialabtrags innerhalb des Maschinensimulators.

### Präventive Intelligenz: Kollisionsvermeidung in Echtzeit

Mit der Etablierung dieser Simulationstechnologie schien die Geschichte abgeschlossen. Doch das war sie nicht. Denn 2015 kam die Frage auf, wie die Simulationsengine auf einem Industrie-PC neben der CNC-Steuerung ausgeführt werden kann, um Maschinenkollisionen in Echtzeit zu verhindern. Eine spannende Herausforderung, die einen Vorteil mit sich brachte. Denn nun konnte man Informationen über Maschinenbewegungen durch einen Blick in die Zukunft erhalten. Die Daten der „Zukunft“ wurden eine Sekunde im Voraus geliefert. Die Aufgabe bestand somit darin, Kollisionen und Materialabtrag zu berechnen und die Maschine zu stoppen, bevor Probleme auftraten. Dies erforderte eine erhebliche Optimierung der Berechnungseengine, gelang aber ebenfalls.

Mit der raschen Weiterentwicklung der Chiptechnologie, beschleunigt durch Entwicklungen in der KI, kann man davon ausgehen, dass in wenigen Jahren sogar grundlegende Chips in CNC-Steuerungen so viel Leistung haben werden, dass keine zusätzlichen Industrie-PCs mehr erforderlich sind.

### GPU-Beschleunigung

Die Geschichte endet hier nicht. Der Erfolg von Nvidia mit KI hat die Entwicklung leistungsstarker GPUs vorangetrieben, die zuvor hauptsächlich für Gaming verwendet wurden. Da jetzt stabile Entwicklungsumgebungen für industrielle GPU-Anwendungen

wie Simulation verfügbar sind, haben die Entwickler von ModuleWorks die rechenintensivsten Teile ihrer Simulationsengine auf GPU portiert. Die Benchmark-Ergebnisse auf einer GPU der mittleren Preisklasse sind faszinierend: Viele Werkzeugwege mit ein bis drei Millionen Zeilen NC-Code schließen die Simulation mit höchster Auflösung in weniger als zehn Sekunden ab.

Es ist beeindruckend, wie diese Technologie zu erheblichen Produktivitäts- und Qualitätssteigerungen führt. Die Möglichkeit,

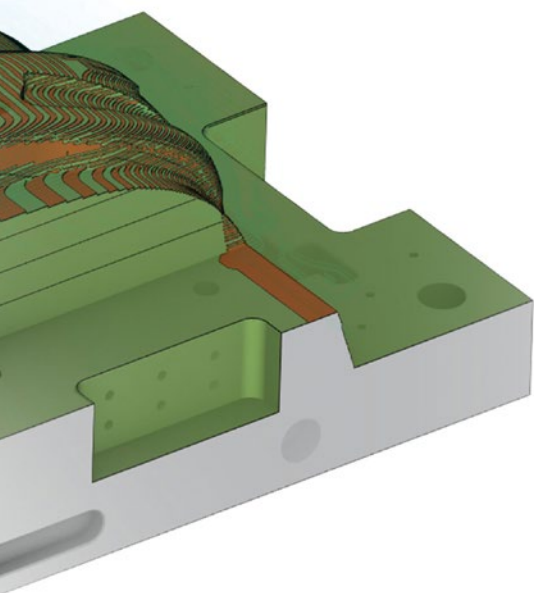
große und komplexe Werkzeugwege innerhalb weniger Sekunden statt Minuten zu simulieren, reduziert den Druck auf Ingenieure und CAM-Programmierer, Kompromisse zwischen Genauigkeit und Geschwindigkeit einzugehen, Verifizierungsschritte zu überspringen oder Termine zu verschieben.

### Die Zukunft

Ist die Geschichte denn nun abgeschlossen? Keineswegs. Die Integration von Lösungen in bestehende Hard- und Softwareplattformen bedingt, dass all diese Lösungen auf ARM-CPU-Architektur, Linux, macOS und verschiedenen Echtzeit-Betriebssystemen funktionieren. Die Unterstützung zahlreicher Funktionen auf mehreren Plattformen und Betriebssystemen erfordert umfangreiche Arbeit an automatisierten Leistungs- und Regressionstests. Die Geschichte zeigt jedoch, dass sich der Entwicklungsaufwand lohnt, da die Simulationstechnologie die Effizienz und Qualität der Fertigung kontinuierlich steigert.

« KIS

Dr. Yavuz Murtezaoglu ist Gründer und Geschäftsführer von ModuleWorks.





Mit Hummingbird-MES legt Labo den Grundstein für die weitere Digitalisierung der Produktion, in der das Tooling nicht länger ein Engpass ist, sondern ein kontrollierbarer Faktor in einem optimierten Prozess.

# MEHR TRANSPARENZ IN DER WERKZEUGVERWALTUNG

Labo in Geldrop ist der erste niederländische Zerspanungsbetrieb, der das Hummingbird-MES (Manufacturing-Execution-System) von Open Mind implementiert hat. Der Feinmechanik-Zulieferer entschied sich für das Modul „Werkzeuglogistik“, um mehr Transparenz und Effizienz in der Werkzeugverwaltung zu erreichen. Das reduziert Rüstzeiten und Fehler.

» VON TIM WENTINK

**L**abo fertigt als Zulieferunternehmen feinmechanische Komponenten in Kleinserien von zehn bis 100 Stück. Das Unternehmen bedient Kunden in anspruchsvollen Branchen wie der Halbleiter-, Medizin-, Rechenzentrums- und Analysetechnik. Neben der Fertigung komplexer Teile mit engen Toleranzen führt Labo die Reinigung der Klasse 4 und die Reinraumverpackung im eigenen Haus durch. All dies erfordert einen stabilen und kontrollierbaren Prozess. Um dies zu erreichen, investiert Labo seit Jahren in die Digitalisierung.

Auf der Maschinenseite arbeitet der Zulieferer mit DMG Mori Messenger, das einen Echtzeitüberblick über Maschinenstatus, Störungen und Auslastung bietet. Diese Daten bilden die Grundlage für Prozessanalysen und Verbesserungsmaßnahmen. Dennoch blieb die Werkzeugverwaltung ein offenes Feld. Sie erfolgte größtenteils manuell, was zu Fehlern und Unklarheiten in der Planung, Bestandsführung und Einsatzplanung führte. „Wir wollen eine Umgebung, in der die Werkzeugverwaltung genauso kont-

rollierbar ist wie der Rest des Prozesses“, sagt Labo-Geschäftsführer Mart Stokmans. „Und in der wir mit möglichst wenig Aufwand die richtigen Daten an den richtigen Ort bringen.“

## Effiziente Werkzeugverwaltung dank Werkzeuglogistik

Die Implementierung des MES, insbesondere des Moduls Werkzeuglogistik, hat die Werkzeugverwaltung bei Labo grundlegend verändert. Das Modul zentralisiert alle Werkzeugdaten aus den Voreinstellgeräten, verknüpft sie mit der CAD/CAM-Lösung hyperMill und kommuniziert direkt mit der Maschine. Jedes Werkzeug erhält eine eindeutige Identifizierung über einen DataMatrix-Code auf dem Halter, wodurch Daten automatisch erkannt und zugeordnet werden. Dies reduziert die Fehlerquote erheblich und verkürzt die Rüstzeiten. „Früher wurden Werkzeuge manuell ausgewählt, eingestellt und überprüft“, sagt Stefan van Aalst, Managing Director Open Mind Technologies Benelux. „Jetzt sind alle Werkzeugdaten in Echtzeit in einem übergreifenden System

**WERKZEUGDATEN  
MÜSSEN NICHT MEHR  
MANUELL EINGEGEBEN  
WERDEN.**



vorhanden. Durch das Scannen des Codes sind alle Daten sofort verfügbar. Das spart viel Zeit und verhindert Fehler.“

Die Werkzeuginformationen werden darüber hinaus automatisch an die Maschinensteuerung weitergeleitet. Werkzeugdaten müssen nicht mehr manuell eingegeben werden, wodurch sich das Risiko von Tippfehlern eliminieren lässt. „Mit drei Mitarbeitern halten wir siebzehn Maschinen in Betrieb. Das umfasst die Programmierung, die Einrichtung und die Verwaltung der Werkzeuge“, erklärt Ruud Stokmans, CAD/CAM-Programmierer bei Labo. „Das ist nur möglich, wenn die Prozesse straff organisiert sind.“ Ermöglicht wurde der Umstieg durch die bestehende Beziehung zu Open Mind und den Einsatz von hyperMill. Die Werkzeugdatenbank war dort bereits eingerichtet, sodass eine zügige Integration erfolgen konnte. „Innerhalb von drei Tagen war Hummingbird in unser Unternehmen integriert. Wir haben damit begonnen, sechs Maschinen an das MES-System anzubinden. Der Rest folgt schrittweise.“

### Automatisierte Werkzeugdaten und Messdaten

Ein wichtiger Aspekt der Implementierung ist die Integration der Vorrichtungsgüter. Labo hat dafür in ein neues Werkzeugvoreinstellgerät von Haimer investiert, einschließlich Scanner und QR-Codeleser. Diese sind direkt mit dem MES verbunden. Dadurch werden Messdaten automatisch in die Werkzeugda-

tenbank übernommen. „Früher haben wir alles manuell eingegeben“, sagt Stokmans. „Ein Mitarbeiter war ständig mit der Einstellung beschäftigt. Das ist fehleranfällig und zeitaufwändig. Jetzt läuft alles vollständig digital. Außerdem kann dieser Mitarbeiter nun für Tätigkeiten mit höherer Wertschöpfung eingesetzt werden.“

Die Investition in das Komplettpaket, das unter anderem Hummingbird-MES, Haimer Werkzeugvoreinstellgerät, Scanner und Schnittstellen umfasst, ist laut Stokmans mit den Kosten für eine halbe CNC-Maschine vergleichbar. „Aber der Ertrag ist viel größer. Nicht durch zusätzliche Produktionskapazität, sondern durch die bessere Ausnutzung der vorhandenen Kapazität.“ Werkzeuge werden schneller gewechselt,

sind immer richtig eingestellt und stehen zum richtigen Zeitpunkt bereit. Das führt zu kürzeren Rüstzeiten und einer höheren Vorhersagbarkeit des Produktionsprozesses. „Fünfzehn Minuten Umrüstzeit sind mittlerweile die Norm. Und das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass alle Werkzeugdaten im Voraus vollständig sind und automatisch verarbeitet werden.“

Darüber hinaus ermöglicht das MES eine Analyse der Werkzeugnutzung. Anhand der Anzahl der Zyklen und der Messdaten lässt sich erkennen, wann Werkzeuge ausgetauscht werden müssen. Das verhindert unnötigen Verschleiß oder Bruch und trägt zu einer weiteren Standardisierung bei. „Die Software zwingt uns zu einer straffen Orga-

### JEDES WERKZEUG ERHÄLT EINE EINDEUTIGE IDENTIFIZIERUNG ÜBER EINEN DATA-MATRIX-CODE.



Dank des einzigartigen QR-Codes auf jedem Halter werden die Werkzeugdaten direkt und fehlerfrei in das MES geschrieben.

Bilder: Open Mind

nisation“, so Stokmans weiter. „Das wirkt sich auf die gesamte Kette aus: vom Einkauf bis zur Zerspanung.“

### Zukünftige Erweiterung

Die Einführung des MES stellt für den Zerspanungsbetrieb einen weiteren Schritt im Rahmen der Digitalisierung der Fertigung dar. In Zukunft will das Unternehmen das Werkzeuglogistikmodul auf alle Maschinen ausweiten und das Drehen einbeziehen. Darüber hinaus untersucht Labo, wie die MES-Software mit dem ERP-System von MKG verknüpft werden kann. „Wir sammeln immer mehr zuverlässige Daten“, sagt Stokmans. „Darauf wollen wir letztlich auch die Planung stützen – nicht mehr auf Erfahrung, sondern auf Fakten.“ Das Unternehmen denkt zudem über die Integration automatisierter Werkzeugschränke und den Einsatz des MES für eine umfassendere Fertigungssteuerung nach. Der modulare Aufbau des Systems ermöglicht eine schrittweise Erweiterung. „Wir haben uns bewusst für einen schrittweisen Ansatz entschieden. Es muss überschaubar bleiben. Aber die ersten Ergebnisse sind positiv. Weniger Fehler, kürzere Rüstzeiten und mehr Ruhe am Arbeitsplatz.“

« KIS

Tim Wentink ist Journalist.

Nach der Voreinstellung werden die Werkzeugdaten direkt in der Werkzeugdatenbank gespeichert.



# MIT ECAD-MCAD-KOLLABORATION ENTWICKLUNGSZEITEN VERKÜRZEN

Elektronik und Mechanik sind in Produkten eng miteinander verflochten, in der Entwicklung allerdings getrennte Inseln. Das verursacht Kommunikationsprobleme, begünstigt Fehler und kostet Zeit. Eine disziplinübergreifende und datenbasierte Zusammenarbeit hilft, Produkte effizienter zu entwickeln. » VON BJORN THORSEN

In der Fertigungsindustrie zählt jede Sekunde: Im Rennen um Innovation wird die Produktentwicklung zu einem Schlüsselfaktor für Wettbewerbsfähigkeit. Die wachsende Verzahnung von Mechanik und Elektronik und die steigende Komplexität erschweren jedoch Effizienzgewinne in der Entwicklung – ob in der Automobilindustrie, im Maschinenbau oder bei Consumer Electronics. Eine datenbasierte ECAD-MCAD-Kollaboration hilft, die Entwicklungsarbeit mechanischer und elektrischer Komponenten zu synchronisieren und vereinfacht den interdisziplinären Austausch. So können Konstrukteure Übertragungsfehler vermeiden, Designprobleme frühzeitig erkennen und Iterationsschleifen reduzieren – und damit die Time-to-Market verkürzen.

## Was ist ECAD-MCAD-Kollaboration?

ECAD-MCAD-Kollaboration beschreibt die integrierte Zusammenarbeit zwischen Konstrukteuren in der elektronischen und mechanischen Produktentwicklung auf einer gemeinsamen Datengrundlage. In diesem Kontext ist der Begriff MCAD (Mechanical Computer-Aided-Design) nicht auf reine CAD-Anwendungen begrenzt, sondern schließt jegliche CAx-Anwendungen für die mechanische Konstruktion mit ein. ECAD

(Electronic Computer-Aided-Design) umfasst den gesamten EDA (Electronic Design Automation)-Bereich, inklusive Simulation, sowie elektrisch-elektronische Bereiche wie beispielsweise Kabelbäume.

Für eine effiziente Zusammenarbeit sind Lösungen notwendig, die einen schnellen, einfachen und datenbasierten Austausch ermöglichen. Das heißt konkret: Anwendungen für die elektronische und mechanische Produktentwicklung können über ein PDM- oder PLM-System ohne Medienbrüche direkt kommunizieren. Dies kann mithilfe von Schnittstellen, Automatisierungen und Konfigurationen im Datenmanagement erfolgen.

## Von simultaner Zusammenarbeit profitieren

Da Mechanik- und Elektronikteams häufig in getrennten Strukturen arbeiten, orientierte sich der Austausch bisher an Meilensteinen: Die mechanischen Konstrukteure entwerfen beispielsweise ein Gehäuse, die Elektrotechniker entwickeln auf dieser Basis eine passende Leiterplatte, die Mechanik muss diese wiederum prüfen, usw. Dieser sequenzielle Prozess führt zu Zeitverzögerungen, unnötigen Iterationen und erhöhtem Abstimmungsaufwand – vor allem, wenn durch kurzfristige Anpassungen neue Produktversionen entstehen.

Eine simultane Zusammenarbeit hingegen ermöglicht es, Anforderungen beider Disziplinen parallel zu berücksichtigen und Probleme frühzeitig zu identifizieren. Dazu ist ein kontinuierlicher Zugriff auf aktuelle Entwicklungsstände notwendig – in beiden Abteilungen. So lassen sich Doppelungen und unnötige Iterationen vermeiden. Eine vollständige digitale Dokumentation der Versionsverläufe erleichtert zudem im Bedarfsfall eine effiziente und fundierte Fehleranalyse.

Durch automatisierte Prozesse und Konfigurationen innerhalb von PDM- oder PLM-Systemen sowie entsprechende Schnittstellen lässt sich der Austausch standardisieren und versionieren. Ein häufiger Abgleich zwischen Elektronik und Mechanik wird einfacher, weil aktuelle Versionsstände jederzeit direkt abrufbar sind – ohne manuelle Datenübertragung oder aufwändige Kommunikation. Das reduziert auch Übertragungsfehler durch Medienbrüche und Missverständnisse zwischen den spezialisierten Abteilungen.

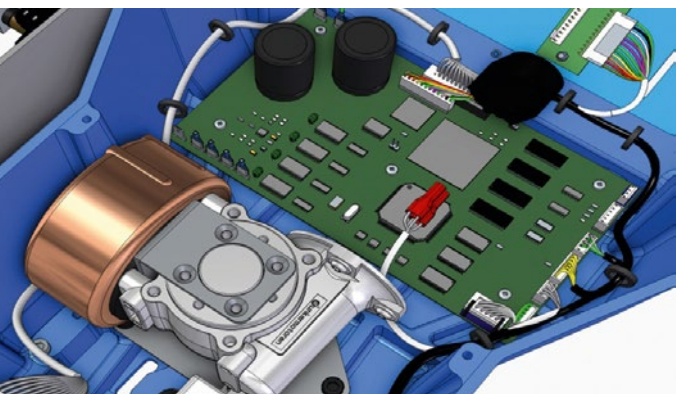
**MIT ECAD-MCAD-KOLLABORATION ETABLIEREN UNTERNEHMEN EINEN EFFIZIENTEN WORKFLOW IN DER PRODUKTENTWICKLUNG. DIE FOLGEN: FRÜHZEITIGE FEHLERERKENNUNG, WENIGER DESIGN-ITERATIONEN, REIBUNGSLOSER AUSTAUSCH.**

Mit ECAD-MCAD-Kollaboration etablieren Unternehmen einen effizienten Workflow in der Produktentwicklung. Die Folgen: frühzeitige Fehlererkennung, weniger Design-Iterationen, reibungsloser Austausch. Die bisherige organisatorische Trennung von Elektronik und Mechanik erschwert die Umsetzung allerdings.

## Medienbrüche überwinden und Datentransparenz herstellen

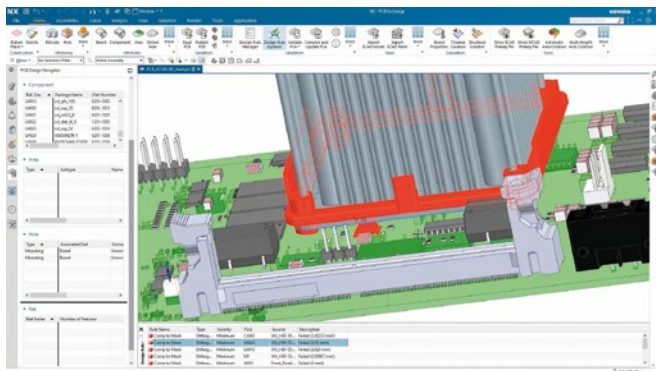
Historisch sind Mechanik und Elektronik als getrennte Disziplinen gewachsen. Diese „Inseln“ mit eigenen Toolsets, Datenformaten, Terminologien und Regulatorien erzeugen bei der Kollaboration Medienbrüche. Ein Medienbruch entsteht, wenn Daten von einem auf ein anderes Informationsmedium übertragen werden. So ist bisher der Einsatz von Zwischenformaten wie DXF, STEP oder IDF üblich, damit ECAD- und MCAD-Anwendungen miteinander kommunizieren können.

Manuelle Medienbrüche durch Konvertieren sind aufwändig und fehleranfällig.

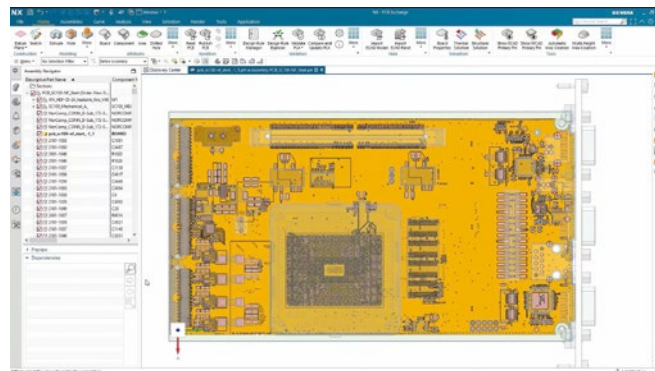


Die historisch getrennt gewachsenen Disziplinen Elektronik und Mechanik zusammenzubringen und bei der Produktentwicklung zu synchronisieren, verkürzt die Entwicklungszeiten.





**ECAD-MCAD-Kollaboration hilft, Designprobleme in Entwicklung und Konstruktion frühzeitig zu erkennen und Iterationsschleifen zu reduzieren.**



**Das Datenformat IDX erlaubt einen kontinuierlichen Datenaustausch. Es wurde speziell für die Kommunikation zwischen ECAD- und MCAD-Systemen entwickelt.**

Bilder: Var Group

Ein Lösungsansatz bietet das Format IDX (Incremental Design Exchange), das speziell für die nahtlose Kommunikation zwischen ECAD- und MCAD-Systemen entwickelt wurde. IDX erlaubt einen kontinuierlichen Datenaustausch, sodass Änderungen sofort transparent und nachvollziehbar sind.

Einige Software-Lösungen bieten standardmäßig Möglichkeiten zur Kollaboration über das IDX-Format, beispielsweise Siemens NX (MCAD) und Xpedition (ECAD). Auch wenn IDX bei den beteiligten Tools nicht unterstützt wird, ist es möglich, mithilfe von Automatisierung und Konfiguration des Datenmanagements einen reibungslosen Austausch sicherzustellen.

### **Einheitliches Datenmanagement erlaubt detaillierte Trade-Off Analysen**

Eine weitere Herausforderung liegt in der Einrichtung eines gemeinsamen Datenmanagements. Die unterschiedliche Architektur von elektronischen und mechanischen Anwendungen erschwert diesen Prozess. PLM- oder PDM-Systeme müssen so konfiguriert werden, dass sie disziplinübergreifend funktionieren. Das setzt voraus, dass Teilebibliotheken und Stücklisten (BOM, Bill of Materials) nach einem bestimmten Muster angelegt und gepflegt werden. Damit wird sichergestellt, dass beide Disziplinen die Daten korrekt auslesen, interpretieren und weiterverarbeiten.

Hier ist ein initialer Konfigurationsaufwand notwendig, um die bestehende Bibliothek anzupassen. Bei späterer Erweiterung können neue Teile entsprechend des Musters hinzugefügt werden. Eine gemeinsame Datenbasis ermöglicht eine datengestützte Planung für ein besseres Ressourcen- und Kostenmanagement. Da die Daten beider Welten kompatibel sind, sind auch interdisziplinäre Digitale Zwillinge möglich, die für Trade-Off-Analysen genutzt werden können.

### **ECAD- und MCAD-Expertise vereinen**

Wie genau Lösungen für die ECAD-MCAD-Kollaboration in der Praxis aussehen, hängt stark von der bestehenden Infrastruktur und den eingesetzten Systemen im Unternehmen ab. In manchen Fällen reichen bereits geeignete Schnittstellen zwischen den Anwendungen, in anderen Fällen sind umfassende Automatisierungen über Konfigurationen im PDM- oder PLM-System notwendig. Entscheidend ist, dass beide Systeme nahtlos miteinander kommunizieren können.

Dafür bedarf es fundierter Expertise sowohl in der Elektronik als auch in der Mechanik. Nur wer die spezifischen Anforderungen und Arbeitsweisen beider Disziplinen versteht, kann passgenaue Lösungen entwickeln. In vielen Fällen empfiehlt sich daher die Zusammenarbeit mit erfahrenen Spezialisten. Var Group beispielsweise bündelt

hierfür ihre ECAD- und MCAD-Kompetenz in der Marke Var Industries. Durch die Fusion des MCAD- und PDM/PLM-Dienstleisters PBU CAD-Systeme mit dem EDA- und E/E-Experten Cadlog vereint die Var Group über 25 Jahre Branchenerfahrung und begleitet Unternehmen bei der Umsetzung einer integrierten ECAD-MCAD-Kollaboration.

### **Analyse, Implementierung, Effizienz**

Die Umsetzung sollte mit einer umfassenden Status-Quo-Analyse beginnen: Infrastruktur, eingesetzte Anwendungen, Schnittstellen und Prozesse werden detailliert evaluiert. Darauf basierend erfolgen Handlungsempfehlungen für eine strukturierte Implementierung über klar definierte Meilensteine und Best Practices.

Nach erfolgreicher Implementierung profitiert die Entwicklung von:

- Frühzeitiger Fehlererkennung
- Reduktion der Design-Iterationen
- Einfachem und automatisiertem Datenaustausch
- Höherer Datentransparenz und Nachvollziehbarkeit

Das verschafft produzierenden Unternehmen wichtige Zeit- und Kostenersparnisse im Rennen um Innovation.

« KF

**Bjorn Thordsen** ist Senior Regional Director und Geschäftsführer DACH bei Var Industries.

# hyperMILL®

CREATE  
THE FUTURE OF  
MANUFACTURING  
TOGETHER



the agile  
Hummingbird  
MES-System®



**OPEN MIND**  
THE CAM FORCE

[www.openmind-tech.com](http://www.openmind-tech.com)

# BASIS FÜR CLOSED LOOP MANUFACTURING

Die Integration von Designcenter X NX und Tecnomatix ermöglicht eine durchgängige, datenbasierte Produkt- und Produktionsentwicklung. Der modellbasierte Ansatz (MBD) bildet alle relevanten Informationen direkt im 3D-Modell ab und führt sie in die Fertigungsprozesse über. So entsteht ein Digitaler Zwilling, der Konstruktion, Simulation und Qualitätssicherung verknüpft und die Basis für ein Closed Loop Manufacturing mit bidirektionalem Datenaustausch bildet.

» VON BERND MUSSMANN UND ROLAND LAUCHER

**D**ie Produktentwicklung mit der Engineering-Plattform Designcenter X NX ermöglicht ein präzises, effizientes Design, das direkt auf die Anforderungen der Fertigung abgestimmt ist. Durch die nahtlose Verbindung von Konstruktion und Produktion entsteht ein durchgängiger Prozess, der nicht nur die Herstellung einzelner Komponenten (modellbasiertes Design), sondern auch die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt (Closed Loop Manufacturing). Für die Industrialisierung und Optimierung der Fertigung kommt die Softwareplattform Tecnomatix zum Einsatz, die digitale Planung, Simulation und Prozessoptimierung integriert. Von der digitalen Produktdefinition über die automatisierte NC-Programmierung bis hin zur optimierten Produktionslinie sorgt dieses Zusammenspiel für reduzierte Durchlaufzeiten, höhere Qualität und eine skalierbare Serienfertigung.

## Warum Model Based Definition (MBD) heute entscheidend ist

Unternehmen müssen schneller liefern, präziser arbeiten und Kosten senken. Klassische 2D-Zeichnungen sind dabei zunehmend hinderlich. MBD mit Siemens NX bietet die Lösung: Alle produktrelevanten Informationen (Maße, Toleranzen, Oberflächen, Prüfmerkmale) werden direkt im 3D-Modell hinterlegt. Diese PMI (Product Manufacturing Information) bilden die Grundlage für eine durchgängige digitale Prozesskette – von Konstruktion über Fertigung bis Qualitätssicherung. Das 3D-Modell wird zur Single Source of Truth und Basis für den Digitalen Zwilling. Designcenter X NX ist somit auch der Startpunkt zu Erzeugung eines Digitalen Zwillings.

## Was bedeutet MBD für den Anwender?

Statt vieler Dokumente nutzt der Anwender ein intelligentes 3D-Modell, maschinenlesbar und direkt nutzbar in CAM und CMM. Alle Systeme (CAD, CAM, CMM) arbeiten auf derselben Plattform und nutzen das gleiche Datenmodell. Austauschformate wie JT oder STEP-242 sind ebenfalls möglich. Vorteile:

- Weniger Fehler durch konsistente Daten
- Schnellere Prozesse durch Automatisierung
- Bessere Zusammenarbeit durch klare Spezifikation
- Höhere Qualität durch standardisierte Prüfmerkmale

## Konstruktion mit Designcenter X NX

Maße, Toleranzen und Fertigungshinweise werden direkt am 3D-Modell platziert. PMI sind assoziativ verknüpft und passen sich bei Änderungen automatisch an. Mit dem NX Logic Editor lassen sich MBD-Regeln für die automatische PMI-Erzeugung definieren, beispielsweise bei Bohrungen oder Passungen. Das spart Zeit und erhöht die Konsistenz. Der PMI Advisor prüft Vollständigkeit und Normkonformität.

## Fertigung mit NX CAM

PMI-Daten steuern Werkzeugauswahl, Strategien und Schnittparameter. Enge Toleranzen lösen automatisch Feinschlichtstrategien aus. Manuelle Übertragungen entfallen, Fehler werden reduziert. Mit dem Machining Knowledge Editor entstehen intelligente Fertigungsstrategien. NC-Programme können simuliert und auf Kollisionen geprüft werden.

## Qualitätssicherung mit NX CMM und Inspector

PMI-Daten werden direkt in Prüfmerkmale überführt. NX Inspector erkennt zum Bei-

spiel Bohrungen mit Toleranz und erstellt automatisch Messstrategien. Die CMM-Programmierung berücksichtigt Geometrie und PMI, was Anpassungen reduziert und die Messgenauigkeit erhöht.

## ISO GPS als Fundament

ISO GPS-Normen sorgen für technische Eindeutigkeit. Siemens NX unterstützt diese Normen nativ. Der PMI Advisor und Symbolbibliotheken stellen sicher, dass alle Angaben normgerecht und maschinenlesbar sind. Das ermöglicht Automatisierung und globale Verständlichkeit.

## Fazit: MBD mit Siemens Designcenter X NX

MBD ist Effizienztreiber und Rückgrat des Digitalen Threads. Es vermeidet Medienbrüche, reduziert Fehler und verbessert die Zusammenarbeit. Maschinenlesbare PMI ermöglichen Automatisierung und Normkonformität. Unternehmen profitieren von höherer Qualität, kürzeren Durchlaufzeiten und einer zukunftssicheren Prozesskette.

## Geschlossener Fertigungskreislauf auf Fabrikebene

Moderne Fertigung erfordert Agilität und Resilienz. Echtzeit-adaptierbare Produktionsprozesse sind entscheidend. „Closed Loop Manufacturing“, also die digitale Verbindung von Produkt- und Produktionsentwicklung, ist hierfür unerlässlich.

## WHY? – Technologische Imperative für adaptive Produktion

Ein stets verfügbarer, kalibrierter Digitaler Zwilling der Fabrik, mit Echtzeitdaten gespeist, ist der Kern der Transformation. Dieser „Closed Loop Digital Factory Twin“ ermöglicht prädiktive Analysen, datenge-

gesteuerte Szenarioplanung und proaktive Steuerung komplexer Systeme. Er transformiert die Fabrik zum selbstoptimierenden System – die Blaupause für eine Smart Factory. Siemens ist auf diesem Gebiet Innovationsführer. Kunden, auch Pioniere im industriellen Metaverse-Stack, bestätigen die fundamentale Bedeutung dieses simulationsgestützten Digitalen Zwillings für Komplexitätsbeherrschung, Effizienz und Flexibilität.

## HOW? – Technologischer Pfad zur Closed Loop Digital Factory Twin Simulation

Die Implementierung erfordert einen strukturierten, technologiegetriebenen Ansatz:

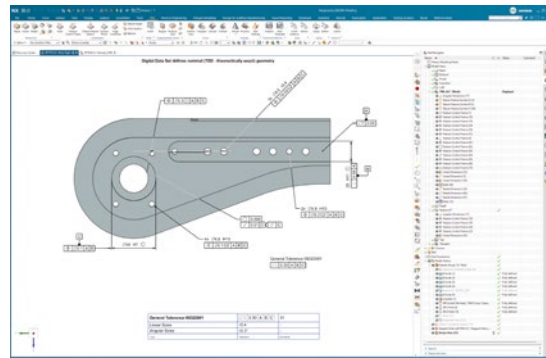
1. Digitales Zwillingsmodell erstellen mit Tecnomatix Plant Simulation: Basis ist die hochpräzise diskrete Ereignissimulation (DES). Tecnomatix Plant Simulation erstellt 3D-Modelle von Anlagen, Materialflüssen, Logistik. Process Simulate ergänzt durch kinematische Roboter-Validierung und Offline-Programmierung (OLP) zur beschleunigten Inbetriebnahme.
2. Digitales Zwillingsmodell demokratisieren mit Optimize My Plant (OMP): Für die unternehmensweite Nutzung dient Optimize My Plant (OMP). Die intuitive Weboberfläche ermöglicht Zugriff auf Simulationsmodelle und Szenarienmanagement für „What-if“-Analysen auch für Nicht-Experten.
3. Digitales Zwillingsmodell mit Echtzeitdaten verbinden (IIoT): „Closed Loop“-Funktionalität durch bidirektionale Integration von Echtzeitdaten aus der Fabrik. Insights Hub (Siemens Industrial IoT-Plattform) aggregiert Sensordaten, Produktions- und Qualitätskennzahlen. Standardprotokolle (OPC UA, MQTT) ermöglichen Datenintegration zur kontinuierlichen Kalibrierung und Validierung.
4. Digitales Zwillingsmodell mit KI und VR optimieren: Fortschrittliche KI- und VR-Technologien integriert. Plant Simulation bietet KI-Funktionen (zum Beispiel neuronale Netze, Bottleneck Optimizer). Externe KI-Frameworks anbindbar. VR bietet immersive Schnittstellen für Fabrikplanung und Mitarbeitertraining.
5. Digitaler Zwilling -> Industrielles Metaverse: Weiterentwicklung zum industriellen Metaverse – einem persistenten, interoperablen 3D-Raum, in dem Digitale Zwillinge konvergieren. Ingenieure, Betreiber und Manager kollaborieren immersiv, führen Simulationen aus und treffen Entscheidungen, die direkt auf die physische Welt wirken.

## WHAT? – Technisches Konzept: Ein Weg zur echten Smart Factory

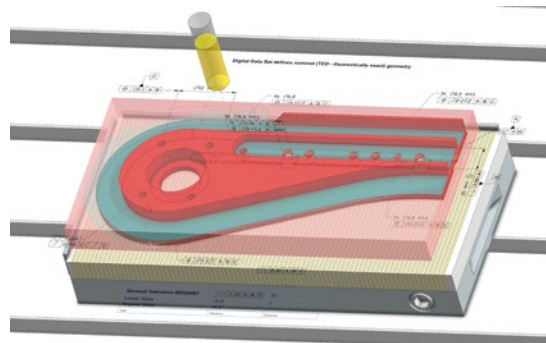
- Fabriksimulation & Prozessvalidierung: Tecnomatix Plant Simulation (DES, Materialfluss) und Process Simulate (Robotik, 3D-Kinematik).
- Demokratisierung & Kollaboration: Optimize My Plant (OMP) Web-Oberfläche mit RESTful APIs.
- Echtzeit-Konnektivität & Datenmanagement: Insights Hub (IIoT-Infrastruktur, Edge-Konnektivität, Time-Series-DBs, Analyse-Services).
- Intelligenz & Optimierung: Industrielle KI-Funktionen, Machine Learning für prädiktive/prescriptive Analytics.

## Industrial AI: Der intelligente Copilot

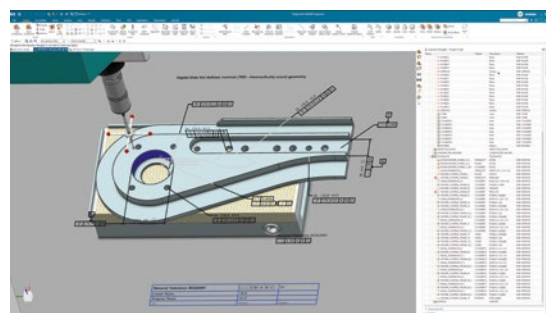
Die Effektivität von Industrial AI hängt von der Verfügbarkeit hochwertiger, kontextualisierter Daten ab, die in diesem Fall durch die Simulationsmodelle von Tecnomatix Plant Simulation und die Echtzeitdaten des Insights Hub generiert werden. Durch integrierte KI-Funktionalitäten in Plant Simulation, wie neuronale Netze zur



**Modell mit PMI.**  
Bilder: Siemens



**Wiederbenutzung der Daten im CAM.**



**Wiederbenutzung der Daten in CMM.**

Durchsatzvorhersage oder der Bottleneck Optimizer zur Engpassbeseitigung, können komplexe Zielkonflikte effizient gelöst werden.

Ein integrierter Generative AI Driven Copilot revolutioniert die Interaktion mit der Simulationsumgebung. Dieser Copilot ist nicht nur auf die spezifische Software-Sprache trainiert, sondern hat auch sicheren Zugriff auf die gesamte Software-Dokumentation und Best Practices. Der Copilot agiert als intelligenter Assistent, der bei der Modellerstellung, der Fehlerbehebung, der Optimierung von Parametern und der Generierung von Szenarien unterstützt. Im Gegensatz zu generischen Web-KIs ist dieser Copilot IP-sicher und operiert innerhalb der geschützten Siemens Xcelerator Umgebung.

Zukünftig wird dieser Copilot über seine aktuellen Fähigkeiten hinausgehen und proaktiv Empfehlungen aussprechen, indem er mit anderen KI-Agenten im Unternehmen kommuniziert. Er wird in der Lage sein, komplexe Probleme vorauszusehen, potenzielle Engpässe zu identifizieren und präskriptive Lösungsvorschläge zu unterbreiten, die auf einer ganzheitlichen Sicht der Fabrik basieren. Um dieses Niveau der autonomen, intelligenten Fabriksteuerung zu erreichen, ist der Aufbau eines robusten, datengetriebenen Digitalen Zwillings der erste und entscheidende Schritt. Die Zukunft der Fertigung beginnt jetzt – mit einer intelligenten, simulationsgestützten digitalen Fabrik.

« KF

**Dipl. Ing., MBA Bernd Mussmann** ist Portfolio Development Executive, Designcenter, Siemens Digital Industries Software.

**Ing. DI (FH) Roland Laucher** ist Portfolio Development Executive, Digital Manufacturing, Siemens Digital Industries Software.



# VERSTEHEN, VERNETZEN, VERBESSERN

Lange Zeit war das Projekt „digitale Fabrik“ überwiegend großen Konzernen vorbehalten, die die nötigen Kapazitäten und Ressourcen aufwenden konnten. Mittlerweile haben sich Technologien sowie der Zugang zu Softwareangeboten gewandelt – Stichwort Cloud – sodass auch Mittelständlern die Möglichkeiten der digitalen Fabrik offenstehen. Erfahren Sie mehr darüber in diesem Artikel. » **VON BJÖRN MANDERBACH**



Nur mit Informationen über Maschinen, Abläufe und Ressourcen können Unternehmen ihre Prozesse digitalisieren und dadurch optimieren.

Bild: B4LLS/iStock

Um die eigene Fertigung fit für die Zukunft zu machen, ist es keinesfalls notwendig, die gesamte Fabrik in einem Zug zu digitalisieren. Zielführender ist es, schrittweise vorzugehen und drängende Bereiche zu priorisieren. Dieser Ansatz bricht das hochkomplexe Projekt auf greifbare Prozesse sowie Arbeitsschritte herunter. Alle Aktivitäten zählen trotzdem auf das große Gesamtziel einer möglichst digitalen Fertigung ein. Einen konkreten Startpunkt definieren Unternehmen demnach individuell entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

## Digitale Entwicklung, Planung und Konstruktion

Die erste, in der Praxis häufige Anwendung des Konzepts „digitale Fabrik“ betrifft die Planung der Herstellung von Produkten. Ein

Maschinenbauer, der ein komplexes Produkt wie landwirtschaftliche Maschinen individuell nach den Kundenbedürfnissen fertigt, profitiert besonders davon, bestehende Daten aus der Konstruktion zu nutzen und in die Produktion zu übertragen. Das Ziel der Digitalisierung ist hier, einen nahtlosen Übergang zwischen Entwicklungsstücklisten und Fertigungsstücklisten herzustellen. Die entstandenen durchgängigen Prozesse reduzieren signifikant die Komplexität und die Zeit bis zum Start der Produktion. Eine weitere Möglichkeit, wie digitale Abläufe die Effizienz erhöhen, ist die Simulation von Produktionsvorgängen. Üblicherweise müssen Roboter, Maschinen oder Anlagen manuell programmiert und für diese Zeit aus dem Betrieb genommen werden. In einer digitalen Fabrik ist es möglich, virtuell abzubilden, wie sich die Bewegungen dieser Ressourcen verhalten und die Arbeitsschritte bereits

am Computer zu simulieren. Der Code wird dann lediglich auf die Maschine übertragen, ohne dass man die Produktion längere Zeit unterbrechen muss.

## Die ganze Fabrik als virtuelles Modell

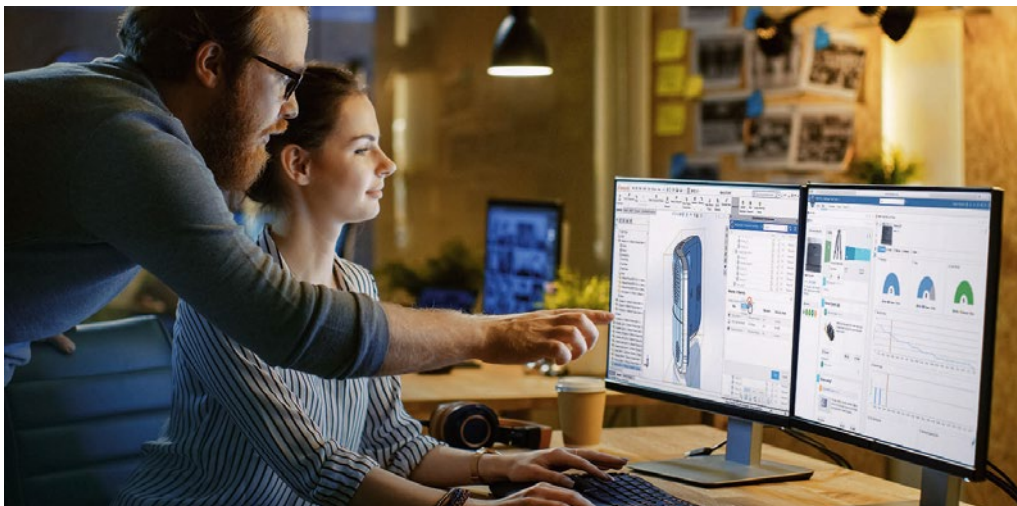
Die Digitalisierung in der Industrie lässt sich aber auch auf die Fabrik selbst – also die Fertigungslinien – anwenden. Häufig erstellen Unternehmen ein 3D-Modell ihrer bestehenden Hallen, um virtuell ein neues Layout zu planen. Mithilfe von speziellem Equipment, das per Laser und Kamera die Halle einmal komplett scannt, lässt sich der Status Quo abbilden. Die erfassten Daten bilden dann sowohl eine digitale Punktwolke, als auch ein Modell aus hochauflösenden Bildern und berücksichtigen alle Parameter des aktuellen Fabriklayouts: vom Grundriss über Abmessungen der Maschinen und Freiräume bis hin zu Lüftungsmöglichkeiten und Stromanschlüssen. Bevor neue, kostenintensive Fertigungslinien tatsächlich angeschafft werden, können Architekten und Fabrikplaner nun anhand des 3D-Modells zusammenarbeiten. So stellen sie nicht nur

**EINE MÖGLICHKEIT, WIE DIGITALE ABLÄUFE DIE EFFIZIENZ ERHÖHEN, IST DIE SIMULATION VON PRODUKTIONSVORGÄNGEN.**

sicher, dass die Maschinen im Layout wirklich Platz finden, sondern sie können auch die optimale Platzierung wählen, um Laufwege zu verkürzen und Abläufe zu beschleunigen. Verbesserte Abstimmungsprozesse zählen außerdem auf das Ziel der Nachhaltigkeit ein, da Verschwendung minimiert wird, indem nur tatsächlich notwendige Ressourcen beschafft und verwendet werden.

## Einheitliche Datenplattform für reibungslose Zusammenarbeit

Der Grundbaustein einer digitalen Fabrik ist eine umfassende Datenbasis. Nur mit Informationen über Maschinen, Abläufe und Ressourcen können Unternehmen ihre Prozesse digitalisieren und dadurch optimieren. Eine Datenplattform, zum Beispiel die 3DEXperience-Plattform von Dassault Systèmes, bildet die Single Source of Truth für alle relevanten Elemente der digitalen Fabrik und fügt das Puzzle letztendlich zu einem Gesamtbild zusammen. Sie verwaltet nicht nur Daten zentral, sondern bündelt auch Softwarelösungen, die in den unterschiedlichsten Prozessen zum



Eine Datenplattform wie die 3DEXperience-Plattform von Dassault Systèmes bildet die Single Source of Truth für alle relevanten Elemente der digitalen Fabrik.

Bild: Dassault Systèmes

## GRUNDBAUSTEIN EINER DIGITALEN FABRIK IST EINE UMFASSENDE DATENBASIS.

Einsatz kommen. Das vereinfacht insbesondere die Zusammenarbeit zwischen Abteilungen, da alle Mitarbeitenden auf dieselbe Datenbasis zugreifen. Informationen sind auf der Plattform stets aktuell, damit keine Änderungen verpasst werden. Zudem können die Beteiligten ortsunabhängig und dennoch kollaborativ arbeiten – ein großer Wettbewerbsvorteil, den Unternehmen besonders in Zeiten von Remote-Arbeit zu schätzen gelernt haben.

Plattformen unterstützen nicht nur dabei, Daten aus der Entwicklung und Konstruktion für die eigentliche Fertigung zur Verfügung zu stellen, sondern auch in die andere Richtung. Für die langfristige Opti-

mierung einzelner Geschäftsabläufe ist der Datenrückfluss mindestens genauso wichtig. Das bedeutet, dass Informationen laufender Prozesse mittels Sensoren erfasst, analysiert und auf der Plattform gespeichert werden. Die Auswertung wird dann mit den ursprünglichen Plänen verglichen und ermöglicht Aussagen darüber, welche Prozesse Optimierungspotenzial bieten. Das Berichten und der Datenrückfluss sind somit eine weitere gewinnbringende Facette der digitalen Fabrik, um die Fertigung noch leistungsfähiger zu gestalten.

### Digitalisierung ist jetzt

Die aktuelle wirtschaftliche Lage verdeutlicht mehr denn je, dass Unternehmen jetzt handeln und die Digitalisierung anstoßen sollten, um langfristig am Markt erfolgreich zu bleiben. Der zunehmend einfache Zugang

zu Daten – der Grundlage aller digitalen Aktivitäten – sowie preiswerte Software- und Servicelösungen, machen die vernetzte Fabrik zu einem immer beliebten Konzept. Und auch der Mittelstand greift verstärkt auf entsprechende Methoden und Werkzeuge wie Simulation, Robotik, ERP-Systeme oder Virtual-Reality-Anwendungen zurück. Kein Wunder, denn die Vorteile liegen auf der Hand: Digitale Prozesse unterstützen die ressourcenschonende Produktion für mehr Nachhaltigkeit, stellen Transparenz über die Abläufe in der eigenen Fabrik sicher und optimieren dadurch Arbeitsweisen hin zu mehr Flexibilität und Effizienz. Das führt zu einem Mehrwert für Mitarbeitende und das Unternehmen.

« RT

Björn Manderbach ist Delmia Industry Consulting Director bei Dassault Systèmes.

# XR EXPO 2026

DRIVING B2B & INDUSTRIAL XR

28. - 29. April 2026 auf der Messe Stuttgart



10 % Frühbucherrabatt für Aussteller bis 12. Dezember 2025

Jetzt Aussteller werden:



xrexpocom

Die XR EXPO ist das führende B2B-Event für Virtual, Mixed und Augmented Reality – der zentrale Treffpunkt für Branchenanbieter, Technologieanbieter, Content-Dienstleister und Forscher rund um XR-Innovationen und Networking. Verpassen Sie nicht Ihre Chance, sich zu vernetzen, Ihre Innovationen Branchenführern und Entscheidungsträgern zu präsentieren und die immersive Ära aktiv mitzugestalten!

WHERE INNOVATION MEETS OPPORTUNITY

Organisiert von

VIRTUAL DIMENSION CENTER



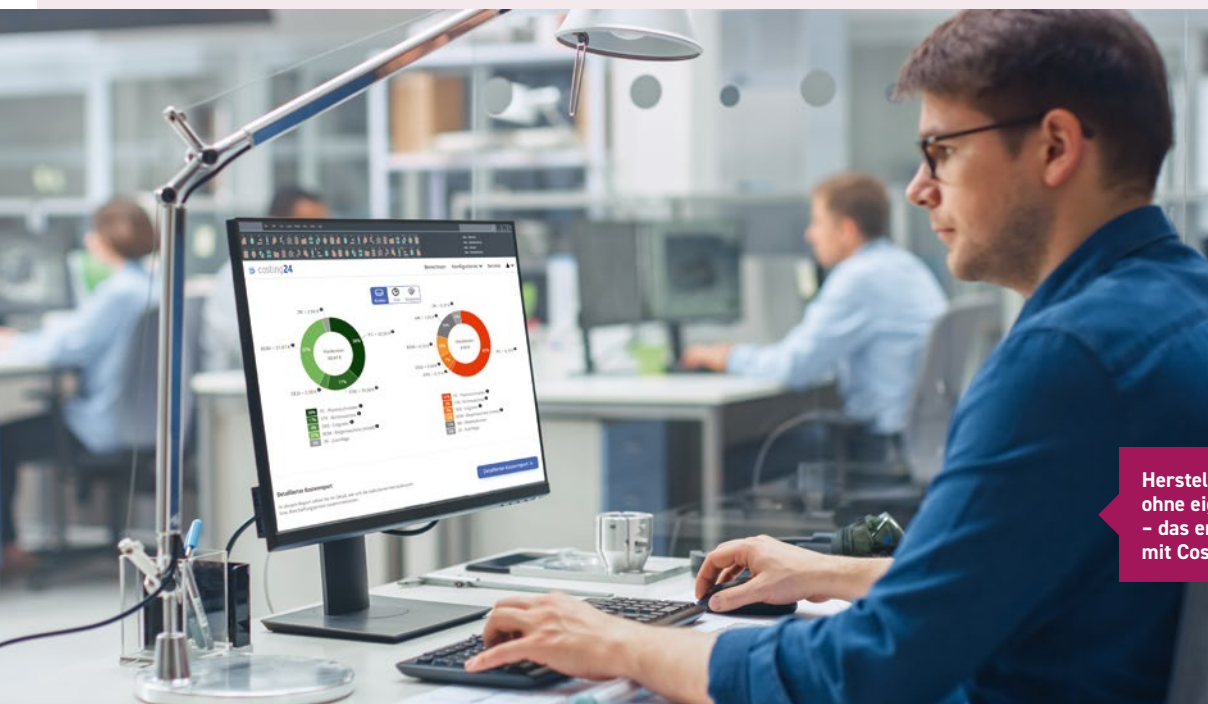
Messe Stuttgart





# SPAREN AS A SERVICE

Wenn sich die Konjunktur langsamer dreht, Märkte schrumpfen und der Absatz stockt, suchen Anbieter wie Abnehmer der Metallbearbeitung nach Einsparpotenzialen. Auf der Kalkulationsplattform Costing24.com von Simus Systems werden sie in wenigen Minuten fündig. » **VON DR. THOMAS TOSSE**



Herstellkosten rund um die Uhr  
ohne eigene Software berechnen  
– das ermöglicht Simus Systems  
mit Costing24.

**W**enn es im nächsten Meeting wieder um Einsparungen, Kostenbewusstsein, geringere Herstellkosten und höhere Wirtschaftlichkeit geht, hilft die Kalkulationsplattform Costing24 weiter. Dort kann man rund um die Uhr die Herstellkosten von Dreh-, Fräs-, Flach- und Biegeteilen berechnen. Dafür braucht man nur das entsprechende 3D-Modell.

Im ersten Schritt lädt man das 3D-CAD-Modell des gefragten Bauteils auf die Plattform und gibt – bei Bedarf – Rohmaterial und Oberflächenbehandlung an. Die Software erkennt automatisch die Einzelheiten und Features der Geometrie. Davon werden die geeigneten Fertigungsverfahren und Maschinen der spangebenden oder umformenden Verfahren abgeleitet. Dies funktioniert mit allen gängigen Dateiformaten – und sogar direkt integriert in SolidWorks, Solid Edge oder Inventor.

Die vorgelegten Berechnungsparameter lassen sich je nach Genauigkeitswunsch anpassen. Registrierte Anwender stellen Stundensätze, Schnittwerte sowie Rüst- und

Nebenzeiten individuell ein, passen den virtuellen Maschinenpark an und wählen Berechnungsvarianten aus. Seit Kurzem lässt sich sogar das Zerspanungsvolumen berücksichtigen, wenn man ein Rohteil hochlädt. In wenigen Sekunden präsentiert Costing24 eine detaillierte Ergebnisseite mit allen

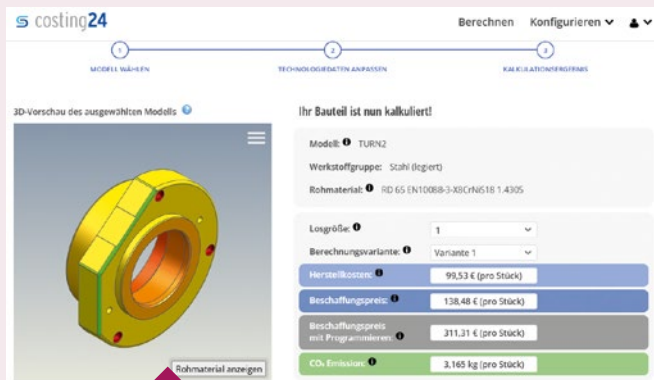
**■ DIE PRODUKTENTWICKLUNG BESTIMMT BIS ZU 80 PROZENT DER SPÄTEREN HERSTELLUNGSKOSTEN EINES PRODUKTS. ■**

Einzelheiten der Kalkulation. Die Herstellkosten werden nach Rüst- und Stückkosten aufgeschlüsselt. Der Anwender kann sie nach Losgrößen gestaffelt ablesen, einschließlich der Bearbeitungszeiten. An einem Vorschaumodell werden kostenintensive Bereiche farbig hervorgehoben, sodass man die Kostentreiber auf den ersten Blick erkennt. Auch die Kosten von Nachbehandlung und Veredelung werden berücksichtigt.

## Vom Kostencheck zum Target Costing

Die Produktentwicklung bestimmt bis zu 80 Prozent der späteren Herstellungskosten eines neuen Produkts. Doch meist wird erst kalkuliert, wenn die Produktdefinition abgeschlossen ist. Costing24 lädt zu einem frühen Kostencheck während der Entwicklungsphase ein. Die Ergebnisse übertreffen, dank ausgefeilter Algorithmen, regelmäßig eine Genauigkeit von 95 Prozent. Dies reicht für einen ersten Eindruck und Klarheit über die Kostentreiber: An einem Vorschaumodell werden kostenintensive Bereiche farbig hervorgehoben, die konkret aufzeigen, welche Features die höchsten Kosten verursachen. Wer daraufhin die technischen Vorgaben hinterfragt, fertigt zu geringeren Herstellkosten.

Wenn bereits ein Kostenziel für ein Bauteil existiert, zeigt Costing24, wie man es erreichen kann. Wer statt gelegentlicher Kostenchecks eine regelmäßige Überprüfung von Bauteilen möchte, für den lohnt sich die Integration in das CAD-System, etwa SolidWorks, Solid Edge oder Inventor. Der Aufruf aus der Oberfläche des CAD-Systems spart



Blitzschnell wird das Kalkulationsergebnis mitsamt Vorschaumodell in Costing24 angezeigt.

Zeit, da er das erneute Hochladen des Bauteils in der Browseroberfläche überflüssig macht.

Mit Costing24 sind Unternehmen unabhängig vom Kostenwissen einzelner Mitarbeiter oder externer Ressourcen. Ferner sorgt das Kalkulationstool für einheitliche Ergebnisse verschiedener Mitarbeiter – die mit herkömmlichen Tabellenkalkulationen eine breite Streuung aufweisen können. Wenn ein Mitarbeiter dasselbe Teil nach einem halben Jahr nochmals kalkuliert, ergeben sich Abweichungen bis zu 30 Prozent; die Ergebnisse verschiedener Mitarbeiter streuen um bis zu 50 Prozent.

## Make-or-buy-Entscheidungen

Während der Produktentwicklung taucht immer wieder die Frage auf: Produzieren wir das Bauteil selbst, oder lässt es sich zu besseren Bedingungen beschaffen? Hier liefert Costing24 sofort wertvolle Anhaltspunkte, wenn man dem eigenen Kostenniveau ein anderes gegenüberstellt. Angebote für Fremdfertigung lassen sich blitzschnell überprüfen. Verschiedene Losgrößenstaffeln zeigen den Breakeven und verdeutlichen die Kostentreiber. Die Ergebnisse lassen sich als Tabellen ausleiten und dokumentieren.

## Technikwissen für die Beschaffung

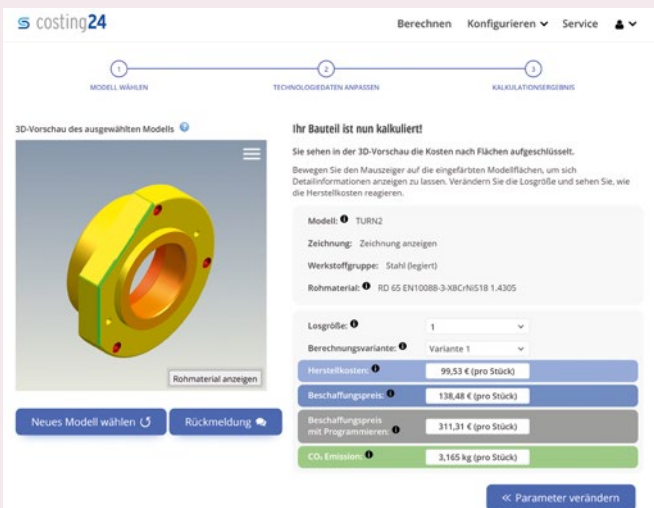
Den gleichen Nutzen können technische Einkäufer aus der Lösung ziehen. Anhand der automatisch erstellten Arbeitspläne gewinnen sie Überblick über die Herstellungsprozesse, erkennen die spezifischen Schwierigkeiten und verhandeln Angebote auf einer neuen Ebene. Dabei lassen sich die Herstellkosten der angefragten Dreh-, Fräs-, oder Blechteile ebenso wie ganzer Baugruppen kalkulieren, aber auch Folgeprozesse vorgefertigter Rohteile.

## Angebotstool für Lohnfertiger und Zulieferer

Natürlich können auch Anbieter die gleichen Funktionen verwenden. Hersteller und Zulieferer müssen im wachsenden Wettbewerb mehr Angebote in kürzerer Zeit abgeben, um neue Aufträge zu gewinnen. Dabei belegen Studien, dass die Chancen von Angeboten mit zunehmender Angebotszeit abnehmen – wobei Antworten in den ersten zwei Tagen als besonders Erfolg versprechend gelten.

Doch in mittelständischen Unternehmen steckt das Know-how zur Preisfindung in wenigen Köpfen. Welche Maschine muss mit dem Arbeitsgang belegt werden? Welche Rüstkosten müssen berücksichtigt werden? Sind Vorrichtungen oder Prüfeinrichtungen notwendig? Preisanfragen für Rohmaterial und die notwendigen Veredelungen zögern den Angebotsprozess weiter hinaus.

**MIT COSTING24 SIND UNTERNEHMEN UNABHÄNGIG VOM KOSTENWISSEN EINZELNER MITARBEITER.**



Costing24 liefert eine detaillierte Kalkulation mit Rüst- und Stückkosten.

Bilder: Simus Systems

Mit Costing24 kann jeder Mitarbeiter anhand von CAD-Modellen und einigen wenigen Kennzahlen schnell und treffsicher die Herstellkosten berechnen.

## Angebotskalkulator auf der Website

Wie wäre es, wenn die Kunden ihr Angebot im Selfservice gleich selbst erstellen? Manche Zulieferer integrieren Costing24 permanent in die eigene Website – mit eigenem Design, einer Vielzahl individueller Kostensätze und eigenen Fertigungsparametern. So lassen sich im Internet neue Käuferschichten ansprechen. Interessenten kommen dank einfacher Benutzerführung schnell zu dem gewünschten Angebot. Der digitale Angebotsprozess lässt sich bis zur Übergabe in einen Online-Shop erweitern.

## Bestimmung des Product Carbon Footprint als Zusatznutzen

Seit Januar 2025 gilt die neue EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (CSRD) auch für kleine und mittlere Unternehmen. Konstruktion und Entwicklung sind gefordert, sich auf nachhaltigere Produkte zu konzentrieren und den Product Carbon Footprint zu reduzieren. Dazu müssen die von Rohstoffen, Halbzeugen und Bearbeitungsprozessen ausgehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen ermittelt und ausgewiesen werden.

Da trifft es sich gut, dass Costing24 diese Informationen ebenso detailliert ausweist wie die Herstellkosten. Das ist ein wichtiger Zusatznutzen für Zulieferer und Hersteller, die nachhaltigere Produkte produzieren wollen.

« RT

Dr. Thomas Tosse ist Inhaber der Agentur Hightech Marketing.





# VON DER KONSTRUKTION BIS ZUR KALKULATION

Wer früh weiß, was ein Produkt kostet, trifft bessere Entscheidungen – und bleibt wettbewerbsfähig.

Integriertes Cost Engineering hilft Unternehmen dabei. » VON RALF ALTPETER

**B**is zu 80 Prozent der späteren Kosten werden in der Produktentwicklung bereits in der Designphase festgelegt. Dennoch erfolgt die Kostenbewertung oft erst kurz vor Serienstart – zu spät, um gegenzusteuern. Die Folgen sind aufwändige Anpassungen, zusätzliche Kosten und Entscheidungen auf unsicherer Datenbasis.

Die Integration von Product Lifecycle Management (PLM) und Enterprise Product Costing (EPC) schafft einen durchgängigen Informationsfluss zwischen Entwicklung und Cost Engineering als Basis für automatisierte Prozesse und fundierte Entscheidungen.

Digitale Tools wie CAD- oder PLM-Systeme sind in Entwicklungsabteilungen längst Standard. Dennoch wird das Thema Kosten häufig isoliert betrachtet. Während Ingenieurinnen und Ingenieure am Produktdesign arbeiten, kalkuliert das Cost Engineering, ohne direkte Verbindung zum aktuellen Entwicklungs-

stand, parallel in separaten Anwendungen. Diese Fragmentierung der Systeme führt zu typischen Problemen:

- 1. Manuelles BOM-Handling:** Stücklisten werden manuell übertragen – fehleranfällig und zeitaufwendig.
- 2. Dateninkonsistenzen und Silos:** Mehrere Versionen kursieren gleichzeitig, die Synchronisation fehlt.
- 3. Versionschaos:** Unterschiedliche Entwicklungsstände erschweren die Nachvollziehbarkeit.
- 4. Fehlende Entscheidungsgrundlage:** Managemententscheidungen basieren auf unvollständigen Daten.
- 5. Späte Kostenbetrachtung:** Kostentreiber werden erst erkannt, wenn es zu teuren Änderungen kommt.

Diese Punkte zeigen: Ohne integrierte Systeme bleibt Cost Engineering reaktiv und fehleranfällig. Manuelle Prozesse und isolierte Daten verhindern notwendige Entscheidungen in der Frühphase der Produktentwicklung.

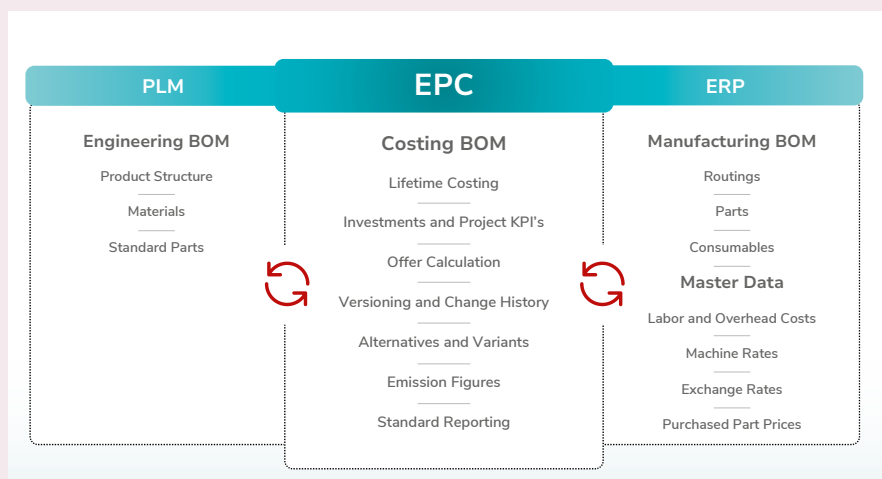
## Vom Datenchaos zur Single Source of Truth

Eine integrierte PLM-EPC-Umgebung löst diese Probleme an der Wurzel. Automatisierte Schnittstellen übertragen Stücklisten aus PLM-Systemen fehlerfrei und versionssicher in die EPC-Lösung. So entsteht eine Single Source of Truth, die sowohl technische als auch betriebswirtschaftliche Perspektiven verbindet.

Design-to-Cost wird damit zur gelebten Praxis. Kostenaspekte fließen von Beginn an in die Entwicklung ein. Änderungen werden automatisch angezeigt und jede Designentscheidung lässt sich hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Auswirkungen bewerten.

## Automatisierung als neuer Hebel im Cost Engineering

Für Cost Engineers markiert die Automatisierung der Systeme einen Paradigmenwechsel. Wo früher Daten manuell gepflegt wurden, laufen die Schritte im Hintergrund nahtlos ab. Automatisierte Importe übertragen



**Facton EPC schließt die Lücke zwischen PLM und ERP.**

Stücklisten direkt aus dem PLM-System ins EPC, regelbasierte Updates und der Versionsabgleich zeigen sofort Handlungsbedarf.

So arbeiten Konstruktion und Cost Engineering enger zusammen: Kosten fließen in Echtzeit in den Entwicklungsprozess ein, Entscheidungen entstehen gemeinsam auf einer zentralen Datenbasis.

### Praxisbeispiel: PLM und Facton EPC im Zusammenspiel

Wie integriertes Cost Engineering in der Praxis funktioniert, zeigt ein typischer Workflow aus der Fertigungsindustrie.

#### → Schritt 1 –

##### **Produktkostenprojekt anlegen**

Der Cost Engineer startet ein neues Projekt in Facton EPC und legt Ziele sowie Kostenvorgaben fest. Er definiert damit die Struktur für die Kostenverfolgung über den gesamten Produktlebenszyklus. Die frühzeitige Abstimmung von Engineering- und Kostenzielen reduziert spätere Iterations Schleifen und schafft Planungssicherheit.

#### → Schritt 2 –

##### **Produktkosten-Stückliste erstellen**

Die Entwicklungsabteilung erstellt die Entwicklungsstückliste (BOM) im PLM-System. Die BOM wird automatisch in Facton EPC importiert und dort mit Prozessdaten, Taktzeiten und Kostenstellen angereichert. Auf diese Weise fungiert die Stückliste konsistent und nachvollziehbar als zentrales Bindeglied zwischen Design und Kostenanalyse.

#### → Schritt 3 –

##### **Designalternativen kalkulieren**

Das Cost Engineering plausibilisiert die Kalkulationsstückliste in Facton EPC und kann mehrere Designalternativen bewerten. Für jede Option führt das Tool Kostensimulationen durch und zeigt die

Auswirkungen von Designänderungen auf einen Blick.

#### → Schritt 4 –

##### **Bevorzugte Variante freigeben**

Das interdisziplinäre Team aus Engineering, Cost Engineering und Controlling evaluiert die verfügbaren Alternativen und wählt die wirtschaftlich sinnvollste Konstruktion aus. Das gewählte Design ist kostenvalidiert und von allen relevanten Stakeholdern klar dokumentiert. Die Risiken von teuren Re-Designs oder unerwarteten Kosten lassen sich so deutlich reduzieren.

#### → Schritt 5 – Vollständiges

##### **Kostenmodell aufbauen**

Die Teams erweitern die freigegebene Stückliste zu einem vollständigen Produktkostenmodell mit Montage-, Test- und Gemeinkosten. Das Engineering erhält so früh einen Überblick über alle Kosten – von der Einzelkomponente bis zum fertigen Produkt – und erkennt, wie Designentscheidungen die Rentabilität beeinflussen.

#### → Schritt 6 –

##### **Soll-Ist-Vergleich durchführen**

Die Teams vergleichen kalkulierte Kostentreiber wie Arbeitszeit, Maschinen-

auslastung und Materialverbrauch mit Ziel- und Benchmark-Daten. Der strukturierte Vergleich deckt Abweichungen auf und vereinfacht Analysen zu Kostenentwicklungen über Produktreihen oder Varianten. Unternehmen steuern ihre Kosten proaktiv und halten somit die Rentabilität auf Kurs.

### Messbare Vorteile im Cost Engineering

Die Integration von PLM und EPC stärkt die Zusammenarbeit zwischen Engineering und Cost Engineering im gesamten Produktentstehungsprozess:

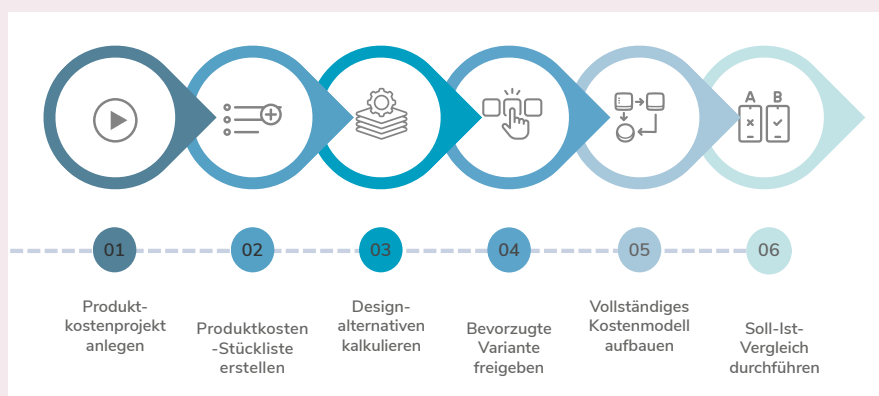
- **Gemeinsame Datenbasis:** Automatisierte Datenflüsse verbinden Design- und Kostendaten nahtlos.
- **Frühe Kostentransparenz:** Engineering und Cost Engineering bewerten Kosten bereits im Entwurf – nicht erst in der Serie.
- **Nachvollziehbare Änderungen:** Jede Anpassung im Design wird in der Kalkulation berücksichtigt.
- **Schnellere Entwicklung:** Automatisierte Workflows und abgestimmte Prozesse verkürzen Entwicklungszyklen.
- **Fundierte Entscheidungen:** Entscheidungen basieren auf konsistenten und belastbaren Kostendaten.

### Früh wissen, was ein Produkt kostet – und besser entscheiden

Wer PLM und EPC integriert, schafft eine neue Qualität und ein neues Tempo in Engineering und Cost Engineering. Unternehmen profitieren doppelt: Sie reduzieren Kosten und Risiken – und gewinnen Geschwindigkeit und Sicherheit. Wer früh weiß, was ein Produkt kostet, trifft bessere Entscheidungen – und bleibt wettbewerbsfähig in einem Markt, in dem jede Stunde und jeder Euro zählt.

« RT

Ralf Altpeter ist General Manager bei Facton.



**Cost-Engineering-Workflow im Zusammenspiel mit PLM und EPC.**

Grafiken: Facton



Geopolitische Spannungen wirken sich auf den gesamten Produktlebenszyklus aus.

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

# GEOPOLITISCHE DISRUPTION ÜBERSTEHEN

Globale Spannungen, wirtschaftliche Unsicherheiten und instabile Lieferketten stellen die Fertigungsindustrie vor große Herausforderungen. Unternehmen müssen ihre Strategien für Produktion, Beschaffung und Vertrieb neu ausrichten, um handlungsfähig zu bleiben. Dabei rückt die Fähigkeit, sich schnell an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen und Risiken proaktiv zu steuern, in den Fokus. Digital vernetzte PLM-Umgebungen schaffen die Grundlage für diese Resilienz.

» VON DR. STEFFEN KUNNEN

**W**eltweit stehen Fertigungsunternehmen zunehmend unter Druck, da geopolitische Spannungen und wirtschaftliche Disruptionen die Spielregeln des globalen Geschäfts neu definieren. Handelskonflikte, schwankende Zölle und Lieferkettenstörungen infolge militärischer Auseinandersetzungen verschärfen die Unsicherheit.

Die Auswirkungen sind bereits in wichtigen Industrieländern spürbar: Laut dem ifo Institut für Wirtschaftsforschung könnten

die im April von den USA angekündigten reziproken Zölle und produktspezifischen Abgaben die deutsche Industrie mittelfristig um bis zu 2,8 Prozent schrumpfen lassen. Zwar wurden einige Maßnahmen inzwischen abgemildert, doch die künftigen Handelsbeziehungen bleiben unklar.

In dieser volatilen Lage überdenken Fertigungsunternehmen ihre Produktions-, Vertriebs- und Lieferkettenstrategien, um Kosten zu stabilisieren und ihre Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Eine aktuelle Studie im Auftrag von Revalize zeigt: 85 Prozent der befragten

Unternehmen aus den USA, Deutschland, Österreich und der Schweiz restrukturieren derzeit aktiv ihre Lieferketten, um Risiken zu minimieren und langfristige Resilienz aufzubauen.

## Auswirkungen auf den gesamten Produktlebenszyklus

Geopolitische Spannungen verändern nicht nur, wie Organisationen über internationale Grenzen hinweg agieren, sondern stören auch Produktionsprozesse innerhalb ihrer Werke. Was einst als ein potenzielles Risi-

ko gesehen wurde, ist zu einer alltäglichen Realität geworden, die jede Phase des Produktlebenszyklus betrifft. Von der Planung und Produktion bis hin zur Beschaffung und Auslieferung stehen Fertigungsunternehmen unter wachsendem Druck, sich in Echtzeit an die sich verändernden globalen Bedingungen anzupassen.

Die finanziellen Auswirkungen sind deutlich erkennbar: 53 Prozent der für die Studie befragten Fertigungsunternehmen berichten von steigenden Produktionskosten aufgrund jüngster geopolitischer Ereignisse und 50 Prozent verzeichnen höhere Kosten durch neue Zölle und geänderte weltweite Compliance-Vorschriften.

Bei der Frage, welche Bereiche des Produktlebenszyklus der eigenen Organisation am stärksten von den jüngsten geopolitischen Ereignissen betroffen waren, nennen 62 Prozent der Studienteilnehmer die Beschaffung, 62 Prozent die Produktion, 48 Prozent den Vertrieb, 24 Prozent die Kundenbetreuung und 19 Prozent die Konstruktion. Das legt gravierende Schwachstellen in eng verzahnten Liefernetzwerken offen. Für viele Organisationen bedeutet das mehr Transparenz, Zusammenarbeit und End-to-End-Kontrolle zur Risikominderung und Absicherung der operativen Resilienz.

### Mehr Resilienz durch Vereinfachung und Transparenz

In dieser Ära der Unsicherheiten bedeutet wettbewerbsfähig zu bleiben, über kurzfristige Lösungen hinauszudenken und echte digitale Transformation aktiv voranzutreiben. Für Fertigungsunternehmen weltweit beginnt das mit der Vereinfachung komplexer Tech-Stacks, der Verbesserung der funktionsübergreifenden Transparenz, der Automatisierung von Workflows und der Stärkung der Agilität in der Lieferkette.

Wenn Daten und Workflows in einer Single Source of Truth (SSOT) vereint sind, erhalten Fertigungsunternehmen die notwendige Transparenz, um Szenarioplanung, Kostenmodellierung und Risikomanagement gezielt zu optimieren, lange bevor sich Störungen auf das gesamte Netzwerk auswirken.

Die Umsetzung dieses Integrationsniveaus bleibt jedoch eine Herausforderung: 58 Prozent der befragten Fertigungsunternehmen berichten über Schwierigkeiten bei der Verknüpfung ihrer Tools und Technologien, bedingt durch isolierte Datenbestände, veraltete Infrastrukturen und fragmentierte Prozesse. Die Konsolidierung redundanter Systeme und die Abstimmung von Engi-

**Welche Bereiche des Produktlebenszyklus Ihrer Organisation waren von den jüngsten geopolitischen Ereignissen am stärksten betroffen?**

Die Bereiche des Produktlebenszyklus, die laut der Revalize am stärksten von geopolitischen Entwicklungen betroffen sind.

Bild: Revalize



© 2025 Revalize Software, Inc. All Rights Reserved.

neering-, Produktions- und Supply-Chain-Prozessen sind daher entscheidend, um Margen zu verbessern und die organisatorische Agilität zu erhöhen.

### Digitaler Faden und automatisierte Workflows

Moderne Umgebungen für das Product Lifecycle Management (PLM) wie PRO.FILE von Revalize können maßgeblich dazu beitragen, Lücken zu schließen, indem sie Produktdaten, die Dokumentation und die Zusammenarbeit

Datenfluss zwischen Konstruktion, Produktion und Lieferkette schafft dabei die Basis für belastbare, integrierte Prozesse.

Durch mobilen Zugriff auf Echtzeitinformationen, etwa über die PRO.FILE FLEX App, können Teams standortunabhängig Fortschritte verfolgen, Freigaben steuern und Design-Iterationen vergleichen. Das erhöht Transparenz, Produktivität und Verantwortlichkeit.

Zudem ermöglichen KI-gestützte Analysen und automatisierte Workflows die Prognose von Lieferantenrisiken, die Optimierung von Prozessen und fundiertere Entscheidungen. So entstehen Freiräume für Innovation und strategisches Wachstum.

**RESILIENZ BEDEUTET NICHT, DIE NÄCHSTE DISRUPTION VORHERZUSAGEN, SONDERN SYSTEME ZU SCHAFFEN, DIE SICH UNMITTELBAR AN NEUE BEDINGUNGEN ANPASSEN.**

in einem einheitlichen digitalen Ökosystem zentralisieren. Diese vernetzte Grundlage verschafft Teams die erforderliche Transparenz und Kontrolle, um schneller zu agieren, Compliance-Anforderungen einzuhalten und von der Konstruktion bis hin zur Auslieferung abgestimmt zu bleiben.

Fortschritte in Künstlicher Intelligenz (KI) und Automatisierung erweitern die Möglichkeiten im Product Lifecycle Management (PLM) erheblich. Sie liefern die Intelligenz und Agilität, die Fertigungsunternehmen benötigen, um schneller und datengestützt zu entscheiden, sich an geopolitische Veränderungen anzupassen und operative Risiken zu minimieren. Ein durchgängiger

### Fazit: Herausforderungen mit Zuversicht meistern

Lieferketten werden zunehmend komplexer, was es Fertigungsunternehmen erschwert, Transparenz zu wahren und schnell auf Veränderungen zu reagieren. Ein Echtzeitzugriff auf Daten über den gesamten Produktlebenszyklus und die Lieferkette hinweg ist daher entscheidend, um Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und Unsicherheiten proaktiv zu bewältigen.

Resilienz bedeutet dabei nicht, die nächste Disruption vorherzusagen, sondern Systeme zu schaffen, die sich unmittelbar an neue Bedingungen anpassen. Durch Vereinfachung von Prozessen, mehr Transparenz und den Einsatz von Automatisierung bleiben Fertigungsunternehmen agil und können zukünftige Herausforderungen mit Zuversicht meistern.

« KF

**Dr. Steffen Kunnen** ist Lead Product Manager bei Revalize.

# TOP-KOMPONENTEN AUS EINER HAND

Mit „Stabilus4Automation“ präsentiert die Stabilus Gruppe maßgeschneiderte Synergien für die Automatisierungsbranche. Erreicht werden diese, indem die Gruppe die Komponenten ihrer Marken ACE, Destaco, Fabreeka und Hahn Gasfedern kombiniert. Das führt zu einer neuen Stufe an Lösungen, die nun unter einem Dach angeboten werden.

» VON ROBERT TIMMERBERG

**D**as erste Ergebnis von „Stabilus4Automation“ basiert auf der Expertise und den Produkten der Expertenmarken ACE und Destaco und führt zu einer gemeinsamen Lösung beider Unternehmen. Bei dieser haben Destaco, bekannt für seine Expertise in der Greifertechnologie und Spanntechnik, und ACE, spezialisiert auf Dämpfungslösungen, ein bestehendes Produkt von Destaco verbessert: die Sackgreifer der DBG-Serie. Diese Greifer sind äußerst anpassungsfähig und können sowohl Boxen und Kartons als auch Säcke und Beutel handhaben sowie in einer Vielzahl weiterer Prozesse eingesetzt werden. Die DBG-Sackgreiferserie gilt als eine der schnellsten und zuverlässigsten Lösungen auf dem Markt und profitiert neuerdings von der Integration der Dämpfungslösungen von ACE. Die Kooperation markiert den Beginn weiterer Entwicklungen, die die Gruppe aktiv vorantreibt und die für Automatisierungsaufgaben eingeführt werden. Kunden profitieren von nahtlosen Lösungen aus einer Hand und von neuen Synergien.

## Sackgreifer der DBG-Serie für schnelle und zuverlässige Transfers

Die Sackgreifer eignen sich ideal für Pick&Place-Palettieranwendungen und ermöglichen die effiziente Handhabung und Stapelung von Boxen oder Beuteln. Die DBG-Serie zeichnet sich durch ein leichtes, vor Ort anpassbares Design aus, das häufig in der Lebensmittelindustrie für die Verpackung von Konsumgütern sowie

Längere Lebensdauer und geringerer Energieverbrauch im Destaco Boxgreifer, optimiert mit ACE Kleinstoßdämpfern der MC-Familie.

in Sonderanwendungen anderer Branchen eingesetzt wird. Weil Geschwindigkeit in diesen Prozessen das A und O ist, überzeugt diese Innovation besonders durch rapides Abarbeitungstempo bei schneller und gleichzeitig sicherer Betätigung, was verkürzte Zykluszeiten ermöglicht. In Kombination mit Robotern können diese Greifer bis zu 30 Boxen pro Minute palettieren.

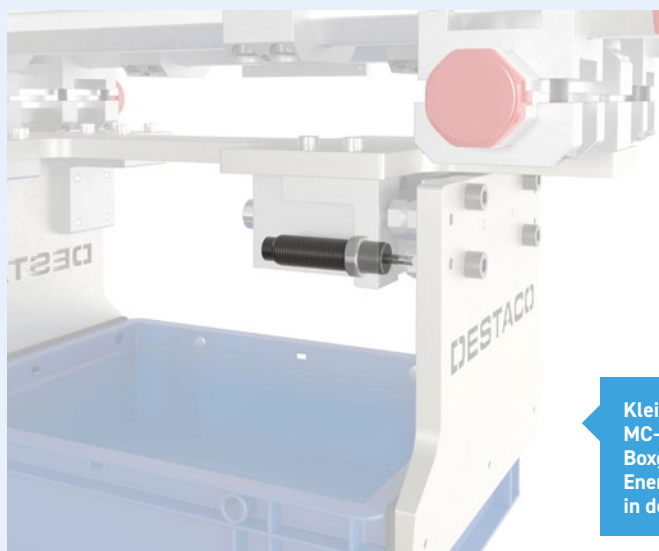
Für sichere Transfers bei hohen Geschwindigkeiten verfügt die DBG-Serie über einen geschlossenen pneumatischen Kniehebelspanner mit integrierter Öffnungs- und Schließerkennung. Diese Konstruktion hält Boxen auch bei Druckverlust sicher und macht schwerere, komplexere und teurere Gestängesysteme überflüssig. Die DBG-Serie legt Wert auf Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität und bietet verschiedene Optionen, darunter Palettenaufnahme, Zwischenblatt-Transfermechanismen und feder- oder pneumatisch gesteuerte Haltesysteme. Um den vielfältigen Anforderungen noch besser gerecht zu werden, steht eine Auswahl an Ventil- und Steuerungs Paketen zur Verfügung, die eine optimale, auf spezifische Anwendungen zugeschnittene Leistung gewährleisten.

**PERIPHERIE-GERÄTE UND GÜTER SIND JETZT BESSER GESCHÜTZT.**

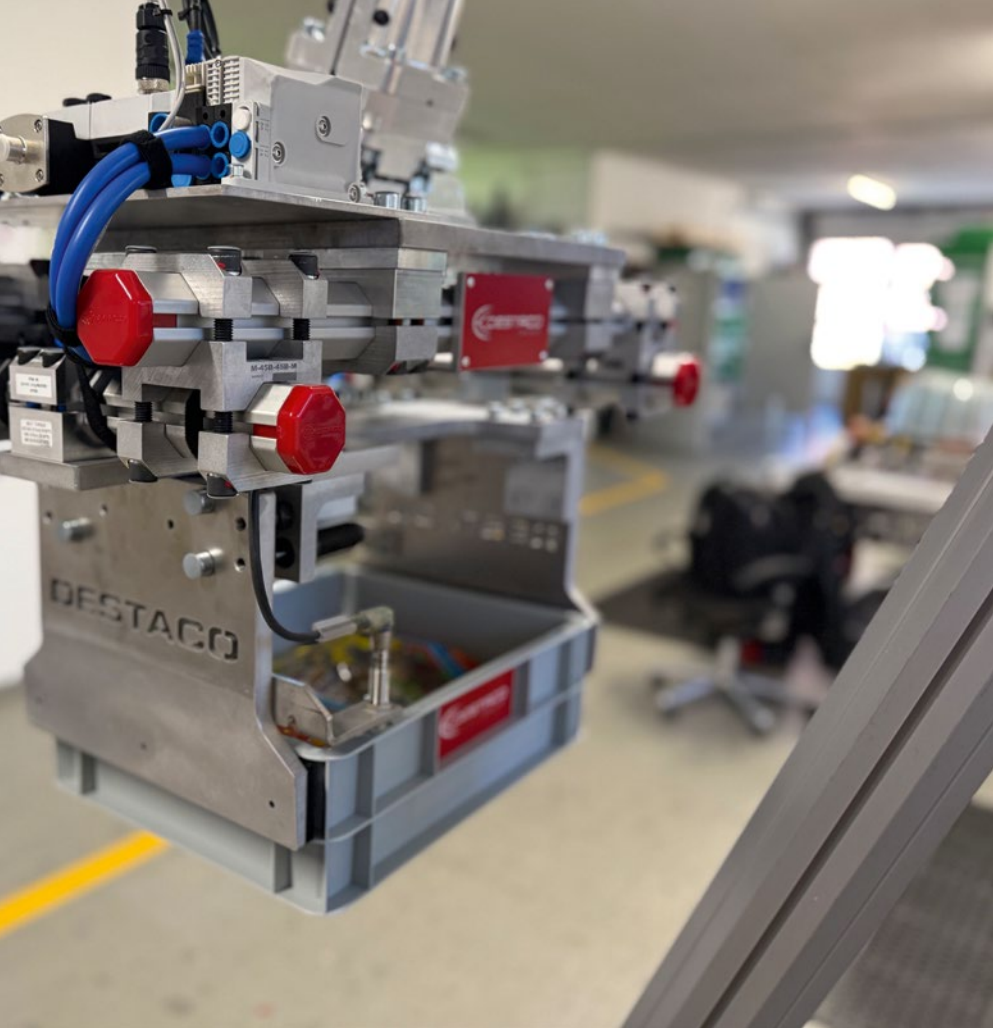
## Vorteile durch die Integration von Kleinstoßdämpfern

So haben die Automatisierungsexperten mit den Dämpfungsspezialisten eine gemeinsame, maßgeschneiderte Handhabungslösung entwickelt, die jetzt als äußerst effektives Greifwerkzeug bzw. End-of-Arm-Tool (EOAT) erscheint. Durch die Integration von Kleinstoßdämpfern der MC-Familie in das EOAT-Design wurde eine Lösung geschaffen, die nicht nur die Handhabung von Gegenständen

Kleinstoßdämpfer der MC-Familie sorgen im Boxgreifer für hohe Energie- und Platzeffizienz in der Automatisierung.







Fragen nach: „Wie lassen sich Kisten oder Beutel möglichst schnell von A nach B transportieren und parallel sicher greifen?“ Und ACE, seit 1963 bekannt als der Pionier der industriellen Dämpfungstechnologie mit langjähriger Erfahrung in Automatisierungsanwendungen, ist gleichzeitig Garant für mehr Sicherheit und Effizienz. Schließlich bietet das Unternehmen das technische Know-how und maßgeschneiderte Produktlösungen, um Fragen nach dem „Wie kann ich die hier wirkenden Kräfte optimal abbremser und Schäden vermeiden?“ zu beantworten.

### FEIN ABGESTIMMTE STOSS-DÄMPFER ERMÖGLICHEN DEN EINBAU KLEINERER ZYLINDER.

Als Resultat vereint „Stabilus4Automation“ die Fähigkeiten der einzelnen Unternehmen zu einem stimmigen, gemeinsamen Produkt, das Kunden erhebliche Mehrwerte bietet. Synergien wie diese verbessern nicht nur

den unterschiedlicher Größen und Gewichte optimiert, sondern auch den Schutz der Peripheriegeräte und der transportierten Güter erhöht. Die selbsteinstellenden Dämpfer der Familie MC 150 bis MC 600 sind dafür bekannt, auf engstem Raum maximale Energie abbauen zu können. Dank Rollmembran-Technologie weisen sie sehr hohe Standzeiten auf. Die Integration von Greiftechnologie mit überlegenen Dämpfungsmechanismen reduziert die Belastung der Anlagenstruktur erheblich und führt zu kürzeren Zykluszeiten sowie einer längeren Lebensdauer. Auf diese Weise profitieren Kunden vom verbesserten Warenschutz während jedes Zyklus. Und für Anlagenbetreiber stehen langlebigere Greifer und Peripheriegeräte, reduzierter Wartungsaufwand und eine bessere Gesamtenergieeffizienz auf der Habenseite.

Schließlich macht der Einsatz fein abgestimmter Stoßdämpfer den Einbau kleinerer Zylinder möglich, wodurch sowohl Anschaffungs- als auch laufende Betriebskosten für Strom und Druckluft sinken. Ein weiterer Vorteil ist die kompakte Bauweise der Kleinstoßdämpfer, die sich einerseits perfekt für die Nachrüstung bestehender Anlagen und andererseits für effizientere Neukonstruktion mit kleinerem Fußabdruck eignen. Kunden können in jedem denkbaren Szenario die Lösungen, inklusive Ersatz oder Nachrüstung einzelner Maschinenelemente, von



Kleinstoßdämpfer der Typen MC 150 bis MC 600: Präzisionstechnik für langlebige Energieaufnahme und verbesserte Systemeffizienz.

Bilder: Stabilus

einem Anbieter beziehen. Das vereinfacht und optimiert Prozesse, was zu günstigeren Handhabungslösungen führt.

### Stabilus4Automation: Integrierte Lösungen mit Mehrwert

Unter dem Dach der Stabilus Gruppe bietet die Expertise der sich ideal ergänzenden Expertenmarken wie Destaco und ACE zahlreiche weitere Vorzüge. Destaco als Entwickler von Hochleistungs-Automatisierungs-, Spanntechnik- und Remote-Handling-Lösungen beantwortet dabei so wichtige

einzelne Produktangebote, sondern schaffen integrierte Lösungen mit höherer Leistung und für gesteigerte Kundenzufriedenheit. In Kombination mit der Produktpalette von Fabreeka und Hahn Gasfedern ergibt sich ein fast grenzenloses Potenzial für Fortschritte in der Automatisierungsbranche. Entsprechend stellt die Stabilus Gruppe jetzt Konstrukteuren kollaborative Entwicklungen zur Verfügung, durch die Lösungen entstehen, die nicht nur die Effizienz steigern und die Energiekosten senken, sondern auch aus einer Hand angeboten werden. **« KIS**

**Robert Timmerberg M. A.** ist Fachjournalist (DFJV) und Geschäftsführer der Agentur plus2.



Das Motor Drive System IE5/IE6 mit i650 motec erreicht die Wirkungsgradklassen IE5 und IE6 und ist so einfach in der Handhabung wie ein Asynchronmotor.

# SMARTE ANTRIEBSTECHNIK – SMARTE AUTOMATISIERUNG

Die industrielle Automatisierung steht im Zentrum der digitalen Transformation. Smarte Automatisierungslösungen sind der Schlüssel, um Effizienz, Flexibilität und Nachhaltigkeit in der Produktion zu steigern. Künstliche Intelligenz (KI) und modulare Softwarearchitekturen ermöglichen neue Geschäftsmodelle und verkürzen die Zeit bis zur Markteinführung.

» VON LISA STERNER

**D**ie Anforderungen an Maschinenbauer und Betreiber steigen: Sie müssen komplexe Systeme beherrschen, Ressourcen schonen und sich schnell an wechselnde Marktbedingungen und einen stetig wachsenden Fachkräftemangel anpassen. Als Lösungsanbieter für Motion Control unterstützt Lenze Unternehmen mit intelligenten Antriebssystemen und Engineering-Tools, um diesen Herausforderungen erfolgreich zu begegnen.

## Smarte Antriebstechnik als Basis

Was bedeutet „smart“ in der Antriebstechnik? Es ist die intelligente Verbindung von Hard-

ware, Software und Engineering-Tools, die den gesamten Lebenszyklus einer Maschine optimiert. Smarte Antriebstechnik ermöglicht die Integration von Sensorik, Steuerung und Kommunikation direkt im Antrieb. Für Maschinenbauer und Betreiber bedeutet das: höhere Produktivität, geringerer Energieverbrauch und maximale Transparenz über den Zustand der Maschine. Die Kombination aus leistungsfähigen Motoren, flexiblen Umrichtern und digitalen Tools schafft die Grundlage für zukunftssichere und skalierbare Automatisierungslösungen.

## Motor Drive System IE5/IE6 mit i650 motec

Ein Paradebeispiel, wenn es um die Kombination von Motor, Getriebe und Umrichter geht, ist das neue Motor Drive System IE5/IE6, das in Sachen Energieeffizienz und Nachhaltigkeit neue Maßstäbe setzt. Das System erreicht die Wirkungsgradklassen IE5 und IE6 und ist so einfach in der Handhabung wie ein Asynchronmotor. Es besteht aus Motor m550 oder m650, Getriebe g500 in Kombination mit den Umrichtern i550 oder i650 motec, arbeitet sensorlos und liefert auch in

**DER MOTOR KANN AUS DEM STILLSTAND DIREKT AUF VOLLLAST BESCHLEUNIGEN.**



dynamischen Applikationen volle Performance. Das Motor Drive System IE5/IE6 ist vielseitig einsetzbar – von Intralogistik über Verpackungstechnik bis zu anspruchsvollen Förderanwendungen. Die Kombination aus Energieeffizienz, einfacher Inbetriebnahme und modularer Erweiterbarkeit macht es zur idealen Lösung für moderne Maschinenkonzepte.

Die Vorteile? Dank eines Überlastmoments von 300 Prozent kann der Motor direkt aus dem Stillstand auf Volllast beschleunigen – das sorgt für maximale Dynamik und Leistung. Gleichzeitig werden die Motorverluste um mehr als 60 Prozent reduziert, was nicht nur die Energiekosten deutlich senkt, sondern auch den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck um mehr als zehn Prozent verringert.

## DIE DATEN SIND VOM ANTRIEB BIS IN DIE CLOUD DURCHGÄNGIG VERFÜGBAR.

Ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil ergibt sich aus den reduzierten Hardwarekosten: Im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen lassen sich Einsparungen von bis zu 50 Prozent erzielen. Die einfache Integration wird durch das kompakte Design und den sensorlosen Betrieb zusätzlich unterstützt. Das minimiert den Installationsaufwand und reduziert potenzielle Fehlerquellen.

### Modularität und Interoperabilität

Modularität ist entscheidend für die Flexibilität heutiger Produktionssysteme. Maschinen werden mechanisch und softwareseitig modular aufgebaut, sodass Varianten und Anpassungen schnell umgesetzt werden können. Lenze setzt auf offene Schnittstellen wie EtherCAT, Profinet und OPC UA, die eine einfache Integration in bestehende



Der innovative Frequenzumrichter i650 motec kann wand- und motormontiert werden.

Bilder: Lenze

Systemlandschaften ermöglichen. Typische Anwendungen sind modulare Verpackungslinien, automatisierte Lager und flexible Produktionszellen. Die Unterstützung offener Marktstandards und die durchgängige Datenverfügbarkeit vom Antrieb bis in die Cloud schaffen Transparenz und eröffnen neue Potenziale für digitale Services und vorausschauende Wartung.

### Zentrale und dezentrale Bewegungssteuerung

Das hybride Steuerungskonzept vereint zentrale und dezentrale Bewegungssteuerung. Während zentrale Steuerungen komplexe Abläufe koordinieren, ermöglichen dezentrale Lösungen wie der i650 motec autarke Maschinenmodule mit integrierter Intelligenz. Die Vorteile sind:

- **Skalierbarkeit:** Maschinenmodule können unabhängig geplant und betrieben sowie Produktionslinien einfach erweitert werden.
- **Flexibilität:** Kombination aus zentraler und dezentraler Steuerung ermöglicht die optimale Anpassung an unterschiedliche Produktionsanforderungen.
- **Wiederverwendbare Software-Bausteine:** Entwickler müssen die Funktionsbausteine nur einmal lernen und pflegen, egal, wo sie eingesetzt werden.

Im Vergleich zu rein zentralen oder dezentralen Lösungen bietet das hybride Konzept einen echten Mehrwert für die Skalierbarkeit und Performance moderner Maschinen.

### Engineering mit Easy System Designer

Digitale Tools wie der Easy System Designer spielen eine zentrale Rolle bei der Planung und Auslegung smarter Antriebssysteme. Sie reduzieren die Komplexität im Engineering, ermöglichen Simulationen und unterstützen die virtuelle Inbetriebnahme. Bereits in der Planungsphase zeigt der System Designer transparent auf, wie viel Strom und Energiekosten später eingespart werden können. Das erleichtert die Auswahl der optimalen Komponenten und sorgt für einen reibungslosen Projektverlauf – von der Konzeption bis zur Inbetriebnahme.

Die Zukunftstrends sind klar: Digitalisierung, KI und nachhaltige Lösungen prägen die Industrie von morgen – und Automatisierung ist der Schlüssel dazu. Doch echte Intelligenz in der Produktion entsteht nicht erst auf der Steuerungsebene oder in der Cloud, sondern beginnt ganz konkret im Antrieb. Smarte Antriebstechnik bildet die Basis für effiziente, skalierbare und nachhaltige Automatisierungslösungen und schafft so die Voraussetzungen für eine schnelle Anpassung an dynamische Marktanforderungen. Wer heute in smarte Automatisierung investiert, sollte deshalb bei der Antriebstechnik beginnen – denn hier entscheidet sich die Zukunftsfähigkeit jeder Maschine. Lenze steht als Partner für smarte Antriebstechnik an der Seite seiner Kunden und bietet innovative Produkte und Services für den Maschinenbau von morgen. **« KIS**



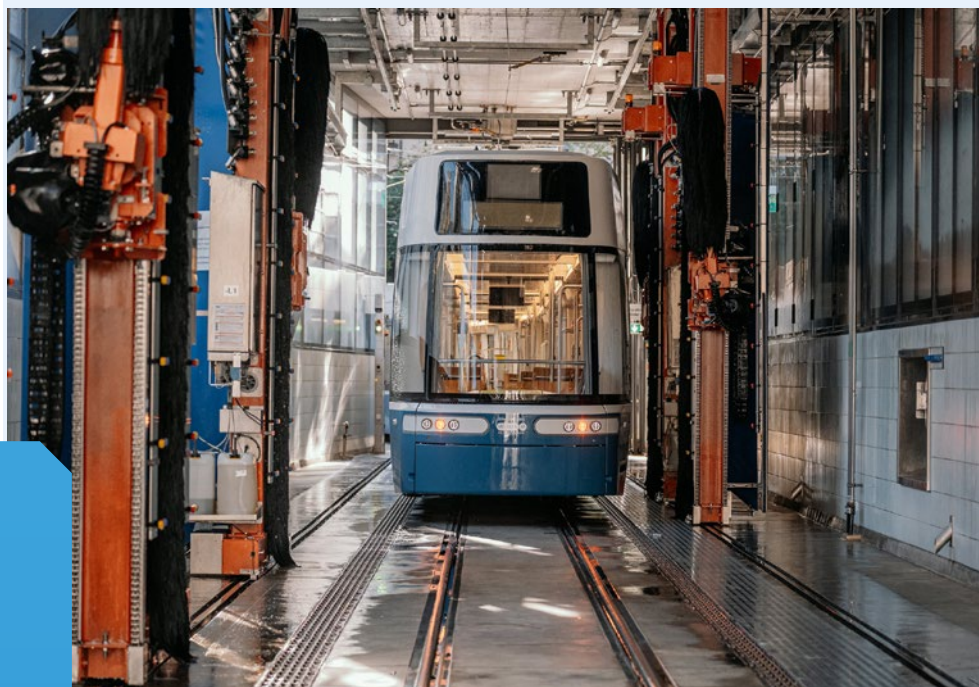
Der dezentrale Frequenzumrichter i650 motec ermöglicht autarke Maschinenmodule mit integrierter Intelligenz.

**Lisa Sterner** arbeitet im Bereich Corporate Communications bei Lenze.



# SIMULATION ERSETZT DEN LANGEN TESTLAUF

Mit den richtigen Lösungen ist es heute schon möglich, qualitativ hochwertigere Maschinen in kürzerer Zeit und mit weniger Fachkräften auf den Markt zu bringen. Wie sich das mithilfe von Automatisierungstechnik, eines digitalen Zwillings und Low-Code-Programmierung umsetzen lässt, haben ein Maschinenbauer, ein Ingenieurbüro sowie ein Technologiekonzern vorgemacht. » VON VOLKER VOGLER



Zur Wäsche wird die Tram in der Waschhalle geparkt. Die vier Waschwagen fahren rechts und links am Fahrzeug entlang.

**G**enug der düsteren Prognosen! Dass sich der deutsche Maschinen- und Anlagenbau aktuell in anspruchsvollen Fahrwassern befindet, bedarf an dieser Stelle keiner weiteren Erklärung. Alle wissen, was die Stunde geschlagen hat. Doch hilflos ausgeliefert sind die Unternehmen dieser Krise nicht. Gerade der technologische Fortschritt auf dem Gebiet der Digitalisierung – vor allem die weitere Verzahnung von IT und OT – bietet enormes Potenzial, um Wettbewerbsfähigkeit auch langfristig zu erhalten und auszubauen.

## Digitalisierung als unternehmerische Kernkompetenz

Bei dieser Erfolgsgeschichte geht es um die BHB Waschanlagen Vertriebs GmbH aus

dem baden-württembergischen Holzmaden. Schon seit 1983 werden hier Waschanlagen für Schienenfahrzeuge produziert, und mit seinen 20 bestens ausgebildeten Mitarbeitenden ist das familiengeführte Unternehmen ein fast schon typischer Vertreter der in Deutschland so einzigartigen Mittelstandskultur. Tobias Straub, der den Betrieb im Jahr 2019 von seinem Schwiegervater und Firmengründer Dieter Bossler übernommen hat, kennt die aktuellen Herausforderungen seiner Branche daher sehr genau: „Krise hin oder her, die Zeiten haben sich gewandelt. Wer heute ein wettbewerbsfähiges und für Fachkräfte attraktives mittelständisches Unternehmen führen möchte,

muss bereit sein, sich technologisch weiterzuentwickeln. Gerade die Digitalisierung ist zu einer entscheidenden Kernkompetenz geworden.“ Straub, Jahrgang 1983 und von Haus aus klassischer Maschinenbauingenieur, hat die digitale Transformation daher zur Chefsache erklärt und den Umstieg auf vernetzte Hardwarekomponenten und eine neue Softwarearchitektur in den vergangenen Jahren aktiv vorangetrieben. Mit einer neuen Straßenbahnwaschanlage für die Verkehrsbetriebe Zürich hat diese Entwicklung nun einen vorläufigen Höhepunkt erreicht.

## Straßenbahnen nachhaltig und effizient waschen

Die Waschanlage für Straßenbahnen – oder „Trams“, wie es in der Schweiz heißt –, die das Unternehmen im Zürcher Stadtteil Oerlikon errichtet hat, zeichnet sich durch ein hohes Maß an Effizienz und Nachhaltigkeit aus. Komplette ausgestattet mit Automatisierungskomponenten von Mitsubishi Electric sind sämtliche Betriebsabläufe und Funktionen darauf ausgerichtet, bei minimalem Ressourcenaufwand ein bestmögliches Reinigungsergebnis zu liefern. Insgesamt

können auf der Anlage acht unterschiedliche Waschprogramme gefahren werden, die sich je nach Fahrzeugtyp (in Zürich gibt es drei Tram-Varianten) und Reinigungsintensität unterscheiden.

Gesteuert wird alles von der

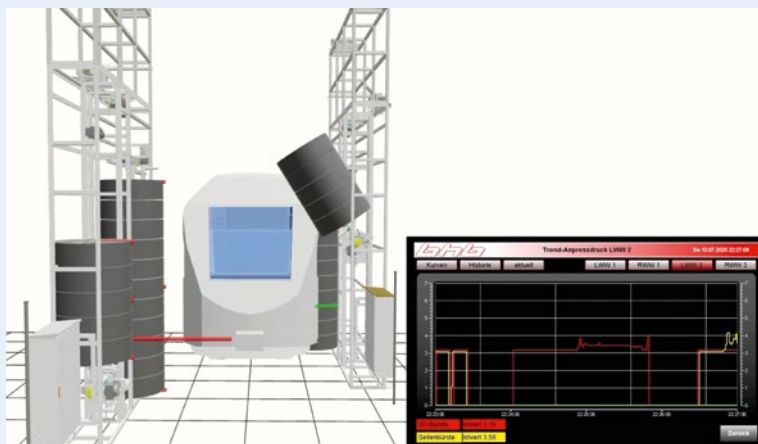
Kompaktsteuerung Melsec FX5U-64MR/DS aus dem Hause Mitsubishi Electric.

Dass die Waschanlage eine so hohe Ressourceneffizienz aufweist, ist, neben der Aufbereitung von Brauch- und Regenwasser, vor allem auf die eingesetzte Antriebstechnik zurückzuführen. Sowohl für die Bewegung der horizontal und vertikal rotierenden Bürsten als auch für die exakte Regelung der

## AUF DER ANLAGE LAUFEN ACHT UNTERSCHIEDLICHE WASCHPROGRAMME.



Die Frequenzumrichter der FR-E800 Serie von Mitsubishi Electric ermöglichen eine energieeffiziente Regelung von Bürsten und Pumpen.



Im digitalen Zwilling sind Waschanlage und Fahrzeuge exakt nachgebildet. Für eine realitätsgetreue Simulation wird das virtuelle Modell von einer echten Mitsubishi-Electric-SPS gesteuert.

verschiedenen Pumpen kommen moderne Frequenzumrichter der FR-E800 Serie von Mitsubishi Electric zum Einsatz. Da diese, im Gegensatz zu einer einfachen Motorschaltung per Schütz oder Relais, eine flexible Motorregelung ermöglichen, können Drehzahl und Drehmoment jederzeit über eine Veränderung der Hertz-Frequenz an die jeweiligen Prozessgegebenheiten angepasst werden. So verbleibt der Arbeitspunkt der Motoren stets im optimalen Bereich der Motorkennlinie, und ein idealer Anpressdruck der Bürsten sowie eine nahezu verlustfreie Energieumwandlung sind zu jedem Zeitpunkt der Wäsche sichergestellt.

Im Fall der Pumpen ist es mithilfe der Frequenzumrichter zudem möglich, Wassermenge und Wasserdruck jederzeit im optimalen Bereich zu halten (drei Bar an der jeweiligen Düse). Je nach dem, wie viele

Sprührohre gerade mit Wasser versorgt werden müssen, lässt sich die Pumpenleistung per Anpassung der Frequenz dynamisch verändern. In Kombination mit den flexibel regelbaren Bürsten ist die Anlage somit in der Lage, auch bei geringem Energie- und

Wasserverbrauch eine hohe und gleichbleibende Reinigungsqualität zu erreichen.

„Oft ist es schon mit einfachen Mitteln möglich, das Automatisierungsniveau einer Maschine erheblich zu verbessern“, erklärt Michael

Brandecker, der bei Mitsubishi Electric als Vertriebsingenieur tätig ist. „Gerade Frequenzumrichter bieten da enormes Potenzial. Ohne dass viel zusätzliches Know-how oder Aufwand vonnöten wäre, können Maschinenbauer ihre Maschinen damit deutlich attraktiver für ihre Kunden machen. Mehr Qualität und weniger Betriebskosten ziehen immer.“

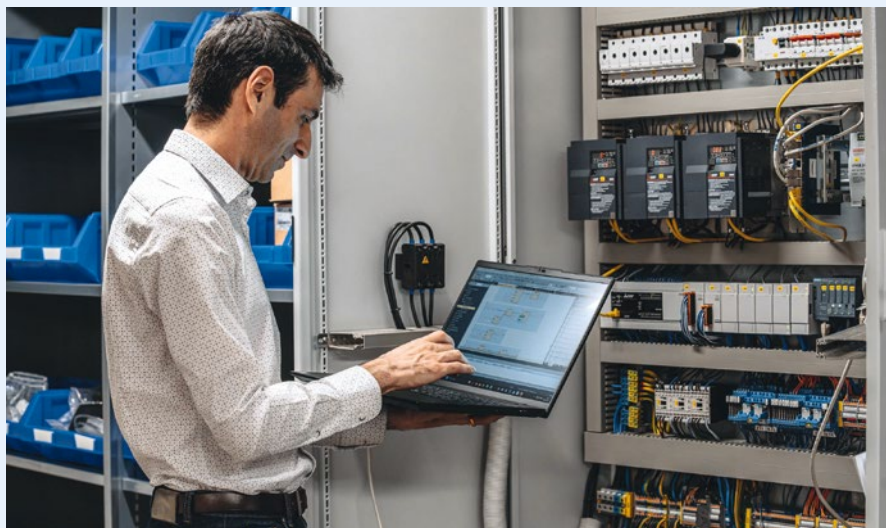
### MODERNE FREQUENZUMRICHTER STEuern DIE BÜRSTEN UND PUMPEN.

### Vier statt zwei – das erfolgreiche Waschwagen-Quartett

Dass die Waschanlage in Zürich neue Maßstäbe in puncto Effizienz setzen kann, hängt neben der Wasser- und Antriebstechnik auch mit dem grundsätzlichen Aufbau der Anlage zusammen. Denn um möglichst viele Fahrzeuge in kurzer Zeit hochwertig reinigen zu können, kommen in der Waschhalle der Zürcher Verkehrsbetriebe nicht – wie sonst üblich – nur zwei, sondern gleich vier sogenannte „Waschwagen“ zum Einsatz. Diese schienengeführten Waschwagen, an denen die beweglichen Bürsten sowie die Sprührohre für Wasser und Reinigungsmittel montiert sind, fahren während des Waschvorgangs rechts und links an der fest positionierten Straßenbahn entlang und sind für die Wäsche zuständig. Da in Zürich nun vier solcher Waschwagen in Betrieb sind, konnte die Waschzeit im Vergleich zu anderen Anlagen des Herstellers spürbar reduziert werden.

„Auch beim Straßenbahnbetrieb gilt: Zeit ist Geld“, sagt Straub mit Blick auf die besonderen Merkmale seiner Anlage. „Aber, und das war eine der besonderen Herausforderungen bei diesem Projekt, je mehr Waschwagen zum Einsatz kommen, desto komplexer sind auch die Abläufe und desto höher sind die Anforderungen bei Programmierung und Inbetriebnahme. Und das sind zwei entscheidende Kostentreiber.“ Wie in so vielen anderen mittelständischen Betrieben in Deutschland stand man also auch in Holzmaden vor der Gretchenfrage: Wie kann es gelingen, den gewachsenen Kundenansprüchen gerecht zu werden und gleichzeitig in puncto Kosten konkurrenzfähig zu bleiben? Bei einem Ingenieurbüro aus Stuttgart fand man die Antwort.

„Wir arbeiten schon seit langem sehr vertrauensvoll mit der Firma Atina und Nawid



Dank digitalem Zwilling konnte die Waschanlage bereits am Schreibtisch intensiv getestet werden. Das hat die Inbetriebnahmezeit drastisch verkürzt.

Bilder: Mitsubishi Electric



**Excel statt Codes: 200 statt 4.000 Zeilen. Auf Basis der Low-Code-Programmierung müssen Waschprogramme nicht länger hartkodiert werden. Das Ausfüllen einer Excel-Tabelle genügt.**

Zarrabi zusammen“, berichtet Straub. „Und von dort ging auch der entscheidende Impuls aus, das Projekt in Zürich für den nächsten Schritt unserer eigenen digitalen Transformation zu nutzen.“ Die Folge: Mit Unterstützung des ebenfalls familiengeführten Ingenieurbüros wurde nicht nur der Umstieg zur sogenannten Low-Code-Programmierung vollzogen, sondern auch erstmals ein digitaler Zwilling für die Inbetriebnahme eingesetzt.

### Low-Code-Programmierung – 200 statt 4.000 Zeilen

Im Unterschied zur klassischen SPS-Programmierung, bei der mit strukturiertem Text gearbeitet und hartkodiert wird, kommt ab sofort eine leicht verständliche Skriptsprache für die Erstellung von Waschprogrammen zum Einsatz: Per Excel-basiertem Editor werden nur noch bestimmte Befehle und Werte, etwa zur Positionierung der Maschine oder zur Öffnung von Magnetventilen, in eine Tabelle eingetragen, ohne dass komplizierter Code geschrieben werden muss. Anschließend lässt sich das fertige Programm als CSV-Datei exportieren und direkt in die Mitsubishi-Steuerung integrieren.

„Für die Schnittstellen braucht es zwar weiterhin die klassische Programmierung, aber für alles andere sind praktisch keinerlei SPS-Skills mehr erforderlich“, erklärt Nawid Zarrabi, der die Skriptsprache mit seinem Ingenieurbüro für die Waschanlagen-Experten entwickelt hat. „Das reduziert den zeitlichen Aufwand für die Erstellung eines Waschprogramms erheblich, und auch spätere Anpassungen lassen sich deutlich schneller und einfacher umsetzen.“ Statt wie bisher aus rund 4.000 Zeilen Text bestehen die

mithilfe der Skriptsprache parametrisierten Waschprogramme nur noch aus maximal 200 Zeilen. Für die Wiederverwendbarkeit der Programme, aber auch für deren generelle Lesbarkeit, ist das ein entscheidender Faktor. „Sollte es mal zu Störungen an der Anlage kommen, müssen wir nicht immer sofort einen Fachexperten nach Zürich schicken“, macht Straub deutlich. „Auch Personen ohne fundierte Programmierkenntnisse können das Programm verstehen und Zusammenhänge erkennen.“

Angesichts dieser Mehrwerte war es auch für Mitsubishi Electric, auf deren SPS-Steuerung die Low-Code-Programmierung umgesetzt wurde, keine Frage, den eingeschlagenen Weg zu unterstützen. „Uns ist es sehr

### DREHZAHL UND DREHMOMENT LASSEN SICH ÜBER DIE HERTZ-FREQUENZ ANPASSEN.

wichtig, dass wir unseren Partnern aus dem Maschinenbau Steuerungshardware zur Verfügung stellen, die Möglichkeiten für eine vereinfachte Programmierung zulässt“, macht Brandecker deutlich. „Die Anwender können dann ihr eigenes Programmierwerkzeug nutzen, das voll auf ihre individuellen Anforderungen zugeschnitten ist. Das macht unsere Technologien, aber auch das gesamte Thema der digitalen Transformation, erheblich zugänglicher und einfacher. Und hier sehe ich uns Hersteller auch in einer wichtigen Verantwortung.“

### Virtuelle Inbetriebnahme verkürzt drastisch die Projektlaufzeiten

Die Einführung einer Low-Code-Skriptsprache ist aber nur eine von zwei Innovationen, die in Holzmaden für die Effizienzsteigerung in Sachen Programmierung und Inbetriebnahme umgesetzt wurde. Zusätzlich kommt inzwischen auch ein dreidimensionaler, digitaler Zwilling zum Einsatz,

mit dem sich die realen Bewegungsabläufe der verschiedenen Waschprogramme exakt simulieren lassen. Werden also in die Excel-Tabelle neue Parameter eingetragen,

lässt sich deren Effekt unmittelbar in der 3D-Simulation überprüfen. Umgekehrt ist es aber auch möglich, bestimmte Werte, die für die perfekte Parametrierung eines Waschprogramms notwendig sind, mithilfe des digitalen Zwillings zu ermitteln.

Ein Beispiel: Da der digitale Zwilling sogar in der Lage ist, die Durchdringung von



Hardware von Mitsubishi Electric ist über Generationen hinweg abwärtskompatibel. Das gilt auch für die Kompaktsteuerung Melsec FX5U-64MR/DS, mit der die Tramwaschanlage gesteuert wird.



Objekten zu simulieren, lässt sich genau bestimmen, wie sich die Motorstromsignatur eines Antriebs in Abhängigkeit vom Durchdringungsgrad von Bürste und Fahrzeug verändert. Die so ermittelten Motorstromwerte können dann verwendet werden, um das Verhalten der Bürsten (beziehungsweise den Regelalgorithmus ihrer Antriebe) bereits vor dem Bau der Anlage so exakt zu parametrieren, dass es bei der Inbetriebnahme keine bösen Überraschungen gibt. Und genau das ist der entscheidende Vorteil.

„Meine Kollegen und ich gehen mit einer ganz anderen Sicherheit auf die Baustelle, wenn wir vorher schon wissen, es funktioniert“, beschreibt Straub die Vorteile

einer realen Steuerung senden und schauen, ob das entworfene Programm auch wirklich lauffähig ist. Die komplette Inbetriebnahme und alle damit verbundenen Fehler machen wir also am Schreibtisch.“

Alle Probleme, die unseren Wirtschaftsstandort derzeit plagen, lassen sich sicherlich nicht mit neuen, digitalen Technologien lösen. Dennoch stellt dieses Beispiel unter Beweis, dass es mit den richtigen Partnern und ein wenig Mut zu Innovationsbereitschaft nach wie vor möglich ist, unabhängiger von den schwierigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu agieren. Mithilfe von Low-Code-Programmierung und digitalem Zwilling können die Spezialisten aus



Bei optimalem Anpressdruck der Bürsten wäscht die Anlage am gründlichsten und am energieeffizientesten. Im digitalen Zwilling kann das exakt simuliert werden.

der neuen Technologie. „Was vorher mehrere anstrengende Wochen in Anspruch genommen hat, dauert auf Basis des digitalen Zwillings heute nur noch ein paar Tage. Wir bauen die Anlage auf, und bis auf ein paar Kleinigkeiten läuft alles wunderbar. Und, da wir den normalen Betrieb kaum stören, ist das natürlich auch für unsere Kunden ein gigantischer Vorteil.“

### Innovation trifft Automation

Der digitale Zwilling, der bei BHB künftig auch für weitere Projekte zum Einsatz kommt, wurde ebenfalls von dem Stuttgarter Ingenieurbüro entwickelt und basiert auf der herstellerunabhängigen Simulationssoftware fe.screen-sim des bayerischen Automatisierungsexperten F.EE. „Durch Hinzufügen eigener Module und CAD-Dateien haben wir eine hochgradig individualisierte Simulationssoftware gestaltet, in der die drei unterschiedlichen Fahrzeugtypen der Zürcher Straßenbahn sowie die mechanischen und elektrotechnischen Komponenten der Waschanlagen als originalgetreue, virtuelle Zwillinge existieren“, fasst Zarrabi zusammen. „Und diesen digitalen Komponenten können wir dann Signale von

Holzmaden nicht nur besonders effiziente Maschinen mit kürzeren Inbetriebnahmezeiten anbieten, sondern sind auch in der Lage, sich als Arbeitgeber im War-for-Talent attraktiver aufzustellen. Weniger Zeit auf Reisen und dafür eine kreativere Maschinenentwicklung mit 3D-basierten Simulationstools sind gerade für jüngere Ingenieurinnen und Ingenieure überzeugende Argumente.

### Partnerschaften als Schlüssel zum Erfolg

„Für uns ist es immer wieder faszinierend zu sehen, was kreative Köpfe aus unseren Technologien alles herausholen können“, freut sich Automatisierungsexperte Brandecker abschließend. „Wenn es auch in anderen Fällen gelingt, dass Hersteller, Systemintegratoren und Maschinenbauer ihr Know-how bündeln und Innovationen so vorantreiben können, wie es uns in diesem Fall gelungen ist, dann muss es einem um den Wirtschaftsstandort Deutschland echt nicht bange sein.“

« KIS

**Volker Vogler** ist Business Development Manager bei Mitsubishi Electric Industrial Automation.

KUNSTSTOFF IST  
LANGELEBIG.

**GUTES  
WISSEN  
AUCH!**



**QR-Code scannen und  
Newsletter abonnieren –  
für News, die Bestand haben!**  
**www.plastXnow.de**

**PLASTX  
NOW**

**PLASTVERARBEITER**

**WIN  
VERLAG**

# SAFETY AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Die Punkt-zu-Punkt-Kommunikationstechnologie IO-Link Safety ermöglicht eine sichere Datenübertragung bis zum „letzten“ Sensor. Sie weist den Weg zu einer zukunftsfähigen Selbstdiagnose und Datenauswertung bis auf die Feldebene – die Voraussetzung für mehr Maschinenverfügbarkeit und eine flexiblere Automatisierung. » VON MATTHIAS WOLFER

Halt-Geräte oder Standardgeräte? Denn der IO-Link Safety Master PDP67 kann sowohl IO-Link Safety-Signale, FailSafe- als auch IO-Link- und Standardsignale verarbeiten. Zudem lassen sich klassische Sicherheitssensoren – beispielsweise mit OSSD-Ausgängen – oder auch Aktoren im Feld anschließen.

## Einfach und platzsparend integrieren

Die Kommunikation über IO-Link Safety läuft grundsätzlich über ungeschirmte Kabel, da nur eine kurze Distanz von bis zu 20 Metern überbrückt werden muss. Dabei kommen industrieübliche Anschlüsse zum Einsatz. Die Verdrahtung wird durch die Verwendung von IP67-Geräten mit M12-Rundsteckverbindern erleichtert und ist besonders effizient. Denn statt komplexer Verkabelungen verbinden Anwender über eine einfache Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Es reicht also aus, den Port am Master korrekt zu konfigurieren. Weiterer Pluspunkt: Beim IOLS-Master zum Beispiel ersetzt der Anschluss eines Sensors an IP67 I/O über genormte M12-Steckverbindungen die gesamte Eingangsverdrahtung zum Schaltschrank (Einkabellösung). Dazu lässt sich die Applikation über das Softwaretool PASconfig einfach konfigurieren und in Betrieb nehmen. Das verkürzt die Integration und minimiert andererseits zukünftige Ausfallzeiten im Feld.

## Null-Fehler durch optimiertes Datenmanagement

Da die M12-Stecker beim IO-Link-Safety-Protokoll grundsätzlich kodiert sind, reduziert sich das Risiko eines falschen Anschlusses. Zwar ist es mechanisch möglich, einen Sensor an den falschen Port anzuschließen, doch das Programm würde einen Fehler sofort melden. Und da es sich um Sicherheitssensoren handelt, läuft die Maschine gar nicht erst an – so gibt es bei einem Fehler keine gefährlichen Zustände. Daher: Nicht nur das Verdrahten, sondern auch die Fehlersuche ist mit dieser Technologie weitestgehend automatisiert und gestaltet sich unkompliziert – IO-Link Safety liefert die Daten für die Diagnose gleich mit.

Ein weiterer Vorteil: Alle Geräte in der verketteten Anlage lassen sich eigenständig identifizieren und parametrieren. Auch sind bei einem Geräteausfall bzw. -tausch alle Parameter automatisch auf das neue Gerät übertragbar. Zusätzlich können Anwender sie entweder in der Steuerung oder wie hier auf einer SD-Karte im Master speichern. Damit reduziert dieses sichere Kommunikationsprotokoll die sonst benötigten Zeiten



Das IO-Link Safety-Paket aus Master, Sensoren sowie Feldgeräten und passendem Zubehör unterstützt vernetzte Maschinen und Anlagen herstellerungebunden bis auf die Sensor- beziehungsweise Feldebene.

Bild: Pilz

**E**in entscheidender Punkt für ein sicheres IIOT: Die Kommunikationstechnologie IO-Link Safety optimiert den sicheren Datenaustausch vernetzter Maschinen und Anlagen. Aktuell stehen für die sichere Kommunikation ins Feld erste IO-Link-Safety-Geräte bereit: Der Sicherheitsexperte Pilz zum Beispiel bietet eine Komplettlösung IOLS mit Master, Sensoren, Feldgeräten sowie passenden Konfigurationstools. Solche Komplettpakete aus einer Hand bedeuten für den Anwender, dass er die IO-Link-Safety-Technologie bzw. deren Geräte oder Sensoren einfacher in seine Anlage integrieren kann. Passende Konfigurationstools unter-

stützen den User. Wenn erforderlich, können Anwender IO-Link-Geräte sowie marktübliche Sicherheitssensoren integrieren. Wie mit dem IO-Link Safety Master PDP67 zum Beispiel, dem Stand heute einzigen zertifizierten Master mit dieser Technologie. Wenn Anwender ihn einsetzen, können sie flexibel entscheiden, was sie anschließen möchten: Werden Eingänge oder Ausgänge benötigt? Oder zusätzliche Geräte wie Lichtgitter, Not-

## IOLS-KOMMUNIKATION LÄUFT GRUNDSÄTZLICH ÜBER UNGESCHIRMTE KABEL.

zierten Master mit dieser Technologie. Wenn Anwender ihn einsetzen, können sie flexibel entscheiden, was sie anschließen möchten: Werden Eingänge oder Ausgänge benötigt? Oder zusätzliche Geräte wie Lichtgitter, Not-



für Installation, Inbetriebnahme und Wartung deutlich.

### „Gewusst was“ für vorausschauende Produktion

Die Technologie kann Anwender auch mit Blick auf die Produktivität unterstützen: In diesem Fall verfügen die Geräte im IOLS über eine Funktion zur Selbstdiagnose, wobei die IOLS-Sensoren Information über den Ist-Zustand bereitstellen: beispielsweise wie häufig die Wartungstür geöffnet, der Not-Halt betätigt oder in Lichtgitter eingegriffen wurde. Diese Informationen werden dann in der übergeordneten Steuerung erfasst und lassen sich zur Erstellung passender Konzepte zur Fehlerbehebung nutzen.

### JEDER LICHTSTRAHL KANN EINZELN AUSGEWERTET UND VERARBEITET WERDEN.

Diese erweiterte Diagnosefähigkeit der IOLS-Sensoren hat gerade auch beim Einsatz von Lichtgittern dezidierte Vorteile. Ein Beispiel: Die Signalqualität eines Lichtgitters kann durch eine fehlerhafte Ausrichtung oder durch Verschmutzung über die Zeit abnehmen. Mit IOLS ausgestattete Lichtgitter können solche Informationen automatisch an die übergeordnete Steuerung oder das Bedienpanel übermitteln. Dies ermöglicht eine vorausschauende wie vorbeugende Wartung, weil potenzielle Fehler frühzeitig erkannt und gemeldet werden, ohne dass



Im Bereich Food and Beverage ein relevanter Faktor: Die erweiterte Diagnosefähigkeit der IOLS-Sensoren ermöglicht beim Einsatz von Lichtgittern eine vorausschauende und vorbeugende Wartung.

Bild: N.Ö.M.

der Maschinenbediener dies manuell überprüfen müssen.

### Diagnose für optimierten Materialtransport

Generell kann IOLS des Anbieters bei Sicherheitslichtgittern die Sicherheit durch neue Features erheblich optimieren: Durch die sogenannte Einzelstrahlauswertung kann jeder Lichtstrahl ausgewertet und in der übergeordneten Steuerung verarbeitet werden. Dadurch lässt sich zusätzlich die Objektgrößenerkennung während des Materialtransports überwachen. Sind beispielsweise im

Prozess Paletten mit der Größe von einem Meter zulässig, übermittelt die Einzelstrahlauswertung diesen Zustand an die Steuerung. Sie erkennt dann, ob es sich um die korrekten oder größere Paletten handelt. Mit diesen Informationen kann die übergeordnete Steuerung eine entsprechende Aktion einleiten.

### Schutztüren „live“ überwachen

Wenn auch Bedieneinheiten wie PITgatebox IOLS in einem IO-Link-Safety-System zur Verfügung stehen, können sicherheitsrelevante Daten und Diagnosedaten übermittelt werden, beispielsweise zum Betriebszustand der Bedieneinheit und zum Türstatus von Sicherheitszuhaltungen. Wobei der Master diese Daten direkt an die Anlagensteuerung übermittelt. Sichere Schutztürsysteme lassen sich so einfach, sicher und flexibel realisieren. Für den Einsatz dieser Technologie gilt: Der Verkabelungsaufwand ist standardisiert und reduziert, die Punkt-zu-Punkt-Verbindung vereinfacht die Verdrahtung. Die Betreiber von Anlagen erhalten komprimierte Daten – digitalisiert und an einer Stelle in ihr System. Dieses ermöglicht eine transparente Zustandsüberwachung.

Fazit: IO-Link Safety verwendet eine effiziente Punkt-zu-Punkt-Technologie statt eines komplexen Feldbusses, was die Installation vereinfacht. Und bietet dennoch umfassende Diagnosemöglichkeiten für Feldgeräte inklusive einer vereinfachten Fehleranalyse. « KIS



In Echtzeit übermittelt die Bedieneinheit PITgatebox IOLS Diagnosedaten über den Master direkt an die Anlagensteuerung – etwa zum Türstatus und Betriebszustand von Schutztürsystemen. Bild: Pilz

Matthias Wolfer ist Produktmanager Controllers bei Pilz.



# ASI UND IO-LINK FÜR SCHLEIFMASCHINEN

AS-Interface hat bei Schütte Schleiftechnik Tradition: Ausgehend von der Verdrahtung von Ventilen und Standardsensorik bindet Schütte heute die gesamte dezentrale Peripherie seiner Serien 105linear, 330linear und 335linear an - inklusive kompletter Sicherheitstechnik mit ASi und ASi Safety von Bihl+Wiedemann. Für Industrie 4.0 ist Schütte mit der Integration von IO-Link-Sensoren über ASi-5 bereits gerüstet. Das spart Aufwand und erhöht Sicherheit. » VON THOMAS RÖNITZSCH

**D**ie Schütte Schleiftechnik GmbH bietet Schleifmaschinen der Baureihen 105linear, 330linear und 335linear an. Während die 105linear als kompakte Produktionsmaschine mehr auf die Herstellung von komplexen Werkzeugen, beispielsweise Bohren oder Fräsen, in großen Stückzahlen und hohen Genauigkeitsanforderungen ausgelegt ist, handelt es sich bei der 330er Baureihe, insbesondere der 335linear, um Universalschleifmaschinen mit fünf Achsen, mit denen sich alle Anforderungen für die Produktion und das Nachschleifen von Werkzeugen jeglicher Art realisieren lassen.

Darüber hinaus können damit auch Medizinalprodukte wie Knie- oder Hüftimplantate hergestellt werden. Beide Baureihen sind mit einer Vielzahl von Automatisierungsoptionen

für eine kontinuierliche Anpassung und Erweiterung verfügbar. Schütte ermöglicht bei seinen Schleifmaschinen den Einsatz von zwei unterschiedlichen Steuerungen: Siemens Sinumerik One und Num Flexium+. Während Sinumerik One für die Kommunikation Profisafe über Profinet verwendet und zusammen mit der Bedien- und Programmieroberfläche SIGSpro (Schütte Integrated Grinding Software) eingesetzt wird, setzt Num Flexium+ auf EtherCAT und arbeitet mit Numroto.

## Einfach und kompakt: Entscheidung für AS-Interface bei Schütte

Die Historie von AS-Interface bei Schütte reicht zurück bis ins Jahr 1998. Damals wurden im Rahmen der Entwicklung der 300er Baureihe erstmals ASi Komponenten eingesetzt – ASi-Ventilinseln und -Endschalter von pneumatischen Ventilen. Wie Christoph

**ÜBER IO-LINK SENSOREN WERDEN EINE VIELZAHL VON PROZESSDATEN AN VERSCHIEDENEN STELLEN IN DER MASCHINE ERFASST UND FÜR ERWEITERTE DIAGNOSEN UND PREDICTIVE MAINTENANCE ZUR VERFÜGUNG GESTELLT.**

W. Langen, Leiter Elektrokonstruktion für Werkzeugmaschinen bei Schütte und an der Einführung maßgeblich beteiligt, berichtet, waren damals die wesentlichen Gründe für die Einführung von AS-Interface „einmal die Einfachheit der Technologie an sich und zum anderen die Kompaktheit der ASi-Komponenten, wie man sie so bis heute bei keiner anderen Feldbuslösung findet“.

## Sicherheitsfunktionen migriert: ASi Safety ersetzt Hardwareverdrahtung

Im Laufe der 25 Jahre nach Einführung von AS-Interface hat die Komplexität der Schleifmaschinen bei Schütte stetig zugenommen. Deutlich geworden ist das insbesondere im Bereich der Sicherheitstechnik, die in dieser Zeit weiterhin hardwaremäßig in den Schaltschrank verdrahtet wurde. Durch die guten Erfahrungen mit ASi im Standardbereich hat man sich bei Schütte deshalb im Jahr 2013 entschlossen, ab diesem Zeitpunkt auch alle Sicherheitsfunktionen über ASi Safety at Work zu realisieren. „Was uns damals neben dem Service und der hervorragenden Unterstützung von Bihl+Wiedemann überzeugt hat“, erläutert Christoph W. Langen, „war die Technik der Safety Gateways des Unternehmens in Verbindung mit dem ASi-Sicherheitsmonitor. Für uns war es zwar zunächst ein großer Umbruch, aber am Ende haben wir festgestellt, einfacher als mit ASi Safety geht es nicht.“



Mit den 5-Achs-Universalschleifmaschinen 335linear lassen sich alle Anforderungen für die Produktion und das Nachschleifen von Werkzeugen jeglicher Art realisieren.

Bild: Schütte



Mit den Schleifmaschinen von Schütte können komplexe Werkzeuge, beispielsweise Bohrer oder Fräser, aber auch Medizinalprodukte wie Knie- oder Hüftimplantate hergestellt werden.

Bild: Schütte

### Schnell angeschlossen: Dezentrale Module per Durchdringungstechnik

Die Entscheidung für ASi und ASi Safety sowie die Tatsache, dass beim Einsatz von AS-Interface für Sicherheits- und Standardapplikationen eine gemeinsame Infrastruktur – das gelbe ASi-Profilkabel – verwendet werden kann, hat für Schütte viele Vorteile.

Ein Punkt war das einfache Anschlusskonzept von AS-Interface. Module können bei ASi ohne Stecker und vorkonfektionierte Kabel einfach per Durchdringungstechnik dezentral in der Maschine genau dort an das gelbe Profilkabel „aufgeschraubt“ werden, wo sie gerade benötigt werden. Von daher überrascht es nicht, dass in den Schleifmaschinen von Schütte – angefangen mit der Anbindung von Ventilinseln mit integrierten Eingängen und Endlagensensorik über Strömungswächter und Druckschalter bis hin zu Türzuhaltungen, Türschaltern und Notz-Halt-Tastern – mittlerweile die komplette dezentrale Peripherie über ASi und ASi Safety angeschlossen wird. Dabei setzt das Kölner Unternehmen bei der Auswahl der Komponenten – ASi Gateways und E/A Module – auf das Portfolio von Bihl+Wiedemann.

### IM LAUFE DER 25 JAHRE NACH EINFÜHRUNG VON AS-INTERFACE HAT DIE KOMPLEXITÄT DER SCHLEIF- MASCHINEN BEI SCHÜTTE STETIG ZUGENOMMEN. DEUTLICH GEWORDEN IST DAS INSBESONDERE IM BEREICH DER SICHERHEITSTECHNIK.

Aus der kompletten Anbindung der dezentralen Peripherie über AS-Interface ergibt sich für Schütte ein weiterer Vorteil. Die Schleifmaschinen können so unabhängig von der verwendeten Steuerungstechnik deutlich effizienter gebaut werden, weil das jeweilige Steuerungskonzept ausschließlich im Schaltschrank umgesetzt werden muss. Die Ausstattung des jeweiligen Maschinenkörpers wird dabei allein durch die zukünftige Funktionalität bestimmt. Welche Steuerung – Siemens Sinumerik One oder Num Flexium+ – am Ende eingesetzt wird, ist an dieser Stelle für die Montage unerheblich.

Die Anbindung an eine der beiden Varianten der Maschinensteuerung erfolgt nämlich erst im Schaltschrank über die Auswahl eines entsprechenden ASi Safety Gateways, die Bihl+Wiedemann mit Schnittstellen zu vielen verschiedenen (sicheren) Feldbussen anbietet. Und schließlich ist eine Lösung mit AS-Interface für Schütte nicht nur technologisch, sondern auch aus Kosten- und Effizienzgründen unschlagbar.

### Bihl+Wiedemann als Enabler: IO-Link-Module im Einsatz

Schütte entwickelt seine Schleifmaschinen stetig weiter. Deshalb setzt das Unternehmen künftig nicht nur auf eine neue Steuerungsgeneration und eine neue Bedienfeldgeneration, sondern macht mit der Integration von IO-Link auch einen großen Schritt in Richtung Industrie 4.0.

Über IO-Link Sensoren werden eine Vielzahl von Prozessdaten an verschiedenen Stellen in der Maschine erfasst und für erweiterte Diagnosen und Predictive Maintenance zur Verfügung gestellt. Für Schütte ist es zum Beispiel wichtig, dass die Maschinen in einem thermischen Gleichgewicht sind. So muss im Bereich der Kühlschmierstoffanlagen, die sehr aufwendig und energieintensiv sind, ein konstantes Temperaturniveau herrschen. Mögliche Defekte oder falsche Einstellungen etwa eines Kühlers, die bisher nicht nachweisbar waren, können mit Hilfe von IO-Link Temperatursensoren erkannt, diagnostiziert und behoben werden. Ebenfalls detektiert werden Füllstände, Strömungen (von Kühlschmierstoffen) und Drücke (etwa im Bereich der Luftaufbereitung).



Die Entscheidung für ASi und ASi Safety (im Bild) sowie die Tatsache, dass beim Einsatz von AS-Interface für Sicherheits- und Standardapplikationen eine gemeinsame Infrastruktur verwendet werden kann, hat für Schütte viele Vorteile.

Bild: Bihl+Wiedemann

Gerade vor diesem Hintergrund zeigt sich ein weiteres Mal, wie vorteilhaft die Entscheidung war, die komplette dezentrale Peripherie in der Maschine über AS-Interface anzubinden. Denn für die Integration von IO-Link Sensoren muss am bestehenden Maschinenkonzept kaum etwas geändert werden. Es muss lediglich das bisherige ASi Safety Gateway durch ein ASi-5/ASi-3 Safety Gateway ersetzt werden. Danach können IO-Link Devices einfach über ASi-5-Module mit IO-Link Master Ports von Bihl+Wiedemann dort in das bestehende ASi-Netzwerk integriert werden, wo sie verwendet werden sollen.

« TB

Thomas Rönitzsch arbeitet in der Unternehmenskommunikation bei Bihl+Wiedemann in Mannheim.

# VOM GEWÄCHSHAUS IN DIE CLOUD

Technologische Innovationen revolutionieren nicht nur die Industrie, sondern auch die Landwirtschaft, indem sie Effizienz und Ernteerträge deutlich steigern. Besonders der Gewächshausanbau profitiert von fortschrittlichen Sensor- und Automatisierungslösungen, wie dieser Beitrag eindrucksvoll zeigt. » VON KATHARINA BAYER

**E**ffizienz ist nicht nur in der Industrie ein entscheidendes Thema. Auch in der Garten- und Landwirtschaft kommt sie immer stärker zum Tragen. Denn wie in keinem zweiten Wirtschaftssektor hängt der Ertrag in dieser Branche von äußeren Faktoren ab. Ein kaltes Frühjahr kann die Ernte negativ beeinflussen, ein trockener Sommer ebenso. Der Einfluss von Wind, Regen und Sonne kann monatelange Arbeit zum Erfolg werden lassen – oder sie zunichte machen.

Die Einflüsse des Wetters lassen sich durch Gewächshäuser umgehen. Für Tomaten, Gurken oder Paprika bringt das entscheidende Vorteile mit sich: Der Anbau im Gewächshaus kann hoch technologisch erfolgen, um optimale Bedingungen für die Pflanzen herzustellen.

## Sensoren mit Single Pair Ethernet lassen Kulturpflanzen gedeihen

Dazu braucht es unter anderem die Sensoren von Jumo. Der Spezialist für Sensor-

und Automatisierungslösungen bietet eine Vielzahl von Technologien an, die in den Gewächshäusern der Welt zum Einsatz kommen. Dazu zählen nun auch Sensoren mit Single-Pair-Ethernet-Technologie (SPE).

Der SPE-Sensor hydroTRANS erfasst die für die Pflanze wichtigen Parameter, die zum Wachstum beitragen. Darunter fallen Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie der CO<sub>2</sub>-Wert im Gewächshaus. So können Gewächs-

## » GEWÄCHSHÄUSER PROFITIEREN VON DER ERHEBLICHEN REICHWEITE VON SPE.«

MANFRED WALTER

hausbetreiber nach Bedarf düngen; eine CO<sub>2</sub> gerechte Düngung (CO<sub>2</sub>-Begasung) der Pflanzen kann dadurch sichergestellt werden. Über ein zusätzliches magnetisch-induktives Durchflussmessgerät mit SPE-Schnittstelle von Jumo kann auch der eingebrachte Flüssig-

sigdünger für die Pflanzen erfasst werden. Die ermittelten Sensor-Livedaten werden mithilfe von SPE-Technologie des Elektronik- und Verbindungstechnikunternehmens Weidmüller in die Cloud übertragen. Dazu zählen neben den Kabel- und Steckverbindern auch Single-Pair-Ethernet-Switches.

## Bis 1.000 Meter Reichweite

Der unmanaged Switch von Weidmüller hat durch die verwendete SPE-Technologie eine Reichweite von bis zu 1.000 Metern über ein einziges Kupferadernpaar. Das macht ihn perfekt für den Einsatz im Gewächshaus, in dem die maximale Reichweite des Standard-Ethernet mit einer Länge von maximal 100 Metern nicht mehr ausreicht. „Die Single-Pair-Ethernet-Technologie ist ein wahrer Fortschritt für Applikationen wie in Gewächshäusern“, erklärt Manfred Walter, Produktmanager Jumo. Und er bestätigt: „Zum einen profitieren Gewächshäuser hier ganz direkt von der erheblichen Reichweite von SPE. Bei Standard-Ethernet über Kupferdraht ist nach 100 Metern Schluss. Hier im Gewächshaus werden es schnell mal mehr. Zum anderen läuft die Datenübertragung ohne komplexe Zwischenschritte. Die Daten gehen direkt vom Sensor ohne weiteres Edge-Gateway über den SPE-Switch sicher in die Jumo Cloud.“

## Ohne Umweg in die Cloud

Die unmanaged SPE-Switches von Weidmüller leiten die für das Pflanzenwachstum wichtigen Daten direkt – also ohne Umweg über ein I/O-System oder eine Steuerung – an die Cloud von Jumo weiter. Dort werden sie verarbeitet und visualisiert. Für Gewächshausbetreiber, die nicht in der Automatisierung versiert sind, stellt diese Methode eine enorme Erleichterung dar.

Die PoDL-Funktion („Power over Data Line“) der SPE-Switches hat weitere Vortei-







**SPE-Produktportfolio inklusive  
feldkonfektionierbarer  
Steckverbinder und Switches.**

Bild: Weidmüller

le für die Anwender: Das SPE-Kabel überträgt nicht nur die Daten vom Sensor zum Switch, sondern kann den Sensor auch mit Strom versorgen. Das bringt erhebliche wirtschaftliche und sicherheitstechnische Vorteile mit sich, da jetzt weniger Stromkabel in der feuchtwarmen Umgebung der Gewächshäuser verlegt werden müssen. „Anwendungen wie diese zeigen, dass IIoT und Automatisierung nicht nur eine immense Steigerung der Produktivität, sondern auch eine präzise Nutzung von Ressourcen wie Wasser und Düngemittel ermöglichen. Diese intelligente Automation führt zu höheren Erträgen, einer nachhaltigeren Bewirtschaftung. Gleichzeitig wird Industrial IoT – auch dank Technologieunternehmen wie Jumo und Weidmüller, die den Kundennutzen in den Fokus stellen – für alle zugänglich. Nur so schaffen wir eine nachhaltige und lebenswerte Welt auch in der Zukunft und gehen gezielt die Herausforderungen unserer Zeit an“, sagt Dr. Thomas Bürger, Leiter der Division Automation Products and Solutions bei Weidmüller.

### Mehr Ertrag in technisierten Gewächshäusern

Herrscht Wassermangel bei den Pflanzen, kann direkt reguliert werden – tröpfchenweise, genau nach Bedarf. So stellen Gärtner und Landwirte sicher, dass die Pflanzen mit exakt der richtigen Menge Nährstoffen versorgt werden. Das hat Auswirkungen auf die Ernten. Fakt ist: In den hoch technisierten Gewächshäusern bringen die Pflanzen mehr Ertrag.

« KF

Katharina Bayer ist Redakteurin Unternehmenskommunikation bei Weidmüller.



**ANWENDUNGEN WIE DIESE ZEIGEN, DASS  
IIOT UND AUTOMATISIERUNG NICHT NUR  
EINE IMMENSE STEIGERUNG DER PRODUKTIVITÄT,  
SONDERN AUCH EINE PRÄZISE NUTZUNG VON  
RESSOURCEN WIE WASSER UND DÜNGEMITTEL  
ERMÖGLICHEN.«**

DR. THOMAS BÜRGER



**Jumo flowTRANS MAG H20 magnetisch-  
induktives Durchflussmessgerät mit  
SPE-Schnittstelle.** Bild: Jumo

# WANN SIND OPTISCHE SENSOREN DIE ERSTE WAHL?

In der industriellen Automatisierung zählt oft jeder Millimeter – manchmal sogar jeder Mikrometer. Entsprechend entscheidend ist eine präzise Distanzmessung für stabile Prozesse und hohe Produktqualität. Optische Sensoren, insbesondere Laser-Distanzsensoren, spielen dabei eine zentrale Rolle. Doch worin liegen ihre besonderen Stärken, wo stoßen sie an Grenzen, und für welche Anwendungen eignen sie sich am besten? » VON KLAUS HARTINGER

**O**bei der Positionierung von Werkstücken, der Regelung von Maschinenbewegungen, der Füllstandsmessung oder der Kollisionsvermeidung – zuverlässige Distanzmessung ist fundamental. Sie ermöglicht adaptive Fertigungsprozesse bis Losgröße 1, reduziert Ausschussraten und erlaubt eine vorausschauende Wartung.

## Herausforderungen bei der Distanzmessung

Distanzen mit der notwendigen Präzision zuverlässig zu messen, ist in der Praxis nicht trivial. Herausforderungen sind zum Beispiel unterschiedliche Umgebungsbedingungen, wechselnde Oberflächenbeschaffenheiten oder hohe Geschwindigkeiten im Fertigungsprozess. Klassische berührende Verfahren wie taktile Messtaster oder mechanische Endschalter stoßen wegen Verschleiß, Trägheit oder eingeschränkter Messgenauigkeit an ihre Grenzen. Auch berührungslose Alternativen wie Ultraschall- oder induktive Sensoren sind nicht universell einsetzbar.

## Optische Distanzmessung: Hohe Präzision ohne Berührung

Optische Sensoren von Baumer – insbesondere Laser-Distanzsensoren – bieten eine hervorragende Kombination aus hoher Messpräzision, schneller Reaktionszeit und flexibler Montierbarkeit. Die berührungslose, punktgenaue Erfassung der kompakten Sensoren erlaubt Präzision im Mikrometerbereich selbst auf empfindlichen, bewegten oder schwer zugänglichen Objekten. Grundlage für diese Leistungsfähigkeit ist eine speziell auf den jeweiligen Messbereich abgestimmte Optik, rauscharme Empfangselektronik und ein ausgeklügeltes mechanisches Design.

## Typische Einsatzfelder von Laser-Distanzsensoren

Laser-Distanzsensoren sind in einer Vielzahl industrieller Szenarien die bevorzugte Lösung:

- Positionierung in der Robotik: Exakte Erfassung von Greifer- und Objektpositionen für präzise Handling-Prozesse
- Werkzeugpositionierung: Exakte Positionierung von Werkzeugen für Bearbeitungs-

schritte, die hohe Präzision erfordern (Dispensieren, Metall- oder Holzbearbeitung)

- Qualitätskontrolle: Höhen-, Breiten- oder Dickentoleranzen lassen sich inline mit hoher Präzision prüfen.

## Typische Einsatzfelder von Time-of-Flight-Sensoren

Time-of-Flight-Sensoren finden unter anderem in Intralogistik-Anwendungen weite Verbreitung:

- Abstandsmessung in der Fördertechnik: Anwesenheitsprüfung, Lückenmessung oder Distanzregelung in Hochregallagern oder automatisierten Transportanlagen
- Distanzmessung bei AGVs & AMRs: Richtiges Positionieren der Palette auf den Gabelzinken
- Kollisionsvermeidung bei Container-Shuttles: Abstandsmessung zwischen den Shuttles, um Zusammenstöße zu verhindern
- Abstandsmessung bei Paletten-Shuttles: Genaue Positionierung von Paletten nebeneinander zur optimalen Raumausnutzung
- Solar Panel Handling: Zuverlässige Anwesenheitsdetektion und Positionierung von Solarpanelen trotz der lichtabsorbierenden Eigenschaften
- Halbleiter-Industrie: Anwesenheitsdetektion und Positionierung von Glas- und Graphit-trägern in Beschichtungsanlagen (PECVD)

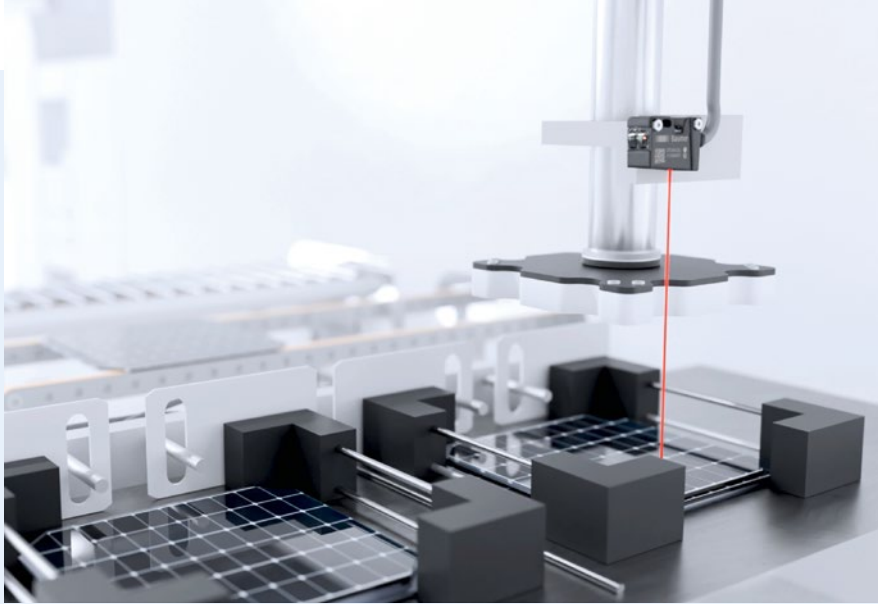
## Praxisbeispiel Laser-Distanzsensoren in der Leiterplattenfertigung

In der Elektronikfertigung müssen Flüssigkeiten oder Pasten wie Dichtmittel oder Klebstoff mit einem Dispenser (Dosiergerät) automatisiert in genau definierter Menge und unterbrechungsfrei auf eine Leiterplatte aufgetragen werden. Diese Aufgabe erfordert eine präzise Höhenpositionierung der



Das Portfolio der leistungsstarken Baumer Laser-Distanzsensoren: Vom OM20 (links) mit kompaktestem Formfaktor bis zum OM70 (rechts) für Messdistanzen bis 1.700 Millimeter.





Die Time-of-Flight-Sensoren OT300 und OT500 mit Laserstrahl ermöglichen die präzise Positionierung eines Greifers auch auf unregelmäßig geformten oder ultraschwarzen Objekten mit schlechten Remissionseigenschaften.

Dosiernadel, da hier die Kleberaupengeometrie ausschlaggebend ist: Breite, Höhe und Volumengleichmäßigkeit müssen exakt den Vorgaben entsprechen. Ein Beispiel ist die Dosierung von CIPG-Materialien, um Tablet- und Smartphone-Displays staub- und wasserdicht zu versiegeln. Neben den langen Wegen von zirka 250 mm sind hier die Platzierung der Raupe und ihre Geometrie entscheidend für die erforderliche Dichtheit. Die Präzisionsanforderungen können von wenigen Mikrometern bis zu  $\pm 100 \mu\text{m}$  reichen.

Für diese Anwendungen bringen Laser-Distanzsensoren die besten Voraussetzungen mit. Sie erreichen Genauigkeiten von mehr als  $\pm 3 \mu\text{m}$  und bieten als berührungslose Methode viele Vorteile im Vergleich zu herkömmlichen Kontaktsonden: kein Verschleiß, kein Zerkratzen der Glasoberfläche, keine Sondenmarkierungen.

Als einer der Technologieführer in der optischen Distanzmessung entwickelt Baumer



Dank eines besonders feinen Linienstrahls messen die OM Laser-Distanzsensoren sehr zuverlässig und wiederholgenau. Bilder: Baumer

die Leistungsfähigkeit seiner Laser-Distanzsensoren permanent weiter, unter anderem die Messgenauigkeit auch auf glänzenden und strukturierten Oberflächen. Aktuelles Beispiel ist der OM60 mit der besten Messperformance seiner Klasse: maximal  $\pm 3 \mu\text{m}$  Linearitätsabweichung und  $0,12 \mu\text{m}$  Wiederholgenauigkeit selbst bei schwierig zu detektierenden Oberflächen. Eine derartige Performance ist in dieser kompakten Gehäusegröße einzigartig.

Weiterer Pluspunkt des OM60: Durch sein durchdachtes mechanisches Design bietet der OM60 ausgezeichnete Temperaturstabilität, ist mit wenigen Handgriffen montiert und zudem nach ein paar Mausklicks parametrierbar.

### Praxisbeispiel Dickenmessung von Blechen und Folien

Bei der Herstellung und Verarbeitung von Folien, Blechen und Platten unterschiedlicher Materialien ist die Dicke eine wesentliche Größe, um Prozesse wie das Walzen oder Beschichten zu regeln. Die Dickenmessung eignet sich auch als Inline- oder Offline-Eingangskontrolle vor Maschinen, um Fehldicken frühzeitig vor einer Weiterverarbeitung zu erkennen.

Optimalerweise wird die Dicke berührungslos einseitig gemessen, abhängig von der gewünschten Präzision. Das erfordert allerdings eine stabile Position bzw. Auflage des zu vermessenden Objektes. Bei Höhengschlag oder bei einer Welligkeit, die über die Präzisionsanforderungen hinausgeht, empfiehlt sich die beidseitige Messung. Das gilt ebenso, wenn die Messung so präzise wie möglich sein soll. Der Aufbau ist einfach: Zwei Sensoren auf beiden Seiten des Bleches bzw. der Folie messen an derselben Stelle die Distanz zum Objekt. Die Differenz der beiden Distanzen ergibt die Höhengschlag kompensierte Dicke.

Je nach Anforderung und Objekt empfehlen sich hier Ultraschallsensoren oder die optischen Sensoren der Baumer Serie OM60, die selbst geringste Abweichungen in der Dicke erfassen können. Ein wichtiger Faktor ist hierbei die hohe Unabhängigkeit gegenüber Glanz und Unregelmäßigkeiten in der Oberflächenbeschaffenheit. Wo andere optische Distanzsensoren an ihre Grenzen stoßen, liefert die OM60 Serie zuverlässig präzise Resultate – egal ob auf Holz, Metall, Gummi.

### Praxisbeispiel Time-of-Flight-Sensoren in Shuttles

In der Intralogistik eignen sich Time-of-Flight-Sensoren gut für die Fachbelegtkontrolle, in der große Messbereiche bis 2,5 Meter gefordert sind. Kompakte Shuttles bieten nur sehr begrenzten Raum für Sensorik, daher ist hier eine kompakte Bauweise notwendig, wie sie der Baumer OT200 als kleinster Time-of-Flight-Sensor bietet. Das Motto: Weniger Platz für die Technik, mehr Platz für die Ladung.

Bei Intralogistik-Shuttles erfordert der kleine Bauraum mitunter besondere Lösungen. So misst der Sensor je nach Einbausituation nicht senkrecht auf das Objekt, so dass die Sensorausrichtung unter Umständen für den Sensor ungünstig gewählt werden muss. Hohe Winkeltoleranz ist dann gefordert. Mit perfekt aufeinander abgestimmten Komponenten und Designs gelingt es Baumer, die Vorteile der ToF-Technologie voll auszureizen. Dazu zählen empfindliche, rauscharme Empfänger mit einer hohen Quanteneffizienz, spezifische Optik, Baumer Elektronik-Design und die damit einhergehende Signalverarbeitung sowie die Algorithmen. Baumer ToF-Sensoren messen daher auf Container in unterschiedlichsten Farben und Formen zuverlässig. « KF

Klaus Hartinger ist Strategischer Produktmanager bei Baumer.

## 7 FRAGEN FÜR DIE RICHTIGE SENSORWAHL

1. Was will ich messen (Materialien, Oberfläche, Struktur)?
2. Wie groß sind Messbereich und Abstand zum Objekt?
3. Wie präzise muss der Sensor messen?
4. Wie groß darf der Blindbereich sein?
5. Welche Reaktionszeit und Messraten sind gefordert?
6. Wie viel Platz für den Sensor ist vorhanden?
7. Welche besonderen Anforderungen gibt es (Beständigkeit gegen Hitze, Staub, Wasser etc.)?

# DER NEUE STANDARD FÜR PROZESSAUTOMATISIERUNG

Die digitale Transformation scheitert oft an Hart, Profibus und 4...20 mA. Ethernet-APL bringt Ethernet bis ins Ex-Feld – über lange Strecken. BASF-Lasttests in Multi-Vendor-Umgebung (Endress+Hauser, Profinet) belegen Stabilität, Interoperabilität und Skalierbarkeit. Ethernet-APL erfüllt also zentrale Anforderungen moderner Prozessautomatisierung – und hat seine Praxistauglichkeit unter realen Bedingungen bestätigt. » VON STEFAN GAMPP



In einer praxisnahen Multi-Vendor-Umgebung wurden Komponenten von Endress+Hauser und weiteren Anbietern in ein Profinet-over-Ethernet-APL-Netzwerk eingebunden – mit durchweg positiven Ergebnissen.

**D**ie digitale Transformation der Prozessindustrie schreitet voran – mit dem Ziel, Anlagen effizienter, flexibler und transparenter zu betreiben. Doch trotz zunehmender Vernetzung auf Management- und Steuerungsebene bleibt ein zentraler Datenschatz bislang weitgehend unerschlossen: die erweiterten Prozess- und Diagnosedaten aus der Feldebene. Der Grund liegt häufig in den technischen Grenzen klassischer Übertragungstechniken wie Hart, Profibus oder der 4...20 mA-Schnittstelle – zu langsam, zu limitiert in der Bandbreite, zu komplex in der Integration.

Mit Ethernet-APL (Advanced Physical Layer) wird diese Lücke geschlossen. Die Technologie bringt Ethernet dorthin, wo es bisher nicht hin konnte: direkt ins Feld – auch in explosionsgefährdete Bereiche und über weite Strecken. Dass Ethernet-APL dabei nicht nur eine theoretische Lösung bietet, sondern im realen Anlagenbetrieb überzeugt, haben jüngst durchgeführte Lasttests bei BASF gezeigt. In einer praxisnahen Multi-Vendor-Umgebung wurden Komponenten von Endress+Hauser und weiteren Anbietern in ein Profinet-over-Ethernet-APL-Netzwerk eingebunden – mit durchweg positiven Ergebnissen: hohe Netzstabilität, vollständige

Interoperabilität und Skalierbarkeit bis zur maximalen Gerätezahl.

Dieser Nachweis unter Realbedingungen markiert einen wichtigen Meilenstein für die gesamte Branche – und macht deutlich: Ethernet-APL ist bereit für den breiten industriellen Einsatz. Doch was genau bedeutet das für Betreiber, Planer, Instandhalter und Automatisierer – und wie verändert Ethernet-APL die Zukunft des Engineerings, der Anlagenführung und der digitalen Integration?

**DOCH BEI ALLER INNOVATIONSKRAFT DARF EIN PUNKT NICHT ÜBERSEHEN WERDEN: MIT ETHERNET-APL ZIEHT AUCH DAS THEMA IT-SICHERHEIT BIS AUF DIE FELDEBENE.**

## Leistungsbeweis unter Realbedingungen

Die Antwort beginnt auf der untersten Ebene der Automatisierungspyramide – bei den Feldgeräten. Lange war man sich nicht sicher, ob eine durchgängige Ethernet-Kommunikation bis in diese unterste Ebene unter realen Bedingungen überhaupt zuverlässig umsetzbar ist. Aktuelle Lasttests bei BASF bestätigen nun: Es ist möglich – stabil, interoperabel und skalierbar. In einer praxisnahen Multi-Vendor-Umgebung wurde ein Profinet-over-Ethernet-APL-Netzwerk aufgebaut, in dem über 240 Messgeräte – darunter Durchfluss-, Druck-, Füllstand- und Temperaturtransmitter – mit sogenannten Fieldswitches verschiedener Anbieter in das Emerson-Leitsystem DeltaV eingebunden worden sind. Zum Einsatz kamen Komponenten von Endress+Hauser sowie weiterer etablierter Hersteller aus der Prozessauto-





**Ethernet-APL ermöglicht den effizienten, skalierbaren und Ex-sicheren Aufbau von Kommunikationsnetzwerken in großen Industrieanlagen.**



**Mit Ethernet-APL lässt sich die Anlagenverfügbarkeit sicherstellen.**

Bilder: Endress+Hauser

omatisierung. Die Ergebnisse überzeugten: Interoperabilität, Netzlastverhalten, Redundanzumschaltung und Skalierbarkeit erfüllten nicht nur die Anforderungen, sondern übertrafen sie in Teilen. Auch Vorseiengeräte konnten auf Basis der Testergebnisse gezielt für die Markteinführung optimiert werden.

Mit Ethernet-APL erhalten Betreiber damit erstmals die Möglichkeit, Feldgeräte direkt und ohne Datenverluste in eine durchgängige Ethernet-Kommunikation einzubinden. Das eröffnet neue Perspektiven für den Anlagenbetrieb: Messwerte stehen in Echtzeit zur Verfügung, Diagnosedaten lassen sich hochauflösend auswerten, und Inbetriebnahmen können deutlich schneller abgeschlossen werden. Auch Wartungsarbeiten werden effizienter, weil Geräte frühzeitig Zustandsveränderungen melden und gezielte Eingriffe ermöglichen. Dank der Kompatibilität mit etablierten Protokollen wie Profinet lassen sich die Daten zudem nahtlos in bestehende Automatisierungs- und IT-Strukturen integrieren – ganz ohne Medienbrüche oder aufwendige Konvertierungen.

### **Vereinfachung und Effizienz entlang des gesamten Anlagenlebenszyklus**

Diese Vorteile wirken sich nicht nur punktuell aus, sondern entfalten entlang des gesamten Anlagenlebenszyklus ihr Potenzial – von der Planung über die Inbetriebnahme bis hin zum laufenden Betrieb. Bereits im Engineering sorgt Ethernet-APL für spürbare Vereinfachungen: Die Direktverdrahtung an APL-Switches reduziert den Aufwand gegenüber klassischen Feldbussystemen deutlich. Eine standardisierte, flexible Netzwerktopologie erleichtert die Planung, senkt die Komplexität

und verkürzt Projektlaufzeiten. Gleichzeitig entfallen aufwendige Ex-Berechnungen dank des 2-WISE-Konzepts. Redundanzmechanismen sorgen für hohe Verfügbarkeit und ermöglichen eine zukunftsichere Auslegung.

Auch im Betrieb profitieren Anwender von präzisen digitalen Messwerten in Echtzeit, einer Datenübertragungsrate von 10 Mbit/s sowie dem durchgängigen Fernzugriff – etwa für Parametersicherungen, Firmware-Updates oder die kontinuierliche Zustandsüberwachung. Diagnosedaten lassen sich zentral abrufen, cloudbasiert auswerten und für vorausschauende Instandhaltung nutzen. Die automatische Geräteerkennung – etwa über Start-up Records und PA-Profil V4.0 – erleichtert den Austausch und reduziert Stillstandszeiten. Damit unterstützt Ethernet-APL

**BEREITS IM ENGINEERING SORGT ETHERNET-APL FÜR SPÜRBARE VEREINFACHUNGEN: DIE DIREKTVERDRAHTUNG AN APL-SWITCHES REDUZIERT DEN AUFWAND GEGENÜBER KLASSISCHEN FELDBUSSYSTEMEN DEUTLICH.**

sowohl Ingenieure als auch Wartungs- und Betriebspersonal bei der effizienten Umsetzung moderner Digitalisierungskonzepte – robust, skalierbar und praxisnah.

### **Digitalisierung braucht Sicherheit**

Doch bei aller Innovationskraft darf ein Punkt nicht übersehen werden: Mit Ethernet-APL zieht auch das Thema IT-Sicherheit bis auf

die Feldebene. Wo früher analoge Signale liefen, stehen nun IP-basierte Geräte mit Webinterfaces im Netzwerk – potenziell offen für Angriffe. Die Profibus-Nutzerorganisation (PI) arbeitet deshalb an herstellerübergreifenden Standards zur Cybersicherheit, die über Einzelmaßnahmen hinausgehen und robuste, zukunftsfähige Sicherheitsarchitekturen schaffen sollen. Dabei zeigt sich einmal mehr: Nur im Schulterschluss aller Beteiligten – von der Geräteentwicklung bis zum Anlagenbetrieb – lassen sich solche Herausforderungen wirksam und nachhaltig lösen.

### **Ethernet-APL schlägt Brücke zwischen Feld- und IT-Welt**

Die Entwicklung und erfolgreiche Einführung von Ethernet-APL ist genau das Ergebnis dieser engen, koordinierten Zusammenarbeit entlang der gesamten Automatisierungskette – von Geräteherstellern über Switch- und Systemanbieter bis hin zu Betreibern. Was heute als zukunftsfähige Lösung im Feld ankommt, basiert auf abgestimmten Standards, partnerschaftlicher Entwicklung und dem gemeinsamen Ziel, die Kommunikation in der Prozessindustrie zu vereinfachen und zu verbessern. Ethernet-APL schlägt damit nicht nur technisch eine Brücke zwischen Feld- und IT-Welt – sondern auch organisatorisch: Es bringt alle Beteiligten an einen Tisch, um Anlagen zukunftssicher, effizient und digital aufzustellen. Die breite Unterstützung durch die Industrie zeigt: Die Richtung stimmt – und der Weg ist offen für die nächste Generation der Prozessautomatisierung.

« TB

**Stefan Gamp** ist Product Manager Innovation & Digitalization bei Endress+Hauser.

# DER SERVOANTRIEB WIRD SMART

Servoantriebe haben durch die Digitalisierung einen enormen Entwicklungsschub erfahren. Eine neue Generation wird zunehmend selbständig und übernimmt Funktionen, die früher in der zentralen Steuerung lagen. Doch was bedeutet „Intelligenz im Antrieb“ und wann lohnt sich ihr Einsatz? » VON SUSANNE REINHARD

Intelligenz im Antrieb oder auch Drive Intelligence bedeutet, dass Funktionen, die bisher in der zentralen Steuerung abliefen, im Servoantrieb angesiedelt sind. Neben den Regelungsaufgaben übernimmt der Servoantrieb dann Steuerungsfunktionen, optimiert sich im Betrieb selbstständig, ist IoT-fähig und schafft so einen Mehrwert für Maschinenbauer und Maschinenbetreiber gleichermaßen. Zwei Schlagworte stehen dabei im Mittelpunkt: die Vernetzbarkeit und die Selbständigkeit. Vernetzbarkeit bedeutet, dass die Antriebe über Bussysteme mit anderen Aktoren, Sensoren, zentralen Steuerungselementen und der Cloud vernetzt werden können. Selbständigkeit meint, dass der Antrieb in der Lage ist, Daten, die er selbst oder andere Systemteilnehmer erfassen, lokal zu sammeln und zu verarbeiten. Auf Basis dieser Daten kann er Entscheidungen treffen, um Aktionen auszuführen oder Informationen weiterzuleiten.

Bei welchen Anforderungen ist es sinnvoll, die Intelligenz in den Antrieb zu verlagern?

## Modular aufgebaute Maschinen

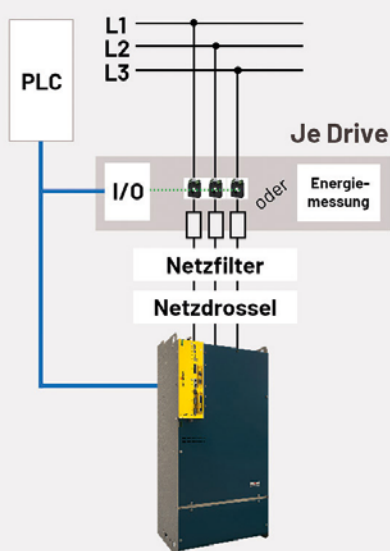
Modularisierung wird durch intelligente Antriebstechnik erst ermöglicht. Immer häufiger werden Maschinen modular aufgebaut, um beispielsweise die einzelnen Module an unterschiedlichen Orten fertigzustellen und zu testen. Sind die Maschinenmodule gekapselt, kann die Inbetriebnahme getrennt voneinander erfolgen, eine Inbetriebnahme der fertigen Gesamtanlage ist nicht nötig. Die übergeordnete Steuerung kommuniziert nur noch mit den intelligenten Servoantrieben der Maschinenmodule und nicht mehr mit einzelnen Systemkomponenten. Baumüller bietet die passende Hardware und Software für modulare Maschinen und stellt für viele Funktionalitäten sogar vorprogrammierte, gekapselte Modulbibliotheken zur Verfügung. So können einzelne Funktionen

schnell, fehlerfrei und ohne Programmier-Know-how in Betrieb gebracht werden.

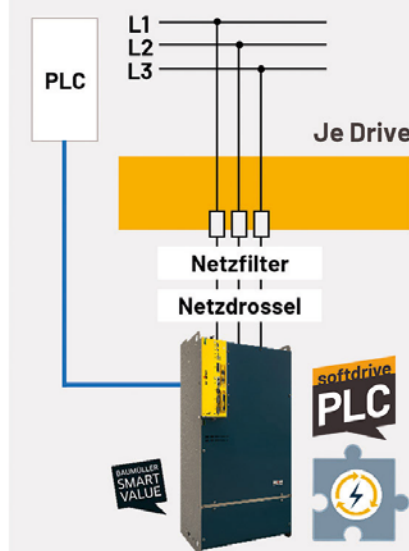
## Geschwindigkeit und Produktqualität

Wenn es um Produktivität und Safety geht, hat die Verlagerung der Intelligenz in den Antrieb einen weiteren großen Vorteil: Geschwindigkeit. Werden die über den Feldbus kommunizierten Datenmengen zu groß, dann können Sollwerte nicht mehr mit der nötigen Geschwindigkeit übertragen werden. Gerade bei sehr dynamischen Prozessen, etwa in der Druck- oder Verpackungsindustrie, geht dies zu Lasten der Genauigkeit, der Dynamik und letztlich der Produktivität der Maschine. Wird die Intelligenz dezentral verteilt, werden über die Feldbuskommunikation zwischen Antrieb und zentraler Steuerung nur noch vorverarbeitete Daten oder sogar nur Statusmeldungen übertragen. Die eigentlichen Soll- und Istwerte der Motion Control und Safety-Aufgaben werden di-

## Bestehende Topologie



## Topologie mit Baumüller



Die antriebsintegrierte Steuerung b maXX PLC di (drive-integrated) übernimmt in den Servoantrieben der neuen b maXX 6000-Familie skalierbare Steuerungsaufgaben.





# PLC inside

Die Software-Funktion Smart Energy Monitoring wird mit der softdrivePLC des Baumüller Umrichters realisiert.

Bilder: Baumüller

rekt innerhalb des Maschinenmoduls in viel schnelleren Zyklen verarbeitet.

Sind Safety-Funktionen direkt im Antrieb, entfallen also die entsprechenden Feldbus-Totzeiten, wenn zum Beispiel STO ausgelöst wird. Dies kann dazu führen, dass Geschwindigkeit und Prozesszykluszeit der Maschine verbessert werden, ohne dass das Risiko an

## KAUM EINE MASCHINEN-KOMPONENTE HAT DURCH DEN TREND ZUR DIGITALISIERUNG EINEN SOLCHEN SCHUB ERHALTEN WIE DIE SERVOANTRIEBE.

der Maschine steigt. Auch wenn es nicht um Safety, sondern um die Synchronisation vieler dynamischer Antriebe geht, ist es sinnvoll, diese Feldbustotzeiten zu umgehen und die Sollwertvorgabe direkt über die Antriebe zu realisieren. Die schnellen Reaktionszeiten bringen auch Vorteile bei der Verarbeitung von Materialien mit schwankenden Materialeigenschaften. Die performante Kommunikation macht hier den Einsatz einer adaptiven Regelung möglich, die diese Materialunterschiede ausgleicht. Dadurch wird eine gleichbleibend hohe Qualität des Endproduktes bei hoher Produktionsgeschwindigkeit erreicht.

### Vereinfachung von PLC-Projekten

Durch den Einsatz dezentraler Intelligenz werden PLC-Projekte weniger komplex. Bei einer zentralen Steuerung werden alle Berechnungen zentral durchgeführt. Das beginnt beim Hochfahren der Maschine über die Berechnung aller Soll-/Istwerte für jeden

Motor und endet bei zusätzlichen Aufgaben wie der Datenerfassung und -verarbeitung für IoT. Ist die Maschine modular aufgebaut, können alle Aufgaben, die das jeweilige Maschinenmodul betreffen, im intelligenten Antrieb gerechnet werden. Dies reduziert die Komplexität des PLC-Projektes in der zentralen Steuerung erheblich. Gleichzeitig können so verschiedene Maschinenmodule individuell miteinander kombiniert werden.

### Verfügbarkeit und Energieeffizienz

Für die Überwachung der Verfügbarkeit des Antriebssystems ist der Einsatz dezentraler Intelligenz sinnvoll. Zum Beispiel kann durch Schwingungsanalysen über die Firmware das System auch ohne externe Sensorik überwacht und so Probleme frühzeitig erkannt werden. Besteht dann noch eine Verbindung in eine Cloud oder zu einem Edge PC, kann das System zum Beispiel über OPC-UA IoT-fähig werden. Dann kann der Maschinenhersteller seinen Kunden erweiterte Services anbieten und sich damit neue Geschäftsmodelle erschließen.

Eine weitere Möglichkeit, die Daten aus dem Antrieb zu nutzen, ist die Verbesserung der Energieeffizienz. Intelligente Umrichter sind in der Lage, ohne zusätzliche Hardware den Energieverbrauch zu messen und die maximale Auslastung der elektrischen Antriebe bei Leistungsspitzen zu überwachen. Mit diesen Informationen lassen sich Einsparpotenziale und die optimale Antriebsdimensionierung ermitteln oder Warnschwellen bei einer ungewollten Veränderung des Produktionsprozesses einstellen. Dies optimiert den Energiebedarf und damit den CO<sub>2</sub> Footprint, stabilisiert und optimiert die Prozesse und rechnet sich obendrein.

Künstliche Intelligenz wird in den kommenden Jahren aus den Produktionshallen dieser Welt nicht mehr wegzudenken sein. Grundlage für einen erfolgreichen Einsatz ist die richtige Bereitstellung der Daten. Intelligente Servoantriebe können durch die Nähe zum Prozess diese Daten schneller als die zentrale Steuerung zur Verfügung stellen, fungieren als Data Hub und ermöglichen so eine optimale Performance für KI-Anwendungen. Zusätzlich können in Verbindung mit externer Sensorik die Antriebe auch als Sensor Hub eingesetzt werden.

### Funktionen in den Antrieb verlagern

Baumüller hat seit Anfang der 1990er Jahre eine antriebsintegrierte PLC auf dem Markt und bietet verschiedene Plattformen für die Verlagerung von Funktionen in den Antrieb. Um Funktionen von der zentralen Steuerung in den Regler zu verlagern, hat der Nürnberger Antriebs- und Automatisierungsspezialist zwei antriebsintegrierte Steuerungslösungen im Portfolio: Die b maXX softdrivePLC mit einer Zykluszeit von  $\geq 62,5 \mu s$  sowie die b maXX PLC di mit einer Feldbus-Zykluszeit von  $\geq 250 \mu s$ . Die software-basierte b maXX softdrivePLC für Einachsananwendungen kombiniert Motion Control und SPS-Funktionalitäten und ist gemäß IEC 61131 programmierbar. Mit der b maXX PLC di werden komplexere Motion Control-, Technologie- und Steuerungsfunktionen direkt im Drive möglich. Da sich die PLC di auch als EtherCat-Master zur Steuerung weiterer Servoumrichter einsetzen lässt, kann die zentrale SPS entlastet oder verkleinert werden, oder sogar komplett entfallen.

« KF

Susanne Reinhard ist bei Baumüller im Bereich Corporate Communications tätig.

# CHAINFLEX: EIN KLASSIKER AGIERT IM HINTERGRUND

Wenn Energieketten viele Millionen Doppelhübe absolvieren, sind die Hauptakteure oft versteckt: Im Innern liegen die Chainflex-Leitungen von Igus, die Maschinen, Roboter & Co. mit Strom, Daten und mehr versorgen. Sie sind so zuverlässig, dass Igus mittlerweile eine Garantie von bis zu vier Jahren gewährt. ➤ VON KATHARINA WIELPÜTZ

**N**ach einem langen Arbeitstag aus der Straßenbahn steigen, am Bahnhof noch kurz ein Erfrischungsgetränk aus dem Automaten ziehen und am Abend die Nachrichtensendung im Fernsehen gucken. Wir sind es gewohnt, dass die Technik, mit der wir im Alltag interagieren, genau ihren Zweck erfüllt und wir uns keine Sorgen über die Funktionsweise machen müssen. Meist tritt die ausgefeilte Technik hinter Straßenbahntür, Kioskautomat und Fernsehstudio komplett in den Hintergrund. Dabei braucht es Energieketten und Linearachsen für die präzise Bewegung der Tür oder der Kamera. Noch wichtiger sind aber Komponenten, die selbst auf den zweiten Blick oft verborgen bleiben.

## LEITUNGEN IN ROBOTERN MÜSSEN TORSIONSWINKEL VON +/- 360 GRAD AUSHALTEN.

Denn von der Straßenbahntür bis hin zum Roboter in der Automobilfertigung ginge nichts ohne die „Nabelschnur“: Leitungen, welche die Maschinen und Anlagen im Alltag und in der Industrie mit den passenden Informationen versorgen. Egal ob Daten-, Bus-, Hybrid- oder Antriebsleitungen, sie sind zentral für die zuverlässige Funktionsweise des Systems.

Dabei stellt jede Anwendung ganz eigene Anforderungen: Lösungen in Robotern müssen sich entlang von sechs Achsen bewegen können und Torsionswinkel von +/- 360 Grad aushalten. In Baumaschinen wirken Staub und Hitze auf die Leitungen. In der Straßenbahntür werden sie unter engsten Platzverhältnissen sowohl bei warmen wie auch bei kalten Temperaturen bei jeder Türöffnung bewegt – und müssen dort sicher funk-

nieren. Bei all diesen individuellen Ansprüchen spielen die chainflex-Leitungen ihre Vorteile aus. Mit einem Produktportfolio von über 1350 Leitungen ist der Kölner motion-plastics-Spezialist in einer solchen Vielzahl von Produkten direkt oder indirekt beteiligt, dass man im Alltag kaum daran vorbeikommt.

## Vorreiter bei der bewegten Leitungsführung

Alle chainflex-Leitungen haben eines gemeinsam: Sie sind speziell auf den Einsatz in bewegten Anwendungen ausgelegt. Dass ausgerechnet dieser Hersteller im Jahr 1989 den Grundstein für die Erfolgsgeschichte legte, ist nicht verwunderlich: Als das Unternehmen in den 1970er-Jahren die ersten Energieketten aus Kunststoff für die bewegte Leitungsführung auf den Markt brachte, gewann die Neuheit schnell an Beliebtheit in der Industrie. Dennoch gab es ein Problem: „Die bis dahin am Markt erhältlichen Leitungen fielen häufig aus, weil sie der dauerhaften Bewegung nicht standhielten“, erläutert Rainer Rössel, Geschäftsbereichsleiter chainflex-Leitungen bei igus. Also suchte das Unternehmen in Zusammenarbeit mit Hochschulen nach Lösungen, wie man Leitungen fertigen sollte, die langfristig und zuverlässig in Energieketten funktionieren. Nach viel Zeit, die in die Planung, Konstruktion, Anfertigung von Prototypen und das Testen investiert wurde, kamen 1989 schließlich die ersten bündelverseilten Steuerleitungsserien CF1 und CF2 auf den Markt. Aus der zu Beginn kleinen Sparte wuchs die mittlerweile zweitgrößte Geschäftseinheit. Seit 2015 gilt das Unternehmen in der Industrie als Marktführer für Energiekettenleitungen.



Von Low-Cost- bis High-End-Produkten: Mit über 1350 Leitungstypen bietet igus das größte Sortiment für Daten-, Bus- und Hybridsysteme, Steuerung und Antrieb.



## Spezieller Aufbau sorgt für Flexibilität

Dass die chainflex-Leitungen aus bewegten Anwendungen nicht mehr wegzudenken sind, liegt am Know-how, das in den mehr als 35 Jahren in die Weiterentwicklung der Leitungen geflossen ist. Grundlage ist die spezielle Bündelverseilung, die auf einem großen Vorbild aufbaut. „Wir haben bemerkt, dass Stahlseile zum Beispiel von Liften ja viel bewegt werden und damit kein Problem haben“, sagt Rössel. Das Prinzip wurde auf die deutlich kleineren Leitungen übertragen – mit Erfolg. Spezielle Mantelwerkstoffe und die passende Verseilung sorgen nun für große Robustheit. Je nach Aderzahl und Querschnitt existiert im Kern der Leitung ein freier Raum, der mit einer echten Kernkordel gefüllt ist. Die Kordel stützt das darüberliegende Verseilgebilde sicher und verhindert das Abwandern der Verseilung in die Leitungsmitteln. Sowohl die Leiter als auch die verwendeten Isolationsmaterialien sind hinsichtlich der jeweiligen Anforderungen, Biegeradien und der Ziellebensdauer aufeinander abgestimmt, damit diese bei der Dauerbewegung nicht brechen. Aber nicht nur die Materialien spielen dabei eine zentrale Rolle, sondern auch die Art der Extrusion. Denn die herstellertypische Mantelextrusion wird zwickelfüllend ausgeführt. Diese aufwendige Methode stützt die Verseilung bei der Dauerbewegung in engen Radien. Auch der Außenmantel sorgt für hohe Biegestabilität. Je nach Anwendung ist er kälte- oder hitzebeständig, resistent gegen Öl oder schlicht kostenoptimiert. Alle Mantelmaterialien der chainflex-Leitungen sind abriebfest, flexibel und gleichzeitig stützend.

## Spezielle Materialien je nach Anwendung

Je nach Anforderung bietet das Unternehmen seinen Kunden Leitungen für den Reinraum oder solche mit spezieller Chemikalien- und/oder Temperaturbeständigkeit. Diese Vielfalt ist es, die Kunden seit vielen Jahren überzeugt. „Die Anwendungen unserer Kunden sind sehr unterschiedlich, und so unterschiedlich müssen auch unsere Leitungen sein“, sagt Rainer Rössel. Er bedient sich am Beispiel der CF880.05.04, die unter anderem in der Prozess- oder Verpackungsindustrie zum Einsatz kommt. Mit einem Kabelaufbau von 4 x 0,5 Quadratmillimetern, einem Biegeradius von 12,5 x d und einem PVC-Mantel bietet der Hersteller sie zu einem günstigen Preis von 0,63 Euro pro Meter an. Diese Lösung ist gleichermaßen für die Dauerbewegung in der Energiekette entwickelt und getestet – und



Im 4000 Quadratmeter großen Prüflabor am Hauptsitz in Köln werden die chainflex-Leitungen auf Herz und Nieren getestet.

Bilder: igus

hat eine garantierte Lebensdauer von bis zu fünf Millionen Hüben. Im Vergleich dazu kommt die CF98.PLUS.05.04 ebenfalls mit einem Aufbau von 4 x 0,5 Quadratmillimetern daher und ist damit elektrisch identisch zur CF880.05.04. Dennoch kostet sie 42,86 Euro pro Meter. Das liegt an den für die Energiekettenleitungen qualifizierten TPE-Werkstoffen sowie ganz speziellen Sonderlegierungswerkstoffen und dem daraus resultierenden kleineren Biegefaktor von nur noch 3 x d. Zudem garantiert der Hersteller mit dieser Leitung 100 Millionen Doppelhübe, bei der CF880.05.04 sind es fünf Millionen. Rainer Rössel nutzt das Beispiel, um auf die große Vielfalt bei gleichen elektrischen Eigenschaften aufmerksam zu machen. „Wir bieten bis zu 17 elektrisch identische, aber mechanisch unterschiedlich anwendbare Leitungen an. So kann jeder Kunde eine Leitung für seine spezielle Anwendung finden“, erklärt Rössel.

## DIE STAHLSEILE IN AUFZÜGEN STANDEN PATE BEI DER ENTWICKLUNG DER CHAINFLEX.

## Über zwei Milliarden Testzyklen pro Jahr für chainflex

Dass der Hersteller es im Laufe der Jahrzehnte geschafft hat, für nahezu jede Anwendung die passende Leitung zu entwickeln, liegt auch am hauseigenen Prüflabor. Auf einer Fläche von 4000 Quadratmetern – in dieser Größe einzigartig in der Branche – werden die Produkte auf Herz und Nieren getestet, über zwei Milliarden Testzyklen kommen so pro Jahr allein für die chainflex-Leitungen zusammen. Vor Ort werden praxis- und anwendungsnahe Versuche durchgeführt. Das Unternehmen ist inzwischen dazu übergegangen, auch eigene Normen zu entwickeln. „Für Leitungen existieren zwar Normen, Bewegungen werden dabei aber nicht berücksichtigt“, weiß Rössel. Das Problem ist

die schiere Vielzahl an unterschiedlichen Anwendungen, schließlich sind die Anforderungen der Lebensmittelproduktion und Chemieindustrie ganz anders als jene in Werkzeugmaschinen oder Theaterbühnen.

Mit den Erkenntnissen aus den Tests kann der Hersteller hier sehr genaue Aussagen über die jeweilige Mindestlebensdauer treffen. So können auch Kunden per Online-Tool ganz einfach berechnen, wie lange die Lösung mindestens ihren Dienst verrichten wird. Diese Sicherheit war es auch, die igus als Vorreiter in der Industrie veranlasst hat, bereits 2013 eine dreijährige Garantie auf das chainflex Sortiment einzuführen. Aufgrund der guten Erfahrungen mit der Garantie und der Vielzahl an Tests wurde die Garantie im vergangenen Jahr auf bis zu vier Jahre erhöht.

„Damit erhalten unsere Kunden noch mehr Sicherheit für ihre Anwendung“, konstatiert Rainer Rössel. Das ist auch von renommierter Stelle bestätigt: Das US-Institut „Underwriters Laboratories“ (UL) hat die chainflex-Garantie in einem aufwendigen Prozess zertifiziert. Damit können die Leitungen auch nach den Standards von den USA und Kanada weltweit verbaut werden. Nach 35 Jahren am Markt geht Rössel davon aus, dass die Vielfalt rund um die chainflex-Leitungen in den nächsten Jahren nur noch wachsen wird. Sicher ist, dass es sich bei den bewegten Leitungen um eine Erfolgsgeschichte „made in Cologne“ handelt. Oder wie es Rainer Rössel ausdrückt: „Wir haben den Nerv der Zeit getroffen.“

« KIS

Katharina Wielpütz ist Business Development Managerin chainflex bei igus.

# MEHR AUSDAUER IN DER KETTE

Besonders bewegte Anwendungen belasten Leitungen dauerhaft, sodass Energieführungsketten zwar führen und schützen, aber nur so zuverlässig sind wie die darin verlegten Kabel. Erst wenn auch diese konsequent für hohe Dynamik, enge Radien und raue Umgebungen ausgelegt sind, lässt sich eine dauerhaft stabile Funktion sicherstellen. Systemlösungen aus einer Hand können hier von Vorteil sein. » **VON MATTHIAS REISER**

In hochautomatisierten Produktionsumgebungen zählen Ausfallzeiten zu den größten Kostentreibern. Jede ungeplante Unterbrechung kann nicht nur zu Produktionsverzögerungen führen, sondern auch kostspielige Folgeschäden nach sich ziehen – etwa durch beschädigte Werkstücke, Stillstand von Folgeprozessen oder aufwendige Reparatureinsätze. Besonders in bewegten Applikationen – etwa in Werkzeugmaschinen, Portalsystemen, Industrierobotern oder Handlingseinheiten – stehen elektrische Leitungen unter permanenter Belastung. Energieführungsketten übernehmen hier eine doppelte Funktion: Sie führen und schützen Kabel, Schläuche und Leitungen, indem sie sie sicher durch hochdynamische Bewegungsprofile begleiten. Doch das System ist nur so stark wie sein schwächstes Glied – und häufig sind es ungeeignete Leitungen, die als erstes nachgeben. Nur wenn die verwendeten Kabel konsequent auf die spezifischen Anforderungen von Energieführungsketten ausgelegt

sind, lässt sich eine dauerhaft zuverlässige Funktion sicherstellen.

## Anforderungen steigen – der Platz schrumpft

Moderne Maschinen- und Anlagenkonzepte verlangen immer kompaktere Bauformen bei gleichzeitig wachsender Leistungsdichte. Der zur Verfügung stehende Bauraum für Kabel und Leitungen wird dadurch zunehmend eingeschränkt – die Ketten werden schmaler und flacher, die Biegeradien kleiner und die Anzahl der mitgeführten Leitungen steigt. Hinzu kommt, dass in vielen industriellen Umgebungen zusätzliche Belastungen auf die Systeme einwirken: Feuchtigkeit, Öle, Kühlmittel, abrasive Partikel oder starke Temperaturschwankungen zählen häufig zum Alltag – und erfordern von allen Systemkomponenten höchste Widerstandsfähigkeit. Gleichzeitig steigt durch die zunehmende Integration von Sensorik, Aktorik und intelligenten Antriebssystemen die Komplexität der Signalübertragung. In Summe ergibt sich ein Szenario, in dem nur hochflexible, abriebfeste und chemikalienbeständige Leitungen langfristig bestehen können. Wer auf der sicheren Seite sein will, braucht spezialisierte Schleppkettenleitungen, die mechanisch wie elektrisch auf maximale Dauerbewegung ausgelegt sind.

## Fünf Erfolgsfaktoren für langlebige Schleppkettenleitungen

Die Lebensdauer einer Leitung in der Kette ist kein Zufallsprodukt. Sie resultiert aus dem perfekten Zusammenspiel einzelner Komponenten – insbesondere dieser fünf:

**1. Kupferadern – flexibel und belastbar:** Das Herzstück jeder elektrischen Leitung bilden die Adern. In Energieführungsket-

Leitungen, die in Energieführungsketten zum Einsatz kommen, müssen mechanisch wie elektrisch auf maximale Dauerbewegung ausgelegt sein.

ten kommen fast ausschließlich Litzenleiter zum Einsatz – also Adern aus vielen feinen Kupferdrähten, typischerweise der Leiterklasse 6. Diese besonders feindrähtige Ausführung ermöglicht hohe Flexibilität und ist deutlich widerstandsfähiger gegenüber wiederholter Biegebeanspruchung als gröbere Litzen. Zusätzlich spielt die Qualität der Aderisolation eine zentrale Rolle: Sie muss abriebfest, temperaturbeständig und elektrisch belastbar sein, um die Ader dauerhaft zu schützen.

**DAS SYSTEM IST NUR SO STARK WIE SEIN SCHWÄCHSTES GLIED. UND HÄUFIG SIND ES UNGEEIGNETE LEITUNGEN, DIE ALS ERSTES NACHGEBEN.**

**2. Verseilung – Kraftverteilung mit System:** Die Art und Weise, wie die einzelnen Adern innerhalb der Leitung angeordnet sind, beeinflusst maßgeblich ihre Biegefähigkeit. Besonders geeignet ist eine kurze Schlaglänge bei der Verseilung – also eine enge Wendung der Adern um ein zentrales, zugfestes Element. Dies sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der auf die Leitung einwirkenden Zug- und Druckkräfte bei jeder Bewegung.



Die Lebensdauer einer Leitung in der Kette resultiert aus dem perfekten Zusammenspiel mehrerer Komponenten.



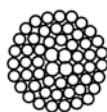


Für höchste Belastungen empfiehlt sich die sogenannte Bündelverseilung: Hier werden mehrere Adergruppen zu Bündeln zusammengefasst, die sich gemeinsam um den Leitungskern winden. Diese Konstruktion erhöht die Lebensdauer – auch wenn sie etwas mehr Bauraum beansprucht.

**3. Schirmung – Schutz vor elektromagnetischen Störungen:** In zunehmend digitalisierten Industrieumgebungen ist die elektromagnetische Verträglichkeit ein entscheidender Faktor. Um Störungen durch benachbarte Leitungen oder Geräte zu verhindern, ist eine effektive Schirmung notwendig. Bewährt hat sich hier der C-Schirm – ein eng geflochtenes Metallgeflecht, das besonders biegebeständig ist. Der Flechtwinkel sollte dabei möglichst flach ausfallen, um sich den Bewegungen der Leitung optimal anzupassen.

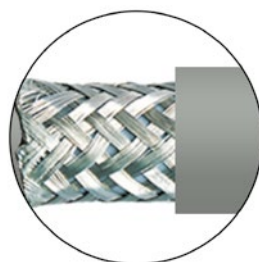


Kupferader der Leiterklasse 5



Ader der Leiterklasse 6 mit gleichem Querschnitt

Kupferadern der Leiterklasse 6 sind besonders flexibel und deutlich widerstandsfähiger gegenüber wiederholter Biegebeanspruchung als größere Litzen.



C-Screen

Schleppkettenleitungen besitzen in der Regel einen C-Schirm, also ein eng geflochtenes Metallgeflecht, das besonders biegebeständig ist.

Bilder: Helukabel

**4. Mantelmaterial – Äußerer Schutz mit inneren Werten:** Der Außenmantel einer Leitung schützt vor Abrieb, Chemikalien, Ölen und thermischen Einflüssen. Hier haben sich Materialien wie PUR und TPE besonders bewährt, denn sie bieten eine hohe Abriebbeständigkeit und sind auch in halogenfreier und flammwidriger Ausführung verfügbar. Für Schleppkettenleitungen besonders geeignet ist die zwickelfüllende Extrusion: Dabei wird der Mantel unter Druck aufgebracht, sodass der Kunststoff alle Zwischenräume ausfüllt und die Adern fest umschließt. Das erhöht die mechanische Stabilität deutlich, erschwert jedoch das Abmanteln. Helukabel löst diese Herausforderung mit einem integrierten Reißfaden.

**5. Normen und Prüfungen – Sicherheit und Zulassung inklusive:** Neben mechanischer Belastbarkeit müssen Leitungen auch alle relevanten Normen wie DIN VDE, EN oder UL erfüllen. Doch: Die klassische Normung berücksichtigt die Anwendung in Energieführungsketten nur unzureichend. Deshalb sind eigene Prüfverfahren der Hersteller entscheidend. Helukabel testet seine Leitungen unter realen Bedingungen auf Millionen von Biegezyklen, chemische Einflüsse und thermische Belastungen. So wird sichergestellt, dass die Produkte den harten Anforderungen im Feld auch tatsächlich standhalten.

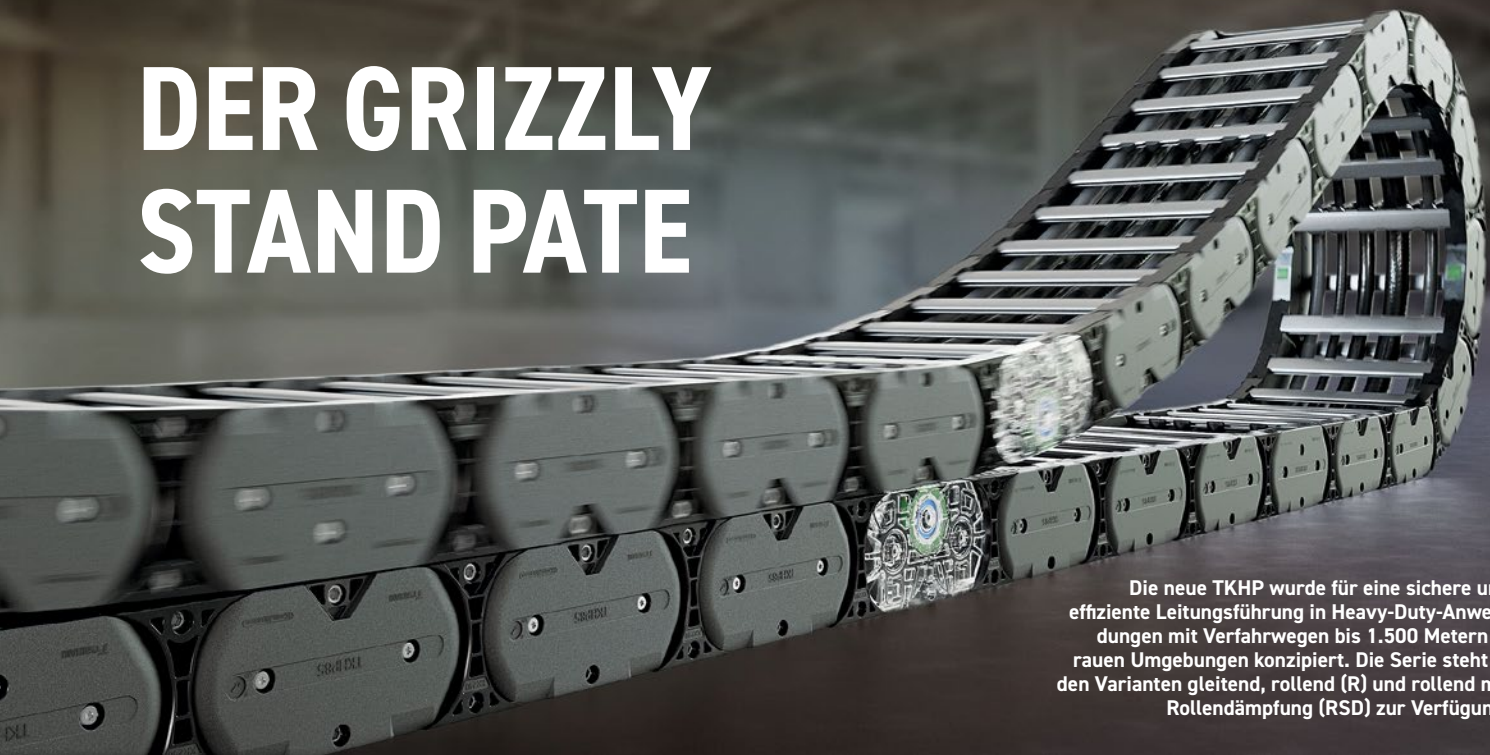
## Systemdenken sichert Prozessstabilität

Ein häufig unterschätzter Erfolgsfaktor ist die Abstimmung aller Systemkomponenten. Leitungen, die optimal zur eingesetzten Kette passen, minimieren Reibung, Vibrationen und damit den Verschleiß und reduzieren potenzielle Fehlerquellen. Hersteller, die sowohl Energieführungsketten als auch die dazugehörigen Leitungen entwickeln und fertigen, bieten hier einen entscheidenden Vorteil: Systemlösungen aus einer Hand, individuell konfigurierbar und bei Bedarf vormontiert und anschlussfertig geliefert.

« KF

Matthias Reiser ist Referent Unternehmenskommunikation bei Helukabel.

# DER GRIZZLY STAND PATE



Die neue TKHP wurde für eine sichere und effiziente Leitungsführung in Heavy-Duty-Anwendungen mit Fahrwegen bis 1.500 Metern in rauen Umgebungen konzipiert. Die Serie steht in den Varianten gleitend, rollend (R) und rollend mit Rollendämpfung (RSD) zur Verfügung.

Stabil, fett im Auftritt und hart im Nehmen: Bei der Entwicklung der neuen Energiekettenserie TKHP von Tsubaki Kabelschlepp stand der Grizzly Pate. Denn wie ein Bär, der sich auch von widrigsten Bedingungen unbeeindruckt zeigt, punktet die TKHP-Serie mit Kraft, Robustheit und vor allem mit Langlebigkeit. ➤ VON FRANK SPRINGER

**W**ir haben die neue TKHP für eine sichere und effiziente Leitungsführung in Heavy-Duty-Anwendungen mit Fahrwegen bis 1.500 Metern in rauen Umgebungen konzipiert“, erklärt Peter Pütz, Vice President Marketing & Innovation bei Tsubaki Kabelschlepp. „Einsatzbereiche sind unter anderem Hafenkrane und der Transport von Schüttgütern. Die Energieketten können große Kräfte aufnehmen. Sie sind äußerst langlebig, schmutzunempfindlich und schützen durch ihre Konstruktion sowie durch spezielle Designelemente die eingelegten Leitungen in anspruchsvollen Umgebungen.“

Die TKHP-Serie (HP steht für High Performance) gibt es in drei Varianten: gleitend, rollend (R) und rollend mit Rollendämpfung (RSD). Mit einer Innenhöhe von wahlweise 58 (TKHP 85) oder 92 Millimetern (TKHP 90) und variablen Breiten dank eines Ein-Millimeter-Breitenrasters lässt sich die Serie flexibel an nahezu jede Bauraumsituation anpassen. Je nach Kettentyp können maximale Zusatzlasten pro Kettenmeter zwischen 30 und 100 Kilogramm sowie für Fahrwege zwischen 100 (ohne Rollen) und 1.500 Metern realisiert werden. Die Varianten mit Rollen erlauben Geschwindigkeiten von zehn Metern pro Sekunde und eine Beschleunigung von bis zu 50 Metern pro Quadratsekunde.

## Das Design: Stärke bis ins kleinste Detail

Hinter der Leistungsfähigkeit der TKHP steckt ein durchdachtes Designkonzept: So sorgt beispielsweise die symmetrisch angeordnete Längsachse für eine optimale Kraftübertragung im Kettensystem und eine Reduzierung der im Kettendrehpunkt auftretenden Momente.

**ZAPFEN ZWISCHEN  
DEN KETTENGLIEDERN  
MACHEN DIE ENERGIEKETTEN  
BESONDERS LEISE.**

Das gekapselte Anschlagssystem, die schmutzunempfindliche selbstreinigende Außenkontur und die verstärkte Bolzenbohrungsverbindung erfüllen höchste Anforderungen in Sachen Robustheit. Auch die massiven Seitenbänder tragen dank verschraubter Kettenglieder und einer speziellen Doppelgabel-Laschen-Konstruktion zur Stabilität bei.

„Ein besonderer Fokus liegt bei der neuen TKHP-Serie auf ihrer Langlebigkeit“, betont Peter Pütz. „Diese optimieren wir durch eine geeignete Materialauswahl, zahlreiche intelligente Kniffe beim Kettendesign sowie ein nachhaltiges produktbegleitendes Servicekonzept. Zu den konstruktiven Aspekten gehören unter anderem die verschleißfreie Dämpfung im Anschlagssystem sowie die leitungsschonenden seewasserfesten Aluminium-Öffnungsstege.“



Die Rollendämpfung in der TKHP 85-RSD und TKHP 90-RSD reduziert die mechanische Belastung beim Überfahren der Rollen um 50 Prozent.



## Innovative Rollendämpfung: Für maximale Laufruhe

Dank polygonoptimierter Außenkontur, einer eingebauten Bremse und der nahezu spaltfreien Laufflächen durch sogenannte Zapfen zwischen den Kettengliedern sind die Energieketten nicht nur sehr langlebig, sondern auch besonders leise. Die kleinen Teilungen von 85 beziehungsweise 90 Millimetern tragen ebenfalls zu einer geringeren Geräuschemission bei. Den ruhigen Lauf der Energieketten unterstützt auch die innovative Rollendämpfung, die in der TKHP 85-RSD und TKHP 90-RSD zum Einsatz kommt. Die Dämpfung reduziert die mechanische Belastung beim Überfahren der Rollen um bis zu 50 Prozent. Dadurch sinkt nicht nur die Geräuschemission, sondern auch der Verschleiß.

„Die Rollendämpfung ist ein echter Gamechanger – ohne zusätzliche mechanische Bauteile wie Schrauben oder Federn“, beschreibt Peter Pütz ein USP der neuen Ketten. „Das reduziert die Komplexität und erhöht gleichzeitig die Zuverlässigkeit.“ Ein weiteres cleveres Detail sind die sogenannten Griprillen auf den Laufflächen. Diese stellen sicher, dass die Rollen auch in Umgebungen mit feinem Staub, wie Zement- oder Kohleanlagen, stets optimal greifen. Einseitiger Verschleiß durch blockierte Rollen gehört damit der Vergangenheit an.

## Leistungsstark und nachhaltig: Die perfekte Kombination

Neben der Leistungsfähigkeit stand der Faktor Nachhaltigkeit im Fokus. So wird derzeit bereits ein Rezyklatanteil von bis zu 40 Prozent bei der Produktion der Ketten verwendet. Tendenz steigend. Die Rezyklate stammen aus sortenreiner Abfalltrennung. Darüber hinaus tragen die auf Energieeffizienz ausgerichtete Fertigung am



Die Griprillen auf den Laufflächen stellen sicher, dass die Rollen auch in Umgebungen mit feinem Staub, wie Zement- oder Kohleanlagen, stets optimal greifen.

Bilder: Tsubaki Kabelschlepp

Der Zapfen stellt eine nahezu durchgehende Lauffläche sicher und trägt so zum ruhigen Lauf des Systems bei.



Standort in Wenden-Gerlingen, die hochwertigen Materialien und ein umfassendes Servicekonzept zur Umweltfreundlichkeit der Serie bei. „Denn“, betont Peter Pütz, „das nachhaltigste Produkt ist das, das am längsten hält.“

Die rollenden Ausführungen der Serie reduzieren zudem den Energiebedarf für die Bewegung der Kette um bis zu 70 Prozent, erfordern entsprechend kleinere Antriebe und sorgen für einen deutlich geringeren Materialabrieb – ein Gewinn für Umwelt und Budget. Last but not least lassen sich die Ketten durch die Nutzung definierter Standardmaterialien am Ende ihres Lebenszyklus zu 100 Prozent recyceln.

**ROLLENDÄMPFUNG KOMMT  
OHNE ZUSÄTZLICHE MECHANISCHE BAUTEILE AUS.**

## ZEHN ARGUMENTE FÜR DIE TKHP

- Die Energieketten der TKHP-Serie sind in drei Varianten – gleitend, rollend, rollend mit Rollendämpfung – verfügbar.
- Die Rollendämpfung sorgt für einen leisen, verschleißarmen Lauf und kommt ohne zusätzliche mechanischen Bauteile wie Schrauben, Halter oder Federn aus.
- Nahezu spaltfreie Laufflächen tragen zum ruhigen Lauf der Ketten bei.
- Griprillen in den Laufflächen der Energieketten sorgen für eine einwandfreie Funktion der Rollen – auch in Umgebungen mit feinstaubigen Verschmutzungen.
- Starke, festsitzende Verschmutzungen werden durch die spezielle Kettenaußenkontur regelrecht aufgebrochen, wodurch ein Selbstreinigungseffekt entsteht.
- Verschraubte Kettenglieder und hochwertige Materialien sorgen für Stabilität und Langlebigkeit im Heavy-Duty-Einsatz.
- Die Energieketten sind wartungsarm. Aufgrund ihrer Konstruktion lässt sich die Wartung schnell und unkompliziert durchführen.
- Energieeffiziente Produktion, Verwendung von Rezyklaten, Recyclingfähigkeit: Der Faktor Nachhaltigkeit wurde bei der Entwicklung konsequent mitgedacht.
- Der modulare Aufbau (Baukasten) des Energiekettensystems ist die Basis für flexible, kundenspezifische Lösungen.
- Das komplette Zubehör (Kanäle, Zugentlastungen, Anbindungen, Leitungen, etc.) sowie ein Condition-Monitoring-System sind aus dem Portfolio des Herstellers verfügbar.

## Integration und Wartung: So einfach wie möglich

Bei der Entwicklung der TKHP-Serie hat der Hersteller ebenfalls großen Wert auf Bedien- und Wartungsfreundlichkeit gelegt. Die Energieketten lassen sich sowohl nach innen als auch nach außen öffnen, was die Montage und Wartung erheblich erleichtert. Ein weiteres Plus: Die Varianten mit Rollen können einfach in bestehenden Führungsrinnen eingezogen und so problemlos nachgerüstet werden – ein großer Vorteil bei Modernisierungen.

Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal ist das umfassende Zubehör: Führungskanäle, Zugentlastungen, Anbindungen und sogar ein Condition-Monitoring-System – alles kommt aus einer Hand und ist optimal aufeinander abgestimmt. Der modulare Aufbau des Energiekettensystems ermöglicht zudem flexible Lösungen für (fast) jede individuelle Kundenanforderung.

„Die Inspiration entstand aus einem klaren Bedürfnis“, resümiert Peter Pütz. „Wir wollten eine Kette entwickeln, die auch unter härtesten Bedingungen zuverlässig ihren Dienst tut. Im Laufe der Umsetzung haben wir diesen Gedanken immer weiter verfeinert, bis schließlich die TKHP entstand – eine Energiekette, die nicht nur zahlreiche innovative Features bereithält, sondern auch sämtliche positiven Eigenschaften unserer bestehenden Systeme in sich vereint.“

« KIS

Frank Springer ist Vice President Marketing & Innovation bei Tsubaki Kabelschlepp.

# OUTSOURCING FÜR MEHR ETHIK UND NACHHALTIGKEIT

Der Waren- und Bestellwert für Instandhaltung und Betriebsmittel ist oft nicht besonders hoch. Gleichzeitig sind die Artikel von kritischer Bedeutung für die geschäftlichen Abläufe. Fehler können kostspielig sein. Im entscheidenden Moment nicht das richtige Teil zur Hand zu haben, kann längere Ausfallzeiten bedeuten und die Produktion beeinträchtigen.

» VON FRANK BEHRENS



RS bietet seinen Kunden Lösungen zur Effizienzsteigerung, Kostensenkung und Erfüllung steigender ESG-Standards auch mit über 30.000 Better-World-Produkten aus 345 Produktfamilien und von 132 Lieferanten in 30 Ländern.

Bild: RS Group

Lieferanten. Dabei setzen wir uns für eine stärkere Konzentration auf nachhaltige und verantwortungsvolle Produktentwicklung, Verpackung, Logistik und Ethik ein“, fährt Barrett fort. „Wenn unsere Lieferanten Maßnahmen zu diesen Themen ergriffen haben, können wir ebenfalls das Sprachrohr sein, um die von ihnen erzielten Verbesserungen publik zu machen“, ergänzt sie.

**D**as Outsourcing der Instandhaltungslieferkette an einen spezialisierten externen Beschaffungsdienstleister reduziert die Risiken längerer Ausfallzeiten. Hinzu kommen eine Reihe weiterer Vorteile wie Lieferantenkonsolidierung, reduzierte Transaktionsverarbeitung und optimierte Lagerbestände, die ebenfalls kostensenkend wirken. Außerdem hilft dieser Schritt Unternehmen, im Bereich Environmental Social Governance (ESG) voranzukommen.

## Sprachrohr für ESG-Aspekte

Der globale MRO-Beschaffungsdienstleister RS Integrated Supply hat kürzlich ein ESG-Forum mit Kunden, leitenden Angestellten und Führungskräften der Muttergesellschaft RS Group veranstaltet. RS Integrated Supply übernimmt die Rolle eines Vermittlers zwischen Lieferanten und Kunden. „Wir sehen uns im Zentrum der globalen industriellen Wertschöpfungskette“, sagt Andrea Barrett, Vice President of Social Responsibility and Sustainability bei der RS Group. „Wir wissen,

dass Nachhaltigkeit und ethische Beschaffung zu den wichtigsten Geschäftsprioritäten und Problembereich unserer Kunden gehören, und das ist ein Bereich, in dem wir wirklich helfen können, Probleme zu lösen“, so Barrett weiter.

Die Unterstützung der Kommunikation zwischen Upstream und Downstream ist von entscheidender Bedeutung. „Wir sammeln alle Erkenntnisse, Bedürfnisse und Möglichkeiten unserer Kunden und sind das Sprachrohr dafür entlang der Lieferkette bis hin zu unseren

## KOMMUNIKATION ZWISCHEN UPSTREAM UND DOWNSTREAM MUSS STIMMEN.

### Anforderungen von Nachweisen

Gleichzeitig ist sich Barrett bewusst, dass Anfragen nach Nachweisen für ESG-Verbesserungen, so gut gemeint sie auch sein mögen, für Lieferanten zur Belastung werden können. Dies gilt insbesondere für kleine und mittlere



Die positiven Effekte des Bestrebens, Beschaffung, Lagerung und den Versand von Produkten näher an den Kunden zu rücken, unterstützen die generelle Reduzierung der Emissionsintensität beim Produkttransport (Scope 3) der RS Group um 26 Prozent seit 2019/20.

Bild: RS Group





Das Outsourcing der Instandhaltungslieferkette hilft dabei, in der Environmental Social Governance (ESG) voranzukommen.

Bild: ©Ta studio/stock.adobe.com; mit KI generiert

Unternehmen (KMU), denen möglicherweise die Ressourcen fehlen, um effektiv zu reagieren. „Es ist wichtig, dass die Berichterstattung so effizient und effektiv wie möglich erfolgt“, erklärt sie. „Berichten Sie einmal nach dem höchstmöglichen Standard, anstatt viele individuelle, kundenspezifische Berichte und Fragebögen zu erstellen“, rät Barrett.

Letzteres Szenario kann unbeabsichtigt nachteilige Auswirkungen haben. „Die Gefahr“, fügt Barrett hinzu, „besteht darin, dass diese kleinen ESG-Teams einfach zu Berichtsteams werden und nicht mehr die Kapazität haben, die Maßnahmen selbst voranzutreiben. Deshalb bin ich ein großer Fan der Berichterstattung an eine einzige Plattform, auf der die Informationen bei Bedarf jedem zur Verfügung stehen.“

Allgemein anerkannte Berichtstools spielen daher im Rahmen der Lieferantenbewertung von RS eine wichtige Rolle. Es ist dem Distributor sehr wichtig, Partner zu bitten, sich der Science Based Targets Initiative anzuschließen. Dies ist eine Organisation, die Unternehmen dabei hilft, Emissionsreduktions- und Netto-Null-Ziele festzulegen, die mit der Klimaforschung in Einklang stehen. „Lieferanten können ihre Netto-Null-Ambitionen von der Organisation validieren lassen, damit Kollegen und Stakeholder wirklich auf die Ziele vertrauen können, die sie als Unternehmen festgelegt haben“, erklärt Danny Hobson, Head of Product and Supplier Sustainability bei der RS Group.

### Umfassender Überblick ist ein Vorteil

RS hat sich für eine Zertifizierung durch EcoVadis entschlossen. Hierbei handelt es sich um ein globales ESG-Nachhaltigkeitsrating. EcoVadis vergibt Platin-, Gold-, Silber- und Bronzemedallien an Unternehmen auf der Grundlage ihrer Leistung im Hinblick auf bestimmte Nachhaltigkeits- und soziale Verantwortungskriterien. RS legt das Erreichen einer Silbermedaille als Priorität für Lieferanten fest.

### NACHWEISE FÜR ESG-VERBESSERUNGEN KÖNNEN FÜR KMU BELASTEND SEIN.

Erica Zabriskie, Global Responsible Procurement Director bei RS Integrated Supply, stimmt dem zu. Sie hat EcoVadis als wertvolles Research Tool schätzen gelernt: „Die 360-Grad-Einblicke helfen einem wirklich, mehr über einen Lieferanten zu erfahren. Man erhält Einblick die Aktivitäten eines Unternehmens, um für mehr Nachhaltigkeit zu sorgen. Man kann sich auch direkt darüber

informieren, welche Schritte in Richtung einer verantwortungsvolleren Beschaffung unternommen wurden, ohne diese Details direkt bei ihnen anfordern zu müssen“, sagt sie. „Das alles sofort zur Hand zu haben, ist wirklich nützlich.“

Die EcoVadis-Registrierung komme auch dem Lieferanten zugute, bemerkt Hobson. „Dadurch erhalten Sie als Unternehmen eine Bewertung, deren Ergebnisse Sie mit anderen teilen können.“ Zabriskie ergänzt: „Auch die Kunden von RS Integrated Supply profitieren davon. Sie möchten sich darauf verlassen können, dass wir unsere Lieferanten prüfen, auditieren und inspizieren. Wir arbeiten aktiv mit unseren strategischen Lieferanten zusammen, und ihr EcoVadis-Rating ist in unsere interne Scorecard integriert.“

### Kontinuierliche Verbesserung führt zu stetigen Erfolgen

RS setzt auch auf EcoVadis, um seine eigenen Bemühungen zu validieren. Das Ergebnis: zum dritten Mal eine Platin-Bewertung. Das bedeutet, dass die ESG-Leistung des Unternehmens in den letzten zwölf Monaten zu den besten ein Prozent aller von EcoVadis bewerteten Organisationen gehörte. Beispiele für Erfolge sind die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 61 Prozent (ohne jüngste Akquisitionen), des Energieverbrauchs um neun Prozent und der Scope-3-Transportemissionsintensität um 26 Prozent zwischen 2019/20 und 2023/24.

« KIS

Frank Behrens ist Senior Marketing Manager External Communications DACH bei RS Components.

# NEWS LETTER

öffnen

# AUGEN



Sichern Sie sich jetzt  
Ihren wöchentlichen kostenfreien  
Newsletter!

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

**DIGITAL ENGINEERING** MAGAZIN

**WIN**  
VERLAG

# DIE ZUKUNFT DER AGILEN FAHRZEUGENTWICKLUNG

OEMs kämpfen mit Projektverzögerungen: Softwareprobleme bremsen Fahrzeugentwicklung. Mechanik ist nicht mehr entscheidend, stattdessen sind es Softwarelösungen für Fahrerassistenz, Energiemanagement und Infotainment, die das Nutzererlebnis prägen. Diese Entwicklungen erfordern schnelle Entwicklungs- und Updatezyklen, doch viele Hersteller setzen weiterhin auf das sequenzielle V-Modell, das mit der heutigen Geschwindigkeit nicht mehr mithalten kann.

» VON MICHELE DEL MONDO



**Der Digital Thread schafft eine durchgängige Datenstruktur.**

**D**as V-Modell gehört seit Jahrzehnten zu den Standards in der Automobilindustrie. Es folgt einer klaren Logik: Zunächst werden Anforderungen, Konzepte und Architekturen spezifiziert, anschließend folgt die Implementierung. Jede Phase auf der Spezifikationsseite hat ihr Gegenstück auf der Testseite. Für Hardware-Prozesse mit langen Zyklen und hohen Änderungskosten war dieses Vorgehen sehr erfolgreich.

Mit dem Aufstieg softwaregetriebener Funktionen stößt dieses Modell jedoch an seine Grenzen. Die Linearität und Trennung der Phasen verhindert schnelle Rückmeldungen. Software, die in kurzen Abständen erweitert und getestet werden muss, passt nicht in ein Modell, in dem Feedback erst am Ende vorgesehen ist. Die Folge: Funktionen kommen zu spät, Änderungen sind teuer, Integration wird zum Risiko.

Die Entwicklung moderner Fahrzeuge ist nicht mehr sequentiell, sondern parallel organisiert. Fahrerassistenzsysteme werden weiterentwickelt, während Energiemanagement und Infotainment neue Funktionen erhalten. Gleichzeitig erwarten Kunden, dass Updates regelmäßig und kurzfristig bereitgestellt werden. Ein sequenzieller Prozess kann dieses Tempo nicht abbilden. Mechanik, Elektronik und Software laufen getrennt, Integration erfolgt zu spät. Viele Hersteller setzen inzwischen auf agile Methoden. Solange das Grundgerüst jedoch sequenziell bleibt, bleiben die Effekte begrenzt.

## **MBSE und Digital Thread als neues Fundament**

Agile Methoden verbessern die Prozesseffizienz, reichen jedoch nicht aus, um die Komplexität softwarezentrierter Fahrzeugarchitekturen nachhaltig zu beherrschen. Hierfür

braucht es methodische Grundlagen wie Model-Based Systems Engineering (MBSE). MBSE ersetzt verstreute Dokumente durch ein konsistentes Systemmodell, in dem Anforderungen, Architekturentscheidungen, Schnittstellen und Testfälle verknüpft sind. Dieses Modell dient als gemeinsame Referenz über alle Disziplinen hinweg. Abhängigkeiten werden sichtbar, Simulationen machen Fehler erkennbar, bevor physische Prototypen entstehen. Validierung beginnt früh. Für komplexe E/E-Systeme bedeutet das weniger Nacharbeiten, kürzere Zyklen und höhere Qualität.

MBSE ermöglicht damit paralleles Arbeiten, ohne die Nachvollziehbarkeit zu verlieren. Mechanik entwickelt Geometrien, Software modelliert Funktionen und Datenflüsse, die Elektrik legt Steuergeräte und Busse aus. Alle blicken auf dasselbe Systembild. Das reduziert Reibungsverluste und stabilisiert die Integration. In Multi-Supplier-Umgebungen schafft MBSE Klarheit über Verantwortlichkeiten, Varianten und Freigabestände.

Der Digital Thread erweitert diesen Ansatz auf den gesamten Lebenszyklus. Er verbindet Systemmodelle mit realen Artefakten aus Entwicklung, Test, Produktion und Betrieb. Anforderungen, Quellcode, Kalibrierungen, Testergebnisse und Zulassungsnachweise bleiben verknüpft und aktuell. Integration wird zur kontinuierlichen Tätigkeit. Eine Änderung kann sofort auf ihre Auswirkungen geprüft werden. Traceability wird nicht nachträglich erstellt, sondern entsteht im Prozess.

## **Transformation braucht mehr als Tools**

Methodische Ansätze wie MBSE und der Digital Thread sind zentrale Bausteine, die ihre Wirkung nur entfalten, wenn auch die Organisation darauf ausgerichtet ist. Mechanik, Elektronik und Software dürfen nicht länger in getrennten Strukturen arbeiten. Teams





**MBSE ermöglicht  
paralleles Arbeiten  
bei maximaler  
Transparenz.**

müssen Verantwortung für ganze Funktionsumfänge übernehmen und auf konsistente Daten in Echtzeit zugreifen können. Nur so lassen sich Abhängigkeiten früh erkennen und Änderungen transparent nachvollziehen.

Notwendig sind zudem hybride Abläufe. Klassische Gate-Prozesse bleiben wichtig, weil Sicherheit, funktionale Nachweise und Zulassungen verbindlich sind. Gleichzeitig verlangt die Softwareentwicklung kurze Zyklen und kontinuierliche Integration. In der Praxis heißt das: klare Integrationslinien, virtuelle Systemtests in frühen Phasen und definierte Reifegrade für Modelle und

Zusatz betrachtet werden, sondern als Kern der Fahrzeugarchitektur. Damit Strategie und Engineering im gleichen Takt arbeiten, braucht es klare Verantwortlichkeiten und verbindliche Entscheidungsstrukturen. Organisation, Methoden und Kultur müssen zusammenspielen, um die notwendige Kombination aus Geschwindigkeit, Qualität und Nachvollziehbarkeit zu erreichen.

### Von Stabilität zu Agilität

Das V-Modell hat lange Struktur gegeben, in einer softwaregetriebenen Entwicklung reicht es jedoch nicht mehr aus. Modellverzögerungen durch Softwareprobleme sind also Symptom eines strukturellen Fehlers. Wer Fahrzeuge heute noch sequenziell entwickelt, produziert Rückschritte statt Fortschritt. MBSE hingegen schafft die methodische Basis, um Systeme früh zu modellieren, Abhängigkeiten sichtbar zu machen und Validierung nach vorn zu verlagern. Der Digital Thread stellt dabei sicher, dass diese Modelle über den gesamten Lebenszyklus hinweg mit Anforderungen, Tests und Softwareständen verbunden bleiben. Doch Methoden allein reichen nicht. Erst wenn Organisation, Prozesse und Mindset auf Agilität und Integration ausgerichtet sind, wird aus Tempo auch Qualität. Der nächste Entwicklungssprung gelingt also nur, wenn Unternehmen nicht länger versuchen, neue Herausforderungen mit alten Methoden zu lösen. **« TB**

**METHODISCHE ANSÄTZE WIE MBSE UND DER DIGITAL THREAD SIND ZENTRALE BAUSTEINE, DIE IHRE WIRKUNG NUR ENTFALTEN, WENN AUCH DIE ORGANISATION DARAUF AUSGERICHTET IST.**

Software. So entsteht die Balance zwischen Agilität und Verbindlichkeit.

Ein weiterer Aspekt ist das Schnittstellenmanagement. Parallelisierung funktioniert nur, wenn Schnittstellen stabil beschrieben, versioniert und regelmäßig überprüft sind. MBSE verankert diese Schnittstellen im Systemmodell, der Digital Thread macht ihre Änderungen im gesamten Kontext sichtbar. Das reduziert Integrationsrisiken und beschleunigt Freigaben.

Am Ende geht es auch um Kultur und Führungsmodelle. Software darf nicht länger als

**Was früher mechanisch geplant und sequenziell gebaut wurde, braucht heute agile, softwaregetriebene Entwicklungsmodelle.**

Bilder: PTC



# Be innovative

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

[www.digital-engineering-magazin.de/  
abonnement/](http://www.digital-engineering-magazin.de/abonnement/)

**DIGITAL ENGINEERING** MAGAZIN







Im Bereich der virtuellen Produktentwicklung bietet generative KI das Potenzial, neue Objekte zu „erfinden“, die mit menschlichen Fähigkeiten nicht möglich wären.

Bild: © suriya/stock.adobe.com

# 360-GRAD-SICHT AUF VIRTUELLE PRODUKTENTWICKLUNG

Wer Produkte digital entwickelt, braucht Kontext: Graphdatenbanken verbinden Daten aus PLM, CRM, ERP und IoT zu einem Wissensgraphen - die Basis für präzisere KI, schnellere Tests und bessere Entscheidungen. Der Ansatz von GNS Systems und Context64.ai macht Beziehungen transparent, speist LLMs über GraphRAG mit relevantem Wissen und automatisiert Testfälle. Ergebnis: Muster erkennen, Fehler früh finden, Time-to-Market senken. » VON DIPL. ING. CHRISTOPHER WOLL

Um mehr aus vorhandenen Daten herauszuholen, setzen Unternehmen künstliche Intelligenz (KI) ein. In der virtuellen Produktentwicklung können Methoden des maschinellen Lernens genutzt werden, um auf der Grundlage von Algorithmen zahlenbasierte Entscheidungen zu treffen. Notwendige Voraussetzung hierfür ist, dass große Mengen an qualitativ hochwertigen Daten vorliegen, um relevante Ergebnisse zu liefern.

Generative KI ist in der Lage, anhand von Trainingsdaten selbstständig neue Inhalte wie Texte, Bilder und Audiodateien zu erstellen. Im Bereich der virtuellen Produktentwicklung bietet generative KI das Potenzial, neue Objekte zu „erfinden“, die mit menschlichen Fähigkeiten nicht möglich wären. Angewandtes kontextuelles Lernen verfolgt Beziehungen zwischen Daten, selbst wenn diese Datenelemente weit voneinander ent-

fernt sind, sich gegenseitig beeinflussen und voneinander abhängen. Durch die Verknüpfung von Daten aus verschiedenen Quellen stellen Integrationsplattformen sicher, dass KI-Modelle mit den verfügbaren Informationen trainiert werden. Dies verbessert die Genauigkeit der KI und ermöglicht die Entwicklung innovativer Anwendungen, die auf den spezifischen Bedürfnissen basieren.

## Mehrwerte aus vernetzten Daten schaffen

Im angewandten kontextuellen Lernen liegt der Schlüssel auf eine 360 Grad Sicht auf die Beziehungen zwischen den Daten. Anstatt Daten in Form von Tabellen und starren Schemata zu speichern und neue Verknüpfungen mit komplexen Operationen (Joins) zu berechnen, werden Daten und ihre Beziehungen in Form eines Graphen gespeichert. Somit können unterschiedliche Quellen dynamisch kombiniert werden - nicht nur histo-

rische Daten, sondern auch Echtzeit-Datenströme. Die zugrunde liegende Technologie der Graphdatenbank schöpft das Potenzial vernetzter Daten voll aus, anstatt nur einzelne Datenpunkte zu betrachten.

Graphdatenbanken integrieren viele heterogene Informationen und stellen diese als Knoten dar, die durch sogenannte Kanten miteinander verbunden sind. Der dargestellte Ansatz von GNS Systems in Kooperation mit Context64.ai ermöglicht es, Netzwerke in ihrer Komplexität abzubilden, Zusammenhänge und Muster aufzudecken und Informationen in einen semantischen Kontext zu stellen. Die intuitive Struktur beschreibt Daten auf nachvollziehbare Weise und liefert den Kontext für generative KI.

Durch die Nutzung semantischer Ähnlichkeiten in den Daten sind die vom LLM generierten Antworten zielgerichteter und gehen präziser auf die ursprüngliche Frage ein. Graphdatenbanken liefern dem LLM

spezifischere Informationen, die über den Datenpool hinausgehen, auf dem das LLM ursprünglich trainiert wurde. Insbesondere im Umfeld virtueller Produktentwicklungsprozesse eröffnet der Einsatz kontextueller Graphdatenbanken einen wichtigen Ansatz, um KI-Agenten in technischen Umgebungen in die Lage zu versetzen, Lösungen zu liefern.

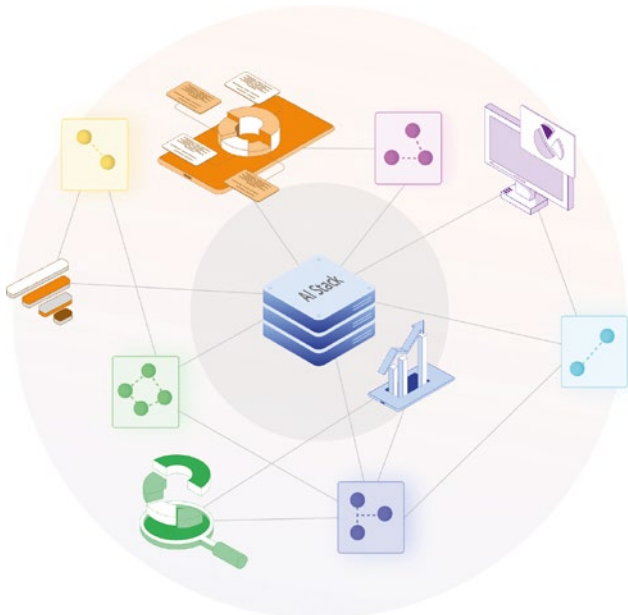
### Früher erkennen, Kosten vermeiden: KI-gestützte Fehlersuche

Das folgende Beispiel eines Herstellers für Haushaltsgeräte wie Kühlschränke, Waschmaschinen und Geschirrspüler zeigt, wie aus der Analyse einer vernetzten Datengrundlage mithilfe eines industriellen Wissensgraphen kontextbezogene Inhalte entstehen. Neben den klassischen, funktionalen Haushaltsgeräten entwickelt sich der Bereich der weißen Ware stetig weiter. Ob Steuerung der Funktionen per App, die Benachrichtigung auf dem Smartphone über abgeschlossene Programme oder die Überwachung der Innenraum-Temperatur – smarte Features in Haushaltsgeräten sind gefragter denn je. Mit der Anzahl an Funktionen steigt jedoch die Komplexität in der Entwicklung.

Um hohe Kosten in (Fehl-)Produktion und Wartung zu vermeiden, verfolgen Hersteller das Ziel, Fehlerquellen in der Funktionalität der Smart Home Geräte früh aufzudecken. Der Hersteller hat daher sein Testverfahren mithilfe von KI und Graph Datenbanken vollständig automatisiert. Die Ingenieure können nun mehrere neue Testfälle im RPA-Framework innerhalb von wenigen Minuten anstatt mehrtägiger Aufbereitung generieren. Ein durchgeführter Proof of Concept durch GNS Systems bestätigte dieses Ergebnis.

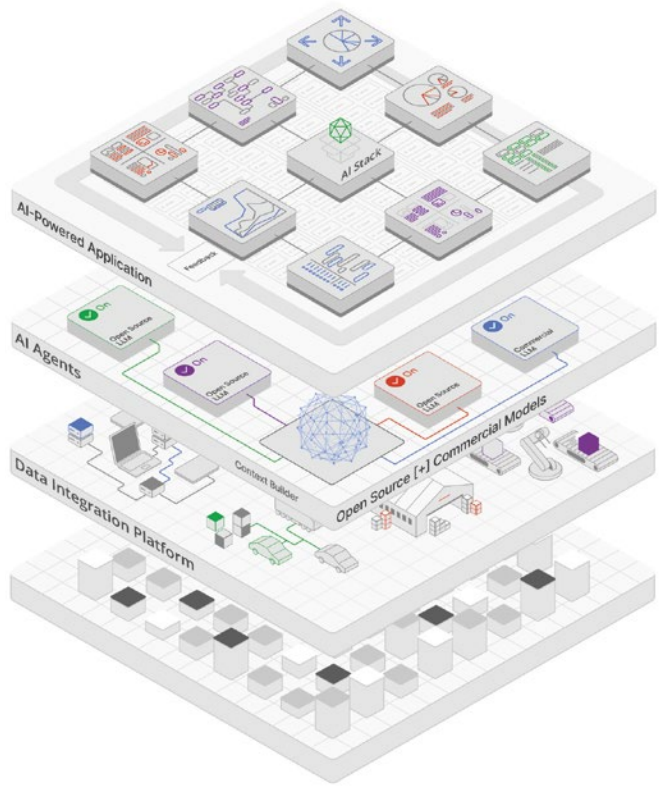
### Datenbrücken: PLM, CRM, ERP und IoT vereint

Spezielle Datenintegrationsplattformen helfen dabei, die notwendige Verbindung zwischen internen Datenquellen aus PLM, CRM, ERP und IoT-Geräten und externen Datenquellen aus beispielsweise Kundenbewertungsportalen und Testberichten herzustellen. Eingesetzte Graphdatenbanken sind für Benutzer visuell intuitiv zu bedienen. Das Knoten-Kanten-Modell ermöglicht es, externe und interne Datenbeziehungen abzufragen sowie kausale Zusammen-



Graphdatenbanken strukturieren Daten auf verständliche Weise, sodass jeder Datenpunkt (Knoten) durch explizite Beziehungen (Kanten) mit anderen relevanten Daten verbunden ist.

Bild: Context64.ai



Die Kombination aus einer Datenintegrationsplattform und einer semantischen Beziehungsstruktur über Wissensgraphen sowie der Einsatz von KI-Agenten zur besseren Interpretation unterstützt das Verständnis der Argumentationslogik innerhalb von KI-Pipelines.

Bild: Context64.ai

hänge entlang der Verbindung nachzuvollziehen und aufzudecken. Dies hilft, bisher verborgene Muster zu erkennen und neue Erkenntnisse hinsichtlich fehlerhafter Funktionalitäten bei den Haushaltsgeräten zu erhalten.

In Verbindung mit KI-Technologien bietet der von GNS Systems entwickelte Ansatz die notwendige Grundlage für ein klares Verständnis der Argumentationslogik innerhalb von KI-Pipelines. Mit GraphRAG erweiterte LLM-Modelle können effizient Muster aufdecken, Trends vorhersagen und Antworten zu Datenquellen und Beziehungen liefern. Die Graphdaten versorgen generative KI mit dem notwendigen Kontext aus semantischen Ähnlichkeiten in den Daten, um Antworten auf die ursprüngliche Fragestellung zur Funktionalität der Smart Home Geräte zu geben. Die ausgegebene Antwort gibt detaillierte Hinweise, an welcher Stelle bestimmte Spezifikationen im Modell Fehler verursachen und liefert bei Bedarf einen Vorschlag in Form von Code, diesen direkt im Testfall zu verbessern.

### Bessere Entscheidungen durch KI-gestützte Analysen

Der vorgestellte Lösungsansatz von GNS Systems ermöglicht schnell und wiederholt auf komplexes, mehrdimensionales Wissen zuzugreifen und es effizienter für die datengenerierte Produktentwicklung zu nutzen. Daten in Graphdatenbanken können jederzeit navigiert werden: Sie können korrigiert, ergänzt und aktualisiert werden und bleiben dabei jederzeit nachvollziehbar. Die Möglichkeit, verschiedene Datenquellen zu integrieren, bietet Unternehmen entscheidende Wettbewerbsvorteile und die Chance, Prozesse zu optimieren, Produktentwicklungszeiten zu verkürzen und Entscheidungsprozesse zu verbessern. Wer eine solche Lösung von GNS Systems implementiert, positioniert sich optimal für künftige Herausforderungen und optimiert seine Geschäftsstrategien nachhaltig.

« TB

Dipl. Ing. Christopher Woll ist Geschäftsführer von GNS Systems.



# MACHINE VISION AUF NEUEN PFADEN

Bei der Entwicklung von Anlagen auf Basis eines Bildverarbeitungssystems kaufen Anwender oft die Katze im Sack: Erst nach der Fertigstellung einer Anlage zeigt sich, ob die Machine Vision-Aufgabe entsprechend der Vorgaben gelöst wird. Maddox AI verlässt mit einem neuen Ansatz ausgetretene Pfade, reduziert das Kundenrisiko durch ein ungewöhnliches Geschäftsmodell und baut dabei auf innovative KI-Werkzeuge. » VON PETER STIEFENHÖFER

**B**ei der Entwicklung einer komplexen Anlage mit integrierter Bildverarbeitung trage der Käufer üblicherweise einen Großteil des Risikos, so Peter Droege, einer der Gründer und CEO des Tübinger Unternehmens Maddox AI: „Bis zur Installation und der Integration einer Prüfanlage in die Produktion haben Kunden oft bereits bis zu 90 Prozent des Projektbudgets bezahlt. Der risikoreichere Teil ist es, den Einsatz der automatisierten Inspektion vorzubereiten und ihre präzise Funktion im Regelbetrieb sicherzustellen. Da zu diesem Zeitpunkt nur noch die letzten 10 bis 15 Prozent der Zahlung ausstehen, kann die Motivation von Maschinenbauern und Systemintegratoren schwinden, die Anlage optimal und schnell zum Laufen zu bekommen.“

Dieses Risiko übernimmt Maddox AI mit einem neuen Ansatz, so Droege: „Wir stimmen zunächst alle Key Performance-Indikatoren mit unseren Kunden ab. Danach installieren und integrieren wir die geeignete Vision-Hardware in die Produktion und beginnen mit dem Sammeln und Annotieren von Bilddaten sowie dem Trainieren von KI-Modellen. Bis dahin sind unsere Leistungen kostenfrei.“ Erst wenn alle festgelegten KPIs erfüllt sind, das heißt, die KI-Modelle akkurat und ausreichend schnell alle relevanten Defekte im Regelbetrieb identifizieren, kommt es zum kostenpflichtigen Lizenzvertrag. Für den Einsatz der KI-Modelle und der Weiterentwicklung liefert Maddox AI Software-Updates, die als jährliche Software-as-a-Service (SaaS)-Gebühren abgerechnet werden.

## Datenzentristisches Machine Learning als Schlüssel zum Erfolg

Dass Maddox AI bei seinem ungewöhnlichen Geschäftsmodell auf Künstliche Intelligenz setzt, hat gute Gründe: Regelbasierte Bild-



Die KI-basierten Lösungen von Maddox AI sind bereits in vielen Industriesparten erfolgreich im Einsatz.

verarbeitungssysteme sind der manuellen Qualitätskontrolle zwar deutlich überlegen, stoßen aber vor allem bei komplexen Aufgaben oft an ihre Grenzen. Jedoch stellen auch KI-basierte Vision-Systeme nicht per se ein Wundermittel für jede Anwendung dar: Bei der Annotation von Bildern und der Entwicklung geeigneter KI-Modelle bieten sie oft noch nicht die nötige Anwenderfreundlich-

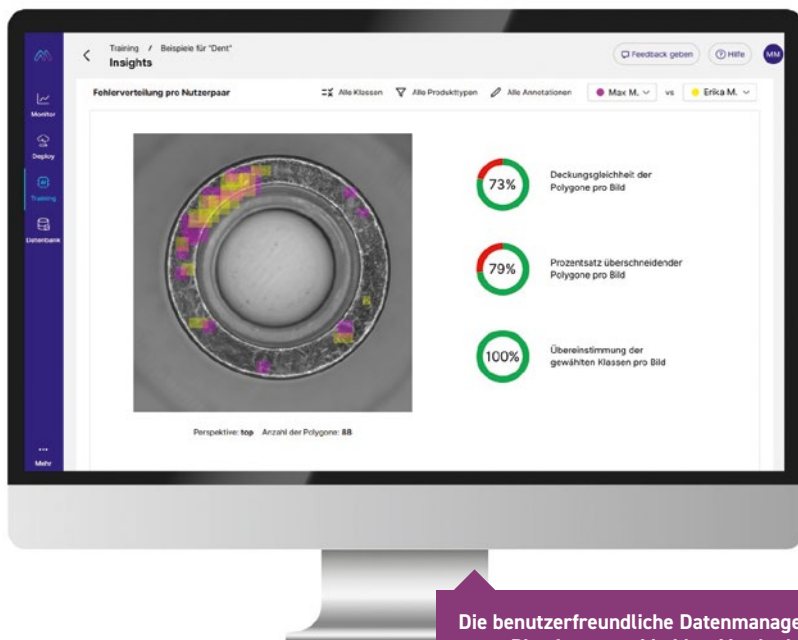
» **DER MACHINE LEARNING-BASIERTE ANSATZ VON MADDUX AI EIGNET SICH AUCH FÜR KOMPLEXE INSPEKTIONSAUFGABEN UND BESTICHT DURCH SEINE HOHE KOSTENEFFIZIENZ.«**

PETER DROEGE

keit und Zuverlässigkeit und werden deshalb derzeit nur begrenzt eingesetzt.

Hier geht Maddox AI einen Schritt weiter, so Droege: „Entscheidende Erfolgsfaktoren für den Einsatz von KI und die Nutzung von Machine Learning (ML)-Methoden sind eine optimale Machine Learning-Architektur und eine konsistente Datenbasis. Die ML-Architektur ist bei praktisch allen Anbietern sehr ähnlich. Eine konsistente Datenbasis wird hingegen von den meisten Lösungen am Markt vernachlässigt, obwohl es der größte Hebel für bessere Ergebnisse ist.“

Wie Maddox AI diese verbesserte Datenkonsistenz erzielt, erläutert Droege anhand eines Beispiels: „In der Produktion fallen durch hohe Stückzahlen große Datenmengen an, während Defekte nur relativ selten auftreten. Anstatt manuell nach NOK-Teilen zu suchen, um Trainingsdaten für Defekterkennungsmodelle zu gewinnen, kann unser Software-Tool Similarity Search vorhandene



Die benutzerfreundliche Datenmanagement-Plattform von Maddox AI erlaubt eine verständliche Fehler-Visualisierung und unterstützt Anwender bei der schnellen Fehlerannotation.

## MADDOX AI

Maddox AI ist eine KI-basierte Inspektionslösung, die visuelle Qualitätsprüfungen für produzierende Unternehmen optimiert, automatisiert und digitalisiert. Bei der Produktentwicklung arbeitet das gleichnamige Unternehmen eng mit führenden KI-Forschern aus dem Cyber Valley in Tübingen zusammen, die seit Jahren auf dem Gebiet des maschinellen Sehens tätig sind und zum Gründerteam von Maddox AI gehören. Das Unternehmen besteht aus promovierten Wissenschaftlern, ehemaligen Strategieberatern, Maschinenbauern und Softwareentwicklern und verfügt über Büros in Tübingen, Köln und Berlin.

Daten nach Bereichen durchsuchen, die bereits markierten Defekten stark ähneln. So lassen sich gezielt relevante Beispiele finden, was die Datenannotation deutlich schneller und konsistenter macht.“

### Künstliche Fehlerbilder für optimierte KI-Inspektionssysteme

Eine weitere Schwachstelle vieler ML-Systeme: Bestimmte Fehler treten in der Produktion so selten auf, dass sie zum Anlernen von KI-Modellen nicht zur Verfügung stehen. Hier kann Maddox AI künstliche Fehlerbilder generieren und so das Training von Inspektionssystemen effizienter gestalten.

„Unsere Software enthält Werkzeuge, die dem Menschen beim einfacheren, schnelleren Erstellen von konsistenten Datensätzen helfen“, unterstreicht Droeger. „Datenannotation ist der zeitintensivste und wichtigste Hebel zur Verbesserung der KI-Performance eines Vision-Systems. Unsere Supervised AI-Tools in Kombination mit konsistenteren Daten machen den Unterschied zu anderen KI-Systemen sowie zu regelbasierten Systemen am Markt: Sie reduzieren den Pseudoausschuss und erhöhen so die Wirtschaftlichkeit in der Produktion.“

Neben der besseren Fehlererkennung und der effektiveren Datenannotation ermöglicht Maddox AI zudem die Optimierung von Produktionsprozessen. Inspektionssysteme nutzen Informationen über erkannte Fehler oft gar nicht oder nicht effizient genug zur Optimierung von Anlagen. Durch die Auswertung der gesammelten Qualitätsdaten erkennt die Software übergeordnete Zusammenhänge wie z.B. die Abnutzung von Werkzeugen oder falsch eingestellte Anlagenparameter und gibt dem Anwender entsprechende Hin-

weise. So kann dieser rechtzeitig reagieren und damit die Effektivität seiner Produktion steigern. Künftig soll Maddox AI nicht nur anzeigen, welche Fehler erkannt wurden und wie sie entstanden sein könnten, sondern proaktive Vorschläge machen, wie man diese Fehler vermeiden könnte.

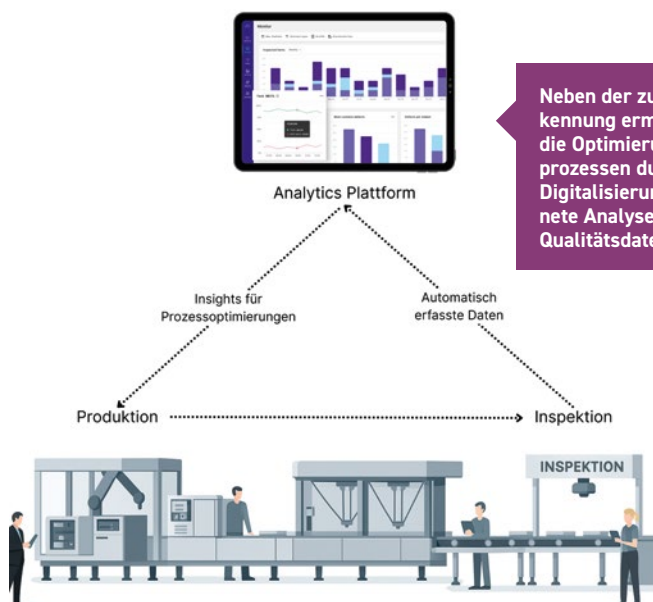
### Komplexe Qualitätskontrolle wirtschaftlich automatisieren – mit KI

„Für die meisten Aufgaben in der industriellen Qualitätskontrolle ist der Einsatz menschlicher Arbeitskräfte keine wirtschaftliche Option. Traditionelle regelbasierte Inspektionssysteme weisen zwar oft eine hohe Kosteneffizienz auf, eignen sich aber vor allem für einfachere Prüfaufgaben und liefern selbst bei optimaler Auslegung aller Parame-

ter oft keine absolut zuverlässigen Ergebnisse. Zudem dauert es häufig sehr lange, bis ein System stabil eingerichtet und einsatzbereit ist.“ Der Machine Learning-basierte Ansatz von Maddox AI eignet sich hingegen auch für komplexe Inspektionsaufgaben und besticht durch seine Kosteneffizienz, so Droeger.

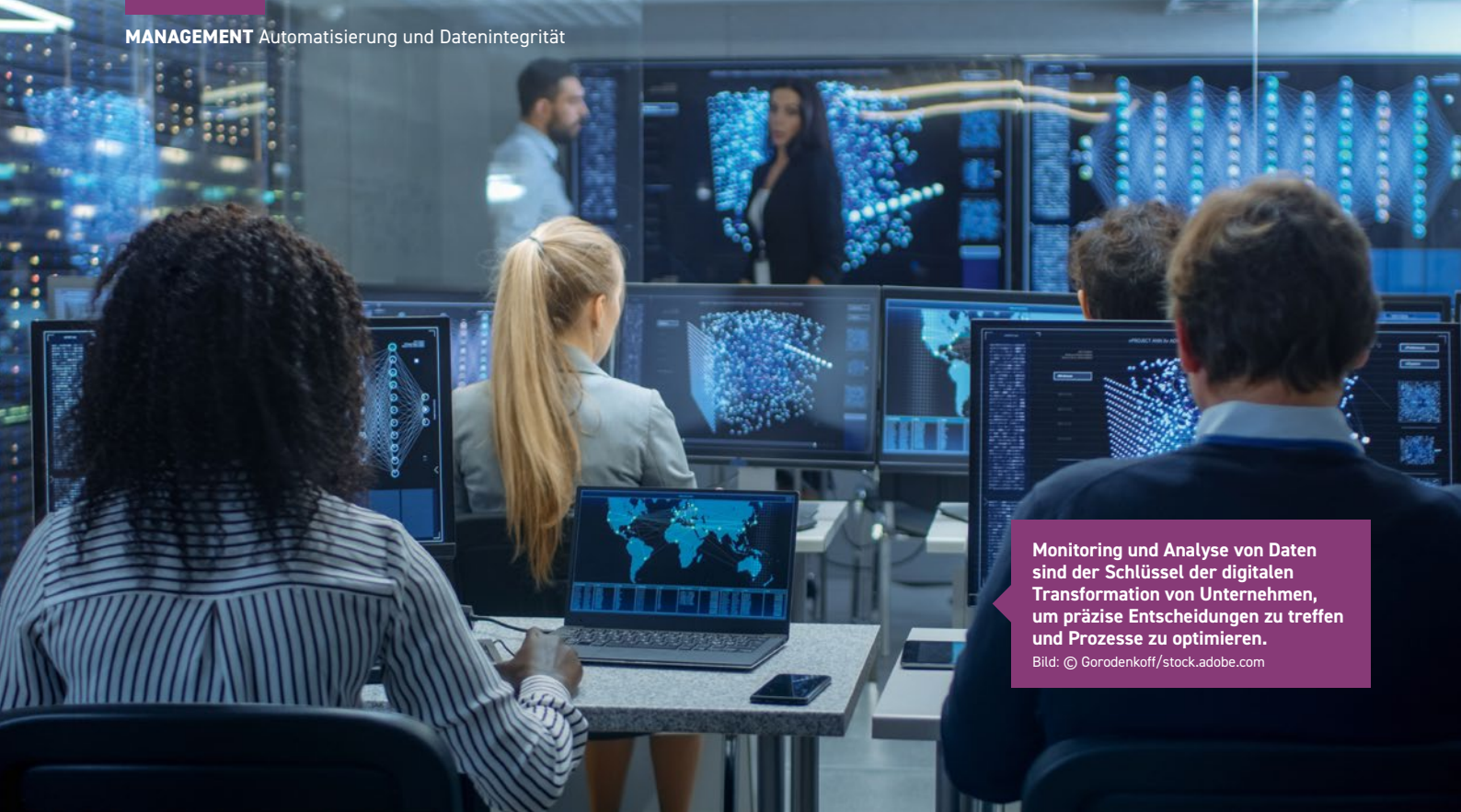
„Wir haben unsere Lösungen mittlerweile in sehr vielen Industriesparten wie Automotive, Medizin und Pharma, Elektronik, bei der Lebensmittelherstellung, bei der Produktion von Konsumgütern und in zahlreichen weiteren Bereichen erfolgreich im Einsatz“, freut sich Droeger. „Das zeigt uns, dass wir mit unserer Idee eines optimierten Machine Learning-Ansatzes richtig liegen und damit selbst komplexe Qualitätskontrollen mit hoher Kosteneffizienz realisieren können.“ « TB

Peter Stiefenhöfer ist Inhaber von PS Marcom Services in Olching.



Neben der zuverlässigen Fehlererkennung ermöglicht Maddox AI auch die Optimierung von Produktionsprozessen durch eine verbesserte Digitalisierung und die übergeordnete Analyse der gesammelten Qualitätsdaten. Bilder: Maddox AI





Monitoring und Analyse von Daten sind der Schlüssel der digitalen Transformation von Unternehmen, um präzise Entscheidungen zu treffen und Prozesse zu optimieren.

Bild: © Gorodenkoff/stock.adobe.com

# SO GELINGT DIE DIGITALE TRANSFORMATION

Die digitale Transformation entwickelt sich stetig weiter – genau wie die Strategien und Lösungen, die Unternehmen für den Erfolg ihrer Initiativen benötigen. Die Transformation ist demnach eine fortlaufende Reise, und Unternehmen, die Technologie und Daten nutzen, um Innovation und Effizienz voranzutreiben, werden auf dieser Reise erfolgreich sein.

» VON MAXIMILIAN KLEINE-BROCKHOFF

**A**utomatisierung und Datenintegrität stehen zunehmend im Mittelpunkt einer erfolgreichen digitalen Transformation. Gemeinsam ermöglichen diese beiden Grundpfeiler, schnell zu handeln, sichere Entscheidungen zu treffen und in einem dynamischen Markt die Nase vorn zu haben.

Datenintegrität – also Daten mit maximaler Genauigkeit, Konsistenz und Kontext – ist das, was echtes Vertrauen in Daten schafft. Dies wiederum ist die Grundlage für wirkungsvolle Entscheidungen. Dafür benötigen Unternehmen folgende drei Komponenten:

→ **Datenstrategie:** Durch die Abstimmung von Dateninitiativen auf Unternehmensziele wird sichergestellt, dass jede Anstrengung zu sinnvollen, transformativen Ergebnissen beiträgt.

→ **Dateneingabe und -pflege:** Die Automatisierung spielt hier eine Schlüsselrolle, da sie die Eingabe von Daten in Systeme rationalisiert. Durch die Automatisierung werden Unternehmen flexibler, da sie qualitativ hochwertige Daten effizient erfassen und im Laufe der Zeit pflegen können, wodurch sich Fehler und manuelle Prozesse reduzieren lassen.

→ **Verbesserung der Daten:** Daten müssen genau, konsistent und kontextabhängig sein. Saubere, zuverlässige Daten ermöglichen es Unternehmen, operative Risiken zu vermeiden, intelligentere Entscheidungen zu treffen und neue Chancen zu entdecken. All diese Faktoren tragen zur Datenintegrität bei. Zusätzlich hilft Automatisierung, die Ergebnisse der digitalen Transformation zu beschleunigen in Bezug auf Agilität, Geschwindigkeit sowie Datenintegrität.

Ein wichtiger Faktor, den Unternehmen auf ihrer Reise immer im Auge behalten sollten, ist die gegenseitige Abhängigkeit von Prozessen und Daten. Die Vernachlässigung des einen kann das andere beeinträchtigen – und die digitale Transformation insgesamt verlangsamen oder sogar schädigen.

## Die Interdependenz von Prozeduren und Daten: ein entscheidendes Verhältnis

Daten und Prozesse sind eng miteinander verwoben. Hochwertige Daten allein reichen

**WENN DATEN UND PROZESSE AUF EINANDER ABGESTIMMT SIND, ENTSTEHT EIN KREISLAUF DER KONTINUIERLICHEN VERBESSERUNG.**

nicht aus, wenn die Prozesse, die sie erzeugen oder verwalten, fehlerhaft sind.

Wenn Unternehmen einen fehlerhaften Prozess automatisieren, ohne sich um die Qualität der zugehörigen Daten zu kümmern, werden sie schneller schlechte Daten produzieren. Und wenn sie sich nur auf die Datenqualität konzentrieren, ohne sich um die zugrunde liegenden Prozesse zu kümmern, stoßen sie auf wiederkehrende Probleme, die wertvolle Zeit und Ressourcen verschlingen.

Diese Beziehung ist besonders wichtig in SAP-Umgebungen, wo Daten und Prozesse nahtlos und in großem Umfang zusammenarbeiten müssen. Um eine echte Transformation zu erreichen, benötigen Unternehmen einen abgestimmten Ansatz, bei dem sich Prozesse und Datenmanagement gemeinsam weiterentwickeln.

An dieser Stelle kommen Low-Code/No-Code-Automatisierungsplattformen ins Spiel, die es den Fachbereichen – insbesondere Citizen Developer – ermöglichen, Prozesse ohne tiefgreifende technische Kenntnisse zu entwerfen und zu optimieren.

Wenn Daten und Prozesse aufeinander abgestimmt sind, entsteht ein Kreislauf der kontinuierlichen Verbesserung. Die Automatisierung beschleunigt diese Verbesserungen und sorgt für Transparenz bei allen beteiligten Schritten und Daten.

### Komplexität überwinden: eine große Herausforderung für Unternehmen

Die Komplexität von Daten, Prozessen und Organisationsstrukturen stellt eine große Herausforderung für die digitale Transformation dar. Besonders deutlich wird diese Komplexität in SAP-Umgebungen, wo Systeme miteinander verbunden sind und große Datenmengen sehr sorgfältig verwaltet werden müssen.

Auf einen Blick:

- **Datenkomplexität:** Materialstammdaten sind ein gutes Beispiel für Datenkomplexität. Bei Tausenden von Datensätzen mit durchschnittlich 300 Datenobjekten sind manuelle Prozesse, die ineffizient und fehleranfällig sind, nicht mehr zeitgemäß.
- **Komplexität der Prozesse:** Workflows mit mehreren Beteiligten, die Funktionen wie Beschaffung, Fertigung und Finanzen umfassen, stellen eine zusätzliche Herausforderung dar. Je mehr Beteiligte, desto mehr Berührungspunkte, an denen etwas schiefgehen kann.
- **Organisatorische Komplexität:** Unterschiedliche Teams in verschiedenen Regionen und Abteilungen haben oft



gegensätzliche Prioritäten, die die Zusammenarbeit und die Prozesse erschweren. Bleiben diese Probleme ungelöst, kommt es zu Engpässen, Ineffizienz und verpassten Chancen.

Automatisierung unterstützt Unternehmen, diese Komplexität zu entwirren, macht Daten zugänglicher sowie Prozesse nahtloser und gewährleistet gleichzeitig die Datenintegrität im gesamten Unternehmen.

### DURCH AUTOMATISIERUNG KÖNNEN UNTERNEHMEN VERTRAUENSWÜRDIGE DATEN GEZIELT UND EFFIZIENT NUTZEN.

#### Automatisierung und Datenintegrität: eine leistungsstarke Partnerschaft

Automatisierung ist unverzichtbar auf dem Weg zur Datenintegrität. Sie stellt sicher, dass alle Daten, die in das System gelangen, den richtigen Prozessen unterliegen, sodass von Anfang an hochwertige, vertrauenswürdige Daten erstellt werden. Das Ergebnis sind weniger Fehler, eine größere Zeitersparnis sowie geringere Kosten.

Durch Automatisierung können Unternehmen vertrauenswürdige Daten gezielt und effizient nutzen. Mit zuverlässigen, konsistenten Informationen, die automatisierte Workflows in SAP-Umgebungen steuern, stellt die Automatisierung beispielsweise sicher, dass Kundendatensätze oder Pro-

In einer zunehmend vernetzten Unternehmenswelt helfen Automatisierung und Datenintegrität, die Komplexität zu meistern sowie agile, datengesteuerte Entscheidungen zu ermöglichen.

Bild: © ake1150/stock.adobe.com

duktdaten standardisiert und fehlerfrei sind, sodass Prozesse abteilungsübergreifend reibungslos ablaufen können.

Automatisierung und Datenintegrität steigern gemeinsam die betriebliche Effizienz, beschleunigen die Entscheidungsfindung und stellen sicher, dass Unternehmen bei jedem Schritt mit hochwertigen, verwertbaren Daten arbeiten.

#### Agilität, Wettbewerbsfähigkeit und Vorbereitung auf die Zukunft

Mit der Verbindung von Automatisierung und Datenintegrität entfalten Unternehmen das volle Potenzial ihrer Daten – ein entscheidender Vorteil in einer sich rapide wandelnden Geschäftswelt.

Während Automatisierung für Geschwindigkeit, Effizienz und Skalierbarkeit sorgt, gewährleistet die Datenintegrität, dass Entscheidungen auf präzisen, konsistenten und kontextbezogenen Informationen basieren.

Jetzt gilt es für Unternehmen, ein stabiles Fundament für nachhaltige Transformation zu schaffen, in dem Daten und Prozesse gemeinsam Innovation und Wachstum vorantreiben.

« RT

Maximilian Kleine-Brockhoff ist Senior Director bei Precisely.



# MARKET-PLACE

Anbieter & Dienstleister



Seit 1999 versorgt das Kompetenzteam für partnerschaftliche Zusammenarbeit – bestehend aus der Schreiber Meßtechnik GmbH und der a.b.jödden gmbh - mit vollem Engagement seine Kunden mit Sensoren zum Messen von Weg, Winkel, Neigung, Druck, Temperatur, Beschleunigung, Vibration, Durchfluss und Niveau, nebst passenden Anzeigen und Auswerteelektroniken.

Neben dem breiten Programm hochwertiger Standardprodukte entwickelt die a.b.jödden gmbh auf Wunsch auch individuelle Sonderanfertigungen. Langjährige Erfahrung und schnelle Anpassungsfähigkeit tragen zur Lösung - auch technologisch anspruchsvoller Aufgaben - bei, auch wenn die Herausforderung groß ist.

**a.b.jödden gmbh**  
Europark Fichtenhain A 13a  
47807 Krefeld  
Tel: 0049 2151 516259-0  
info@abjoedden.de  
www.abjoedden.de



Altair spricht beide Sprachen - Engineering und KI.

Altair ist ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich Computational Intelligence, das Software- und Cloud-Lösungen für die Bereiche Simulation, High-Performance Computing (HPC), Data Analytics und Künstliche Intelligenz (KI) anbietet. Altair ermöglicht es Organisationen aus verschiedensten Industriezweigen, in einer vernetzten Welt konkurrenzfähiger zu werden und dabei gleichzeitig eine nachhaltige Zukunft zu gestalten.

Weitere Informationen erhalten Sie unter: [www.altair.de](http://www.altair.de)

**Altair Engineering GmbH**  
Calwer Straße 7  
71034 Böblingen, Germany  
+49 (7031) 3095 6990-0  
information@altair.de  
www.altair.de



## Ihre Spezialisten für Messtechnik und Sensorik

Althen steht seit 1978 für fortschrittliche, kundenspezifische Lösungen. Wir helfen Ihnen Prozesse zu automatisieren, Kosten zu sparen, Probleme zu lösen und neue Technologien zu entwickeln. Unsere Spezialisten beraten Sie – ausführlich, herstellerneutral und fachgerecht. Unser Angebot umfasst Standard- und kundenspezifische Sensoren, Messsysteme und Messgeräte für Test & Measurement, OEM- und IIoT-Anwendungen sowie verschiedene Dienstleistungen für Messtechnik und Sensorik.

**Althen GmbH Mess- & Sensortechnik**  
Dieselstraße 2, 65779 Kelkheim  
Tel.: +49 6195 7006 0  
E-Mail: [info@althen.de](mailto:info@althen.de)  
Internet: [www.althen.de](http://www.althen.de)



## Können Sie sich vorstellen, welche Kosten Ihre Lieferkette verursacht? Wir schon.

Als führender Anbieter von Simulationssoftware helfen wir Ihnen vorab bei der effizientesten Planung Ihrer Produktentwicklung. Sollte das Design verbessert werden? Welche Lieferanten werden benötigt? Build-or-Buy? Anhand eines Zwillings in einer digitalen Fabrik erstellen wir Ihnen Fertigungskostenmodelle, auf Basis derer Sie mögliche Risiken erkennen und die optimale Lieferkette für Ihr Produkt festlegen können. **Laden Sie dazu jetzt gratis unser neues Whitepaper herunter!**

**aPriori Technologies**  
Prielmayerstrasse 3  
D-80335 München  
Deutschland  
+49 (0)89 262042580  
[dach@apriori.com](mailto:dach@apriori.com)  
[get.apriori.com/dach](http://get.apriori.com/dach)



## CAD/CAM-SYSTEM PEPS

- Drahterodieren
- Drehen
- Fräsen
- Laser- und Wasserstrahlschneiden

## CAD/CAM-SYSTEM OPTICAM

- Drahterodieren in SOLIDWORKS
- Drahterodieren in hyperCAD®-S
- Drahterodieren in Siemens NX
- Drahterodieren in SolidCut CAD

**Camtek GmbH**  
CAD/CAM-Systeme  
Werkstraße 24  
71384 Weinstadt  
Tel.: 071 51 / 97 92-02  
E-Mail: [info@Camtek.de](mailto:info@Camtek.de)  
Internet: [www.Camtek.de](http://www.Camtek.de)



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

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

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

**Comsol Multiphysics GmbH**  
Robert-Gernhardt-Platz 1  
37073 Göttingen  
Tel: +49 551 99721-0  
Fax: +49 551 99721-29  
[info@comsol.de](mailto:info@comsol.de)  
[www.comsol.de](http://www.comsol.de)





Seit 1996 realisieren wir anspruchsvolle PLM-Projekte in über 11 Branchen der Fertigungsindustrie - national und international, von DAX-Umfeld bis Mittelstand.

Für PLM, CAD/CAM und digitale Transformation zählen wir zu den führenden Spezialisten. Wir unterstützen bei der Neueinführung, System-Architektur, Optimierung, Integration und Migration von PLM-, CAD-/CAM-Umgebungen.

Mit unseren eigenen Lösungen zum Schwerpunkt "System- & Anwenderintegration", erweitern wir Ihre Geschäftsprozesse über das Engineering und die Produktion hinweg.

**ECS Engineering Consulting & Solutions GmbH**  
Ingolstädter Str. 47  
92318 Neumarkt  
Telefon: +49 9181 4764-0  
E-Mail: [marketing@ecs-gmbh.de](mailto:marketing@ecs-gmbh.de)  
Internet: [www.ecs-gmbh.de](http://www.ecs-gmbh.de)



ELATEC ist Ihr weltweit führender Anbieter von Lösungen rund um Lese- / Schreibmodule mit kurzer Reichweite.

Als verlässlicher Partner bieten wir Ihnen die besten Produkte, Prozesse und Dienstleistungen für Ihre Geschäfte.

Sie werden mit Ihrer Entscheidung für ELATEC immer zufrieden sein, denn unsere Kombination aus Erfahrung, Technologieführerschaft und umfassendem Service ist einzigartig.

**Wir sind und bleiben ganz nah dran. An Ihnen.**

**ELATEC GmbH**  
Zeppelinstr. 1  
82178 Puchheim  
+ 49 89 552 9961 0  
[info-rfid@elatec.com](mailto:info-rfid@elatec.com)  
[www.elatec.com](http://www.elatec.com)



**ESTECO - Ihr starker Partner für SPDM und Design Optimierung.**

ESTECO ist unabhängiger Software Anbieter mit Fokus auf:

- Simulationsprozess und -Daten Management (SPDM)
- Business Process Modeling (BPMN),
- Design Optimierung (MDO), CAE Tool Integration und Automatisierung.

Vertreten durch die ESTECO Software GmbH bekommen Sie Vertrieb, technischen Support und Engineering Service Leistungen im DACH-Gebiet.

**ESTECO Software GmbH**  
Thurn-und-Taxis-Str. 19  
90411 Nürnberg  
+49 911 9759 3050  
[info@esteco.com](mailto:info@esteco.com)  
[www.esteco.com](http://www.esteco.com)



**ANTRIEBSTECHNIK MADE IN KELHEIM**

Die Heidrive GmbH ist ein innovativer Antriebsspezialist mit über 300 Mitarbeiter/innen und hat ihren Sitz in Kelheim. Unsere kundenspezifischen Antriebslösungen werden in den Branchen Industrie, Robotik, 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](mailto:info@heidrive.de)  
Internet: [www.heidrive.com](http://www.heidrive.com)



**Die Experten für Ihre 3D-Daten**

Die invenio Virtual Technologies GmbH ist der führende Anbieter für digitale Produktentwicklung und Digital Mock-Up. Mit über 25 Jahren Erfahrung, unserem Expertenteam und dem führenden Softwarebaukasten VT-DMU realisieren wir individuelle Lösungen. Wie auch mit unseren Best-in-Class Softwareprodukten automatisieren wir dadurch DMU-, Geometrie- und 3D-Prozesse, erzeugen Transparenz in riesigen Datenmengen und sichern 3D-Prototypen digital und intelligent ab. Unterstützt wird dies durch unsere eigene Künstliche Intelligenz.

**invenio Virtual Technologies GmbH**  
Robert-Bürkle-Straße 3  
85737 Ismaning bei München  
Telefon: 089-318276-200  
Email: [vt@invenio.net](mailto:vt@invenio.net)  
[www.virtualtechnologies.de](http://www.virtualtechnologies.de)



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

**Schneider Digital**  
Josef J. Schneider e.K.  
Maxlrainer Straße 10, D-83714 Miesbach  
Tel.: +49 (0)25 9930-0  
Mail: [info@schneider-digital.com](mailto:info@schneider-digital.com)  
Web: [www.schneider-digital.com](http://www.schneider-digital.com)



SCHOTT SYSTEME GmbH ist ein auf CAD/CAM, Computergraphik und Produktions-IT spezialisiertes Unternehmen, das seit mehr als 40 Jahren modulare, kostengerechte Softwarelösungen für Design, Konstruktion und Fertigung entwickelt.

Die CAD-CAM-Software „Pictures by PC“ unterstützt den gesamten Entwicklungsprozess von der Entwurfsidee bis zum Produkt und umfasst u.a. 2D/3D-Konstruktion/Design, technische Dokumentation sowie Bohren, Fräsen und Gravieren bis zu 5-Achsen simultan, Drehen, Dreh-Fräsen und Drahterodieren.

Zudem verfügt die Software über eine integrierte Programmier- und Entwicklungsumgebung, mit der sich individuelle Aufgaben unproblematisch erstellen lassen.

**SCHOTT SYSTEME GmbH**  
Landsberger Str. 8  
D-82205 Gilching  
Telefon: 089 / 348069  
E-Mail: [info@schott-systeme.de](mailto:info@schott-systeme.de)  
WEB: [www.schott-systeme.de](http://www.schott-systeme.de)



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

**Herr Michael Nerke,**  
Tel. 0 89/3 86 66 17 20,  
[michael.nerke@win-verlag.de](mailto:michael.nerke@win-verlag.de)



## IM NÄCHSTEN HEFT

### SIMULATION IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Simulation ist ein zentraler Beschleuniger der modernen Produktentwicklung. Sie ermöglicht es, Belastungen, Strömungen oder thermische Effekte virtuell zu testen, lange bevor physische Prototypen entstehen. Entwickler erkennen auf diese Weise Schwachstellen früh im Prozess, können Designs zielgerichtet optimieren und Kosten senken. Gleichzeitig steigt die Qualität, weil Varianten schneller verglichen und Innovationen sicherer bewertet werden können. Wir zeigen Lösungen aus der Praxis und diskutieren Trends im Rahmen unseres Expertentalks.

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



### KI IM ENGINEERING

Künstliche Intelligenz verändert das Engineering grundlegend: Sie beschleunigt Entwicklungsprozesse, optimiert Konstruktionen und erkennt frühzeitig Fehlerquellen. Durch simulationsbasierte Vorhersagen und automatisierte Workflows entstehen effizientere Produkte und kürzere Innovationszyklen. Wir berichten, wie Künstliche Intelligenz Ingenieurteams schneller, präziser und wettbewerbsfähiger machen kann.

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



### SMARTE SENSORIK

Smarte Sensorik hebt Industrie und Technik auf ein neues Niveau: Vernetzte, hochpräzise Sensoren erfassen in Echtzeit kritische Daten zu Zustand, Position oder Umgebung. So werden Prozesse transparenter und Ausfälle vorhersehbar. Wie smarte Sensorik Effizienz, Sicherheit und Qualität von Prozessen steigert und Systeme wirklich intelligent macht, berichten Experten in der nächsten Ausgabe.

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



### WEITERE THEMEN IN DER KOMMENDEN AUSGABE:

- Automatisierungslösungen für die Intralogistik
- PLM-Lösungen
- Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft
- Lineartechnik

## IMPRESSUM

### Herausgeber und Geschäftsführer:

Matthias Bauer (Vorsitz), Dennis Hirthammer, Günter Schürger

**DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN im Internet:**

<http://www.digital-engineering-magazin.de>

### So erreichen Sie die Redaktion:

**Chefredaktion:** Rainer Trummer (v.i.S.d.P.),  
(089-3866617-10, [rainer.trummer@win-verlag.de](mailto:rainer.trummer@win-verlag.de))

**Redaktion:** Karin Faulstich (karin.faulstich@win-verlag.de),  
Tino M. Böhler (tino.boehler@win-verlag.de), Frida Dumann (Werkstudentin)  
Kirsten Seegmüller (externe Mitarbeiterin,  
[kirsten.seegmueller@extern.win-verlag.de](mailto:kirsten.seegmueller@extern.win-verlag.de))

### Mitarbeiter dieser Ausgabe:

Ralf Altpeter, Katharina Bayer, Frank Behrens, Stefan Gamp, Klaus Hartinger, Maximilian Kleine-Brockhoff, Dr. Steffen Kunnen, Roland Laucher, Björn Manderbach, Michele Del Mondo, Dr. Yavuz Murtezoğlu, Bernd Musmann, Susanne Reinhard, Matthias Reiser, Thomas Rönitzsch, Frank Springer, Lisa Sterner, Peter Stiefenhöfer, Björn Thorsen, Robert Timmerberg, Dr. Thomas Tosse, Volker Vogler, Tim Wentink, Katharina Wielpütz, Matthias Wolfer, Christopher Woll

### So erreichen Sie die Anzeigenabteilung:

#### Anzeigengesamtleitung:

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

#### Mediaberatung:

Michael Nerke (Anzeigenverkaufsleiter,  
Tel.: 089-3866617-20, [michael.nerke@win-verlag.de](mailto:michael.nerke@win-verlag.de)),  
Andrea Lippmann (Tel.: 089-3866617-22, [andrea.lippmann@win-verlag.de](mailto:andrea.lippmann@win-verlag.de))

#### Anzeigendisposition:

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

### Abonnentenservice und Vertrieb

Tel.: +49 89 3866617 46

[www.digital-engineering-magazin.de/hilfe](http://www.digital-engineering-magazin.de/hilfe)

oder eMail an

[abovetrieb@win-verlag.de](mailto:abovetrieb@win-verlag.de) mit Betreff „DIGITAL ENGINEERING Magazin“  
Gerne mit Angabe Ihrer Kundennummer vom Adressetikett

**Artdirection und Titelgestaltung:** Saskia Kölliker Grafik, München

**Bildnachweis/Fotos:** falls nicht gekennzeichnet: Werkfotos,  
AdobeStock, shutterstock.com

**Titelbild:** © xiaoliangge/stock.adobe.com

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

### Produktion und Herstellung:

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

### Anschrift Anzeigen, Vertrieb und alle Verantwortlichen:



WIN-Verlag GmbH & Co. KG  
Chiemgaustraße 148, 81549 München  
Tel.: 089-3866617-0

### Verlagsleitung:

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

### Objektleitung:

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

### Zentrale Anlaufstelle für Fragen zur Produktsicherheit

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

### Bezugspreise:

Einzelverkaufspreis: 14,40 Euro in D, A, CH und 16,60 Euro in den weiteren EU-Ländern inkl. Porto und MwSt. Jahresabonnement (8 Ausgaben): 115,20 Euro in D, A, CH und 132,80 Euro in den weiteren EU-Ländern inkl. Porto und MwSt. Vorzugspreis für Studenten, Schüler, Auszubildende und Wehrdienstleistende gegen Vorlage eines Nachweises auf Anfrage. Bezugspreise außerhalb der EU auf Anfrage.

### 27. Jahrgang

#### Erscheinungsweise: achtmal jährlich

**Einsendungen:** Redaktionelle Beiträge werden gerne von der Redaktion entgegen genommen. Die Zustimmung zum Abdruck und zur Vervielfältigung wird vorausgesetzt. Gleichzeitig versichert der Verfasser, dass die Einsendungen frei von Rechten Dritter sind und nicht bereits an anderer Stelle zur Veröffentlichung oder gewerblicher Nutzung angeboten wurden. Honorare nach Vereinbarung. Mit der Erfüllung der Honorarvereinbarung ist die gesamte, technisch mögliche Verwertung der umfassenden Nutzungsrechte durch den Verlag – auch wiederholt und in Zusammenfassungen – abgegolten. Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichung kann trotz Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden.

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

Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fallen insbesondere der Nachdruck, die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM und allen anderen elektronischen Datenträgern.



ISSN 1618-002X, Ausgabe 08/2025

Unsere Papiere sind PEFC zertifiziert.

Wir drucken mit mineralölfreien Druckfarben.

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

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



# Die DNA von Metrofunk

für Systemerhalt  
hinter der Kulisse



**Metrofunk Kabel-Union GmbH**

Lepsiusstraße 89,

D-12165 Berlin,

Tel. 030 79 01 86 0

info@metrofunk.de – [www.metrofunk.de](http://www.metrofunk.de)





Abonnieren Sie den WIN-verlagsübergreifenden

# KI NEWSLETTER!

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

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

