



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

11-12 | 2023

konstruktion-online.de

**VDI** Fachmedien

# Konstruktion

Organ der VDI-Gesellschaften Produkt- und Prozessgestaltung (VDI-GPP) und Materials Engineering (VDI-GME)

**Sonderteil  
Automatisierung**



## TITELTHEMA: ANTRIEBSTECHNIK

### SOFTWARE

Linearroboter und Pressen  
schneller  
in Betrieb nehmen

### DIGITALISIERUNG

Automatisierungsapplikationen  
komplett abbilden  
mit dem digitalen Zwilling

### INGENIEURWERKSTOFFE

Nachhaltigkeit:  
Hochleistungskunststoffe in  
der Kreislaufwirtschaft

# VDI nachrichten im Team lesen und profitieren!

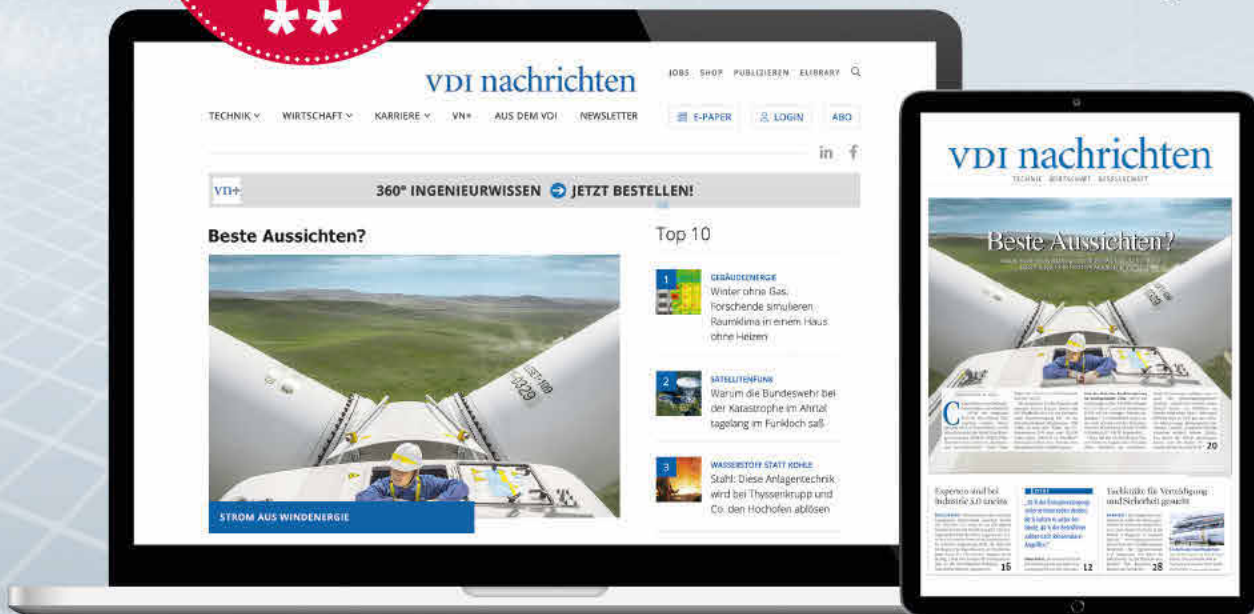
Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

## VDI NACHRICHTEN PLUS (Vn+) UND E-PAPER

**30%  
RABATT**  
\*\*\*

Anzahl Nutzer*innen	Reguläre Preise	Teamlizenz Preise**
2-5	201,15	140,81
6-10	362,07	253,45
11-50	651,73	456,21
> 50-500	1.173,11	821,18

Alle Preisangaben brutto und in EUR.



### IHRE VORTEILE:

- \*\* 30% Rabatt auf regulären Jahresabonnementspreis. Angebot nur gültig für das erste Jahr sowie nur für Neu-Abonnent\*innen.**
- E-Paper alle 14 Tage bereits donnerstags 20:00 Uhr (Zeitung freitags)
- Volltextsuche über das Archiv ab 2005
- Vn+-Beiträge auf vdi-nachrichten.com
- Wöchentlicher News-Alert

### IHRE ZUGÄNGE:

- Bis 10 Nutzer\*innen personenbezogene Zugangscodes
- Ab 10 Nutzer\*innen IP-Range

**Leser-Service VDI nachrichten**  
 Telefon: +49 6123 9238-201  
 vdi-nachrichten@vuservice.de  
 www.vdi-nachrichten.com

**VDI nachrichten**  
 TECHNIK IN SZENE GESETZT.

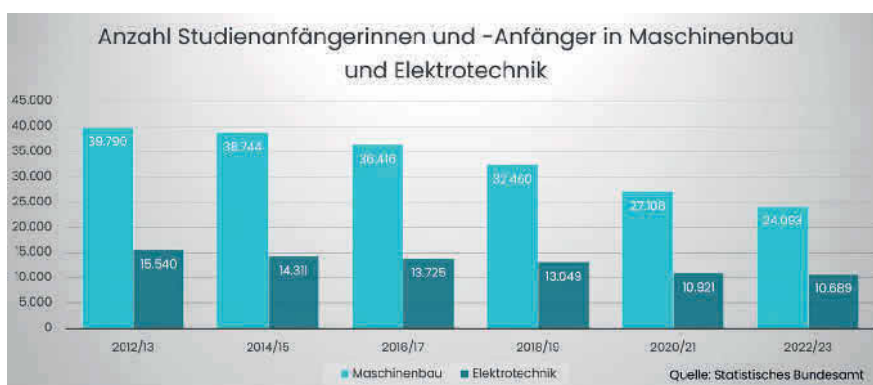
# Lasst uns Menschen für Technik begeistern!

Die Anzahl der Studienanfängerinnen und -Anfänger in den Fächern Maschinenbau und Elektrotechnik inklusive verwandter Studienrichtungen in den letzten 10 Jahren zeigt eine besorgniserregende Entwicklung, denn ihre Zahl hat sich nahezu halbiert.

Der VDI hat einen Bedarf von 130.000 neuen Ingenieurinnen und Ingenieuren pro Jahr berechnet. Dem gegenüber stehen derzeit jedoch lediglich 385.000 studienberechtigte Schulabgängerinnen und Schulabgänger. Es ist deutlich, dass nicht jede dritte Abiturientin oder Abiturient für eine technische Karriere zu begeistern sein wird. Somit wird eine bedeutsame Lücke an nicht besetzten Arbeitsplätzen entstehen. Diese Lücke wird sich letzten Endes durch die Zuwanderung von Arbeitskräften und – was zu befürchten ist – die Abwanderung von Arbeitsplätzen schließen.

Die Gründe für diese Lücke sind vielfältig und reichen vom demografischen Wandel über den hohen Anspruch ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge bis hin zur falschen öffentlichen Wahrnehmung, dass Ingenieurinnen und Ingenieure eher Verursacher als Bekämpfer des Klimawandels seien. Erste Auswirkungen dieser Lücke lassen sich bereits an der schwierigen Besetzung von Praktikumsstellen in Unternehmen erkennen. Einige Unternehmen verzichten mittlerweile auf die Begrenzung der Anzahl an Praktikumsplätzen, weil sie ohnehin nicht genügend qualifizierte Bewerberinnen und Bewerber erhalten. Wenn die heutigen Erstsemester den Arbeitsmarkt in ca. 5 Jahren betreten, wird der Fachkräftemangel noch deutlich ausgeprägter sein als heute.

In Anbetracht dieser Situation drängt sich die zentrale Frage auf: Was kann getan werden? Vieles hängt von der Politik, den Verbänden, den Unternehmen, den Schulen und den Universitäten ab – sie alle müssen ihren Beitrag leisten! In all diesen Gruppen finden sich aber auch viele engagierte Menschen, die sich unermüdlich dafür einsetzen,



Grafik: Statistisches Bundesamt/Bursac

junge Menschen für Technik zu begeistern. Doch dieses Anliegen und die damit verbundene Bedeutung für die Leistungsfähigkeit unserer Wirtschaft sind viel zu wichtig, um passiv darauf zu vertrauen, dass andere etwas unternehmen. Wir alle sollten uns daher die Frage stellen: Was können jede und jeder Einzelne von uns tun?

Fragt man junge Studierende, warum sie sich für einen technischen Studiengang entschieden haben, erhält man oft Antworten, zu denen wir alle einen Beitrag leisten können: „Meine Eltern haben mir jedes Jahr einen Lego-Technik Baukasten zum Geburtstag geschenkt und mit mir gemeinsam aufgebaut“, „Meine Tante hat mich damals in die Firma mitgenommen und mir gezeigt, wie spannend ihr Beruf ist“, „Mein Nachbar hat ein Mofa mit mir repariert und es mir dann geschenkt“, „Beim Besuch im Freizeitpark, hat meine Patentante mir erklärt, wie die Achterbahn funktioniert“. Kleine Alltagserlebnisse können einen enormen Einfluss auf die Begeisterung für Technik haben. Im täglichen Leben lassen sich faszinierende Verbindungen zum Ingenieurwesen in zahlreichen anderen Bereichen entdecken. Lassen Sie uns diese Verknüpfungen hervorheben und die vielfältigen Möglichkeiten aus der Perspektive von Ingenieurinnen und Ingenieuren beleuchten. Ebenso bedeutsam ist, wie wir unseren Beruf darstellen und verkörpern. Lassen Sie uns auch als Vertreterinnen und

Vertreter von Unternehmen und Organisationen betonen, wie wichtig und spannend der Ingenieursberuf ist und bleiben wird. Angesichts des sich zuspitzenden Fachkräftemangels wird er auch in Zukunft ein sicherer und gut bezahlter Beruf sein, was nach wie vor zwei der entscheidenden Argumente für die Studienwahl sind.

Lassen Sie uns daher gemeinsam jeden Tag ein kleines bisschen dazu beitragen, junge Menschen für die faszinierende Welt der Technik zu begeistern. Schließlich ist es eine Tatsache, dass unser technologischer Fortschritt den Lebensstandard der Menschen weltweit massiv gesteigert hat. Auch in Zukunft werden wir auf technikbegeisterte Menschen angewiesen sein, die unsere Gesellschaft voranbringen und unsere Zukunft gestalten. Es liegt in unseren Händen, diese Begeisterung weiterzugeben und die Technikpioniere von morgen zu inspirieren. Nur so können wir eine blühende und klimagerechte Techniklandschaft erschaffen und unsere Welt positiv gestalten. ■



Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Nikola Bursac**  
 Institutsleiter ISEM – Institut für smarte Entwicklung und Maschinenelemente  
 Technische Universität Hamburg (TUHH)  
 Nikola.Bursac@tuhh.de  
 Foto: Bursac



34

**Industrielle Sicherheitstechnik**— Mit der 3D-Kamera werden auch Hindernisse oberhalb der Scanfebene eines Sicherheitslaserscanners erfasst und Kollisionen vermieden. Foto: Sick



54

**Digitalisierung**— Ein virtuelles Abbild der Automatisierungsanwendung ermöglicht das Aufdecken möglicher Störszenarien und kostengünstige Optimierungen. Foto: Blue Planet Studio@shutterstock.com

**Editorial**

3 NIKOLA BURSAC: Lasst uns Menschen für Technik begeistern!

**Aktuelles**

- 6 Roboteranzahl in deutscher Industrie erreicht Spitzenwert
- 7 Schaeffler baut eigene Fertigung für Keramikkomponenten auf
- 8 Zwick-Roell wird europäische AG
- 9 Festo wird Teil des Industrial Edge Ökosystems von Siemens
- 10 VDI-GPP: Nachrichten aus der VDI-Fachgesellschaft GPP

**Titelthema Antriebstechnik**

- 12 TITEL Robuste Getriebe für Rührwerke
- 16 E-MOTOR Planierschiff mit Hybridantrieb für den Hamburger Hafen

- 20 SOFTWARE Linearroboter und Servopressen schneller in Betrieb nehmen
- 24 FLANSCHGETRIEBE Dynamik und Präzision für Delta-Roboter-Antriebe

**Sonderteil Automatisierung**

- 28 PRÄZISE POSITIONSDATEN Drehgeber ermöglichen die Konstruktion hocheffizienter Servo-Antriebe
- 31 AMR Autonom sicher navigieren
- 32 JOYSTICK Kamerasteuerung im High-End-Bereich
- 34 SICHERHEITSTECHNIK 3D-Kamera ermöglicht sichere 3D-Umgebungs-erfassung

**Ingenieur-Werkstoffe**

- 44 KREISLAUFWIRTSCHAFT Nachhaltigkeit mit Kunststoffen
- 47 FRÄSBEARBEITUNG Nachbearbeitung von Kunststoffteilen

- 49 KUNSTSTOFF Technischer Kunststoff im Gehäuse einer mobilen Ladestation
- 50 FINISHINGPROZESSE Technische Bürsten als Feinschleif-Werkzeuge

**Verbindungstechnik**

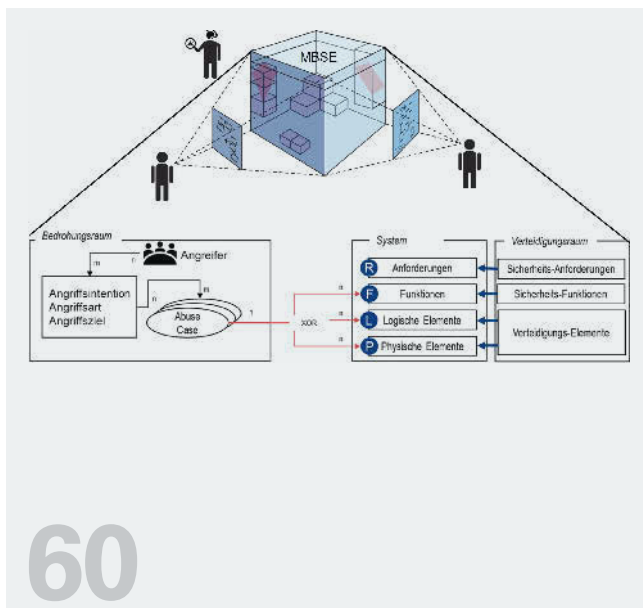
- 52 KLEBEN Batterieschaum gegen Akku-Brand

**Digitalisierung**

- 54 DIGITALES ABBILD Virtuelle Inbetriebnahme mit dem digitalen Zwilling

**WiGeP**

- 58 AKUSTIKPRÜFSTAND Effiziente Methoden für die Fahrzeugaußen-geräusch-Entwicklung und -Homologation
- 59 SCHWINGUNGSPRÜFSTAND Anpassbare Impedanzelemente zur Schwingungsreduzierung von Flugzeugstrukturen



# 60

**Konstruieren**—Vollständige Sicherheit ist in der Praxis nicht möglich. Dies erfordert einen Paradigmenwechsel in der sicherheitsgerechten Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme. *Grafik: Verfasser*

## Forschung, Wissenschaft, Innovation

### 60 SICHERHEITSGERECHTES KONSTRUIEREN

I. Gräßler, E. Bodden, D. Wiechel, J. Pottebaum

Defense-in-Depth als neues Paradigma der sicherheitsgerechten Produktentwicklung: interdisziplinäre, bedrohungsbewusste und lösungsorientierte Security \* (DOI 10.37544/0720-5953-2023-11-12-60)

Die mit \* gekennzeichneten Beiträge sind von den Herausgebern und externen Experten (i. Allg. Professoren der entsprechenden Fachrichtung) begutachtete (peer reviewed) Fachaufsätze von Autoren aus Industrie und Wissenschaft.

### 67 Forschung und Technik aktuell

## Rubriken

8 Impressum

66 Vorschau

19, 23, 36 bis 43 Neue Produkte

Diese Ausgabe enthält eine Beilage von TAE Weiterbildungsservice, Ostfildern



### Getriebe für Rührwerke

In einer Anlage zum Herstellen von Biomethan für das Gasnetz oder zur Verflüssigung in LNG werden Präzisions-Rührer eingesetzt. Diese Rührer sind mit Industriegetrieben von Nord Drivesystems aus der Baureihe Maxdrive ausgestattet. Speziell für Rührwerksanwendungen bieten die Großgetriebe entscheidende Vorteile und Optionen, die eine besonders hohe Zuverlässigkeit sicherstellen.

Weitere Informationen: [www.nord.com/de](http://www.nord.com/de)

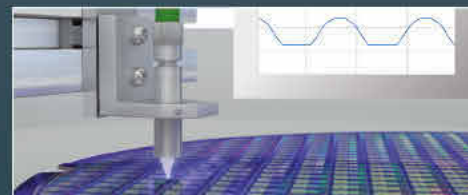


< 30 pm  
6 kHz

**NEU**  
interferoMETER

## Mehr Präzision. Weißlicht-Interferometer für hochpräzise Abstands- und Dickenmessung

- Absolute Abstandsmessung mit Subnanometer-Auflösung <30 Pikometer
- Abstandsunabhängige Dickenmessungen, auch bei Abstandsschwankungen
- Höchste Signalstabilität dank neuer Auswertalgorithmen und aktiver Temperaturkompensation
- Industrieoptimierte Sensoren mit robustem Gehäuse und flexiblen Kabeln



**sps** Besuchen Sie uns  
SPS | Nürnberg | Halle 7A | Stand 130

Kontaktieren Sie unsere  
Applikationsingenieure:  
Tel. +49 8542 1680

[micro-epsilon.de/ims](http://micro-epsilon.de/ims)

## Fachverband AD hat neuen Vorsitzenden

Wie der AD-Fachverband Aluminiumrecycling mitteilt, ist Helmut Greiner, Geschäftsführer der AMAG Casting GmbH, neuer Vorsitzender des Fachverbandes. Greiner tritt die Nachfolge des langjährigen Fachverbandsvorsitzenden Thomas Reuther, ehemals Vorstand der Trimet Aluminium SE, an. Zum Stellvertreter gewählt wurde Ralf Köring, Geschäftsführer der Speira Recycling Services GmbH.

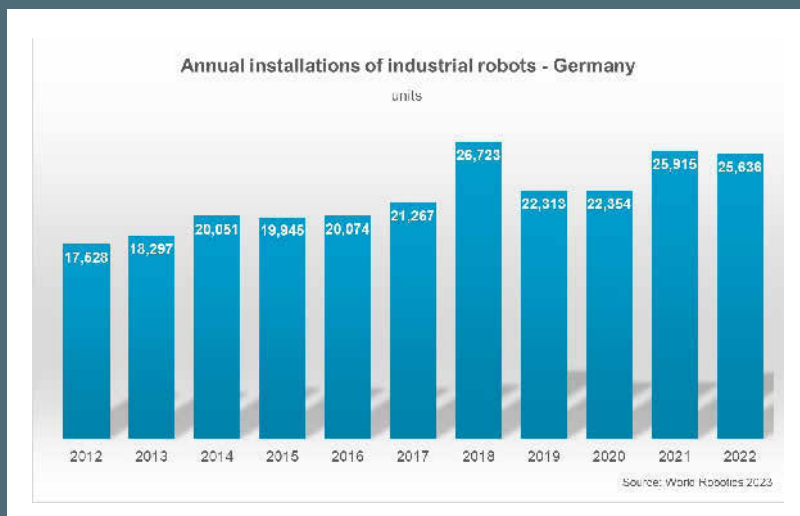
„Ich freue mich auf die spannende und anspruchsvolle Aufgabe. Mein ausdrücklicher Dank gilt an dieser Stelle meinem Vorgänger Thomas Reuther für seinen langjährigen Einsatz“, so Greiner und ergänzte: „Aluminiumrecycling garantiert eine nachhaltige Vormaterialversorgung und trägt zur Unabhängigkeit Europas im Rohstoffbereich bei. Die Umsetzung erfordert jedoch stabile politische Rahmenbedingungen für langfristige Planbarkeit und Aufrechterhaltung respektive Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in der Aluminiumindustrie.“

AD-Geschäftsführer Marius Baader betonte: „Die Arbeit des Fachverbandes und seiner Mitgliedsunternehmen leistet einen enormen Beitrag zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft. Hohe Recyclingraten haben wir. Weitere Investitionen in moderne Recyclingtechnologien und Kapazitätserweiterungen kann es nur dann geben, wenn Energie ausreichend und zu langfristig zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung steht.“

[www.aluminiumdeutschland.de](http://www.aluminiumdeutschland.de)



Helmut Greiner ist neuer Vorsitzender des AD-Fachverbandes Aluminiumrecycling. Foto: Aluminium Deutschland



Industrie-Roboter-Absatz erzielt 2022 drittbestes Jahresergebnis. Grafik: IFR

## ROBOTERANZAHL IN DEUTSCHER INDUSTRIE ERREICHT SPITZENWERT

Die deutsche Wirtschaft hat einen neuen Spitzenwert beim Einsatz von Industrie-Robotern erreicht: Der operative Bestand stieg auf 259.636 Einheiten – plus 5% im Vergleich zum Vorjahr. Dies ist ein Ergebnis des „World Robotics 2023 Report“ der IFR – International Federation of Robotics. Demnach wurde 2022 mit 25.636 neu installierten Robotern das drittbeste Jahresergebnis erzielt. Die Verkaufszahlen liegen mit minus 1% nur knapp hinter dem Vorjahresergebnis. Das Allzeithoch aus dem Jahr 2018 betrug 26.723 Einheiten.

„Der operative Bestand an Industrie-Robotern in Deutschland ist mit einem Anteil von 36% der mit Abstand höchste in der Europäischen Union“, sagt Marina Bill, IFR-Präsidentin. „Der Absatz stieg seit 2017 bis 2022 jedes Jahr durchschnittlich um fünf Prozent.“

Die Automobilindustrie ist laut IFR traditionell der größte Abnehmer und kommt auf 6.676 Einheiten im Jahr 2022. Damit lag der Absatz um 27% niedriger als im Vorjahr. In diesem Ergebnis spiegeln sich Lieferkettenprobleme wider: Weil elektronische Bauteile fehlten, mussten mehrere Automobilhersteller die Produktion 2022 vorübergehend einstellen – Investitionen in die Automation wurden entsprechend zurückgestellt.

Die metallverarbeitende Industrie installierte eine neue Höchstzahl von 4.187 Einheiten und erreichte ein Plus von 19% im Jahr 2022. An dritter Stelle folgen die chemische- und Kunststoffindustrie nahezu auf dem Vorjahresergebnis mit 2.049 installierte Einheiten.

Die Produktion von Industrie-Robotern stieg, wie IFR ausführt, in Deutschland um 20% auf 35.616 Einheiten im Jahr 2022 – ein neuer Rekordwert. Dies entsprach 6% der weltweiten Installationen. Von 2017 bis 2022 wuchs die Produktion von Industrie-Robotern in Deutschland um durchschnittlich 6% pro Jahr.

Neue Anbieter drängen seit einigen Jahren auf den Markt, die gezielt kleineren- und mittleren Unternehmen dabei helfen, mit Robotik zu automatisieren. Zum Einsatz kommen beispielsweise Low-Cost-Roboter oder Roboterlösungen, die sich ohne Vorkenntnisse besonders einfach programmieren und bedienen lassen.

Ausblick: Die deutsche Robotik-Industrie ist, wie es weiter heißt, stark in das Jahr 2023 gestartet. Die Unternehmen profitieren dabei von der verbesserten Situation in der Lieferkette. Das Umsatzwachstum wird vom Branchenverband VDMA Robotik + Automation für das Gesamtjahr 2023 mit nominal 12% prognostiziert. Dieser Ausblick berücksichtigt den hohen Auftragsbestand, der die Produktion in diesem Jahr auf hohem Niveau beansprucht, auch wenn der Auftragseingang zurückgeht.

[www.ifr.org](http://www.ifr.org)



**Keramik-Bereich im Kugellagerzentrum** in Schweinfurt – Dort werden die Blanks aus Livange weiterverarbeitet. Foto: Schaeffler (Johannes Bräutigam)

## Schaeffler baut eigene Fertigung für Keramikkomponenten auf

Schaeffler baut wieder eine eigene Kugelschleiferei in Schweinfurt auf. Im Fokus stehen nach Angaben des Unternehmens Kugeln aus Keramik anstatt Stahl. Sie werden in hochpräzisen Wälzlagern für Anwendungen in wichtigen Zukunftsbranchen wie etwa Windenergie, Luft- und Raumfahrt und nahezu allen elektrifizierten Anwendungen eingesetzt.

Die Rohlinge – oder auch „Blanks“ – für die Anlage werden am kürzlich erworbenen Standort Livange, Luxemburg, aus Siliziumnitrid hergestellt.

Keramische Werkstoffe zeichnen sich durch einen hohen Härtegrad, niedriges spezifisches Gewicht, geringe Reibung und elektrische Isolation aus. Sie kommen überall dort zum Einsatz, wo konventionelle Werkstoffe nicht die notwendige Leistung und Stabilität erbringen können und besondere Anforderungen an die elektrische Abschirmung von Komponenten bestehen.

Die in Schweinfurt und Livange produzierten Keramikkomponenten gewinnen mit Blick auf die zunehmende Elektrifizierung in allen Branchen schnell an Bedeutung und werden in vielen zukunftssträchtigen Wachstumsfeldern eingesetzt, beispielsweise der Windenergie, in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Medizin- und Elektrotechnik. Schaeffler hatte im Januar 2023 die Übernahme des Spezialherstellers Ceraspin abgeschlossen, der in Livange seit mehr als 25 Jahren Premium-Keramikprodukte entwickelt und produziert. Nach der Integration bildet Schaeffler in diesem strategisch bedeutsamen Bereich nun annähernd die komplette Lieferkette ab. Für den Standort Schweinfurt stellt die Fertigungsbereitschaft für das Schleifen von Keramikugeln einen weiteren Schritt bei der Konsolidierung der Aktivitäten im Kugellagerzentrum am Hauptsitz der Industriesparte des Unternehmens dar, führt das Unternehmen aus.

Dr. Michael Pausch, Leiter Forschung und Entwicklung bei Schaeffler Industrial, erklärt: „Mit der Eröffnung der neuen Kugelschleiferei in Schweinfurt überführt Schaeffler eine großartige Tradition in die Moderne. Bereits 1883 hatte Friedrich Fischer mit FAG Kugelfischer erstmals die maschinelle Massenfertigung von Stahlkugeln durch seine Erfindung ermöglicht. Jetzt bauen wir unsere Kapazitäten für die Herstellung und Verarbeitung von hochwertigen Keramikkomponenten aus und können damit die gesamte Liefer- und Wertschöpfungskette optimieren. Die neue Kugelschleiferei ermöglicht einen zukunftsorientierten Einsatz von Keramikprodukten in unseren strategischen Wachstumsfeldern.“

[www.schaeffler.de](http://www.schaeffler.de)

**Präzision** mit  
massgeschneiderten  
Gewindetriebblösungen  
von Eichenberger



100% Swiss made



Eichenberger Gewinde AG  
5736 Burg · Schweiz  
T: +41 62 765 10 10

[www.eichenberger.com](http://www.eichenberger.com)

Ein Unternehmen der Festo Gruppe

## IMPRESSUM

### Konstruktion

ISSN 0720-5953, 75. Jahrgang 2023

### Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen,  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
(Sprecher der Herausgeber)  
Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack, Friedrich-  
Alexander Universität Erlangen-Nürnberg  
Prof. Dr.-Ing. Detmar Zimmer, Universität  
Paderborn

### Organschaft

VDI-Gesellschaft Produkt- und  
Prozessgestaltung (VDI-GPP)

### Beirat

Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Krause  
Dr.-Ing. Marc Pauwels (Vorsitzender  
VDI-GPP)  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Sauer  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath  
Dipl.-Ing. Dirk Spindler  
Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ralph Stelzer  
Dr.-Ing. Reiner Vonderschmidt  
Prof. Dr.-Ing. Christian Weber

### Redaktion

Dipl.-Phys.-Ing. Udo Schnell  
Redaktionsleitung VDI Fachmedien  
Telefon: +49 211 6103-104  
[uschnell@vdi-fachmedien.de](mailto:uschnell@vdi-fachmedien.de)  
[konstruktion@vdi-fachmedien.de](mailto:konstruktion@vdi-fachmedien.de)

### Redaktion VDI-GPP

VDI-Gesellschaft Produkt- und  
Prozessgestaltung  
Dr.-Ing. Daniela Hein  
Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf  
Telefon: +49 211 6214-218  
Fax: +49 211 621497-218  
[gpp@vdi.de](mailto:gpp@vdi.de)

### Redaktion Fachteil Ingenieur-Werkstoffe

Organ der VDI-Gesellschaft Materials  
Engineering (VDI-GME)  
Dipl.-Phys.-Ing. Udo Schnell  
Telefon: +49 211 6103-104  
[uschnell@vdi-fachmedien.de](mailto:uschnell@vdi-fachmedien.de)  
[konstruktion@vdi-fachmedien.de](mailto:konstruktion@vdi-fachmedien.de)

### Redaktionsbeirat

Dr.-Ing. Toni Leyendecker  
Prof. Dr.-Ing. Walter Michaeli  
Dr.-Ing. Heinz Neubert  
Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl  
Dr. h.c. Jürgen Rabe  
Dr.-Ing. Hans-Jürgen Schäfer  
Prof. Dr.-Ing. Heinz Voggenreiter

Autorenhinweise/Veröffentlichungsgrundlagen: [www.konstruktion-online.de](http://www.konstruktion-online.de)

### Verlag

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG  
Unternehmen für Fachinformationen  
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf  
Postfach 10 10 22, 40001 Düsseldorf  
Commerzbank AG  
Swift/BIC-Code: DRES DE FF 300  
IBAN: DE69 3008 0000 0212 1724 00

### Geschäftsführung

Ken Fouhy, B.Eng.

### Layout

Laura B. Gründel

### Leitung Media Sales

Petra Seelmann-Maedchen  
Telefon +49 211 6188-191  
[pmaedchen@vdi-nachrichten.com](mailto:pmaedchen@vdi-nachrichten.com)

### Anzeigenverkauf

Verlagsbüro Günter Forster  
Sauerbruchstr. 54b, 81377 München  
Telefon: +49 89 8404-145  
Fax: +49 89 8401-688  
Mobil: +49 173 3840222  
[GuentForster@t-online.de](mailto:GuentForster@t-online.de)

Es gilt der Anzeigentarif Nr. 57  
vom 1. Januar 2023.

### Vertrieb und Leserservice:

Leserservice VDI Fachmedien  
65341 Eltville  
Telefon: +49 6123 9238-202  
Fax: +49 6123 9238-244  
[vdi-fachmedien@vuservice.de](mailto:vdi-fachmedien@vuservice.de)

### Bezugspreise

9 Ausgaben jährlich  
(davon 1/2, 7/8 und 11/12 als Doppelausgaben)  
Jahresabonnement: € 548,90 (E-Paper 471,50)  
VDI-Mitglieder: € 494,01 (E-Paper 424,35)  
nur für persönliche Mitglieder  
Studenten: € 127,60 (E-Paper 109,60)  
gegen Studienbescheinigung  
Preise (Inland inkl. MwSt., Ausland exkl.  
MwSt.) zzgl. Versandkosten  
(Inland: € 14,50, Ausland: € 32,-  
Luftpost auf Anfrage)  
Einzelheft: € 62,- inkl. MwSt.  
zzgl. Versandkosten

Die Mindestlaufzeit beträgt 12 Monate.  
Im Anschluss an die Mindestlaufzeit ist das  
Abonnement jeweils zum Monatsende  
kündbar.

### Satz

Medienpartner Mäurer GmbH  
Auf dem Feldchen 14, 41849 Wassenberg

### Druck

KLIEMO AG, Hütte 53, 4700 Eupen, Belgien

### Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen  
Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich  
geschützt. Jede Verwertung außerhalb der  
engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist  
ohne Zustimmung des Verlages unzulässig  
und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,  
Übersetzungen, Mikroverfilmungen  
und die Einspeicherung und Verarbeitung  
in elektronischen Systemen. Für unverlangt  
eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr  
übernommen werden.

Weitere Informationen:  
[www.konstruktion-online.de](http://www.konstruktion-online.de)

Auflage IVW-geprüft



**Klaus Cierocki**, Vorstandsvorsitzender der  
Zwick-Roell SE. Foto: Zwick-Roell

## Zwick-Roell wird europäische AG

Der Prüfmaschinenhersteller Zwick-Roell wandelt die Muttergesellschaft von der Rechtsform Aktiengesellschaft (AG) hin zu einer europäischen Aktiengesellschaft (Societas Europaea, kurz: SE). Dies sei ein Zeichen der zunehmenden internationalen Ausrichtung des Unternehmens. Die zuständigen Gremien aus Vorstand und Aufsichtsrat haben jetzt der Umwandlung zugestimmt. „Der internationale Zwick-Roell-Konzern hat einen klaren europäischen Fokus. Und so wurde in den letzten Jahren das internationale Geschäft weiter ausgebaut. Wir sind in allen europäischen Ländern mit eigenen Vertriebsgesellschaften oder -partnern tätig, wodurch wir mit der neuen Gesellschaftsform ebenfalls Rechnung tragen“, sagt Klaus Cierocki, Vorstandsvorsitzender der Zwick-Roell SE.

Nach der 2001 erfolgten Gründung der Muttergesellschaft Zwick-Roell AG markiere die Umwandlung in eine SE den nächsten konsequenten Schritt in der Unternehmensentwicklung. Die Umwandlung sei unter Beibehaltung der Identität des Rechtsträgers erfolgt. Die SE hat ihren Sitz weiterhin in München, Produktions- und Verwaltungsstandort bleibt Ulm. Zudem bleibt die bisherige Struktur der Organtrennung von Aufsichtsrat und Vorstand bestehen.

Für das Unternehmen ermögliche die Rechtsform SE, die Mitbestimmungsstrukturen vor allem in den Aufsichtsgremien weiterhin passend zur Unternehmensstruktur als Familienunternehmen zu gestalten, heißt es weiter.

[www.zwickroell.de](http://www.zwickroell.de)



## App „Festo AX Data Access“ im Siemens Industrial Edge Marktplatz erhältlich



Dr. Oliver Niese (Festo) und Rainer Brehm (Siemens) präsentieren die Zusammenarbeit auf der Hannover Messe 2023. Foto: Siemens

Siemens Xcelerator, die offene digitale Businessplattform, schafft nach Angaben von Siemens ein offenes Ökosystem für die Zusammenarbeit zwischen Kunden, Siemens und zertifizierten Partnern. Auf der diesjährigen Hannover Messe hatten Festo und Siemens ihre Partnerschaft verkündet. Ab sofort bietet Festo im Industrial Edge-Marktplatz von Siemens die App „Festo AX Data Access“ an. Die App ist Teil der datengetriebenen KI-Lösungen aus dem Festo Automation Experience (Festo AX) Portfolio. Der Industrial Edge-Marktplatz basiert auf der Siemens Industrial Edge Plattform und war von Siemens im Oktober 2021 als herstellerübergreifender, unabhängiger App-Store für Industriekunden auf den Markt gebracht worden. Industriekunden kön-

nen dort zahlreiche Apps von unterschiedlichen Anwendern erwerben. Die auf der Basis dieser Apps integrierten IoT-Lösungen bieten den Kunden den Angaben zufolge höhere Produktivität, Flexibilität und Nachhaltigkeit. Mit dem sogenannten Edge Computing werden Daten dort verarbeitet, wo sie entstehen, also auf einem Industrie-PC in Maschinen oder Anlagen.

„Wir freuen uns, dass wir im Rahmen der Partnerschaft unsere Festo AX Industrial Apps auf der Industrial Edge Plattform von Siemens anbieten. Festo hat dadurch einen weiteren Vertriebskanal für Industriekunden aus dem Bereich Maschinenbau und Produktion dazugewonnen. Nutzer profitieren von der Möglichkeit, Apps verschiedener Anbieter an einem Ort zu erwerben, in Betrieb zu nehmen und auf dem Shopfloor an den Maschinen auszuführen“, so Dr. Oliver Niese, Leiter Digital Business bei Festo.

Den Startschuss des Industrial Intelligence Portfolios von Festo macht die Konnektivätslösung „Festo AX Data Access“. Diese speist, wie es weiter heißt, Daten aus Festo-Komponenten in Siemens Industrial Edge ein, um Analyse-Applikationen mit Daten zu versorgen. Auf Basis der Daten können Kunden ein Monitoring aufbauen und damit Wartungsprozesse verbessern, ihren Energieverbrauch reduzieren sowie die Qualität verbessern. Schon bald sollen weitere Industrial Apps von Festo auf Siemens Industrial Edge zur Verfügung stehen, beispielsweise zur KI-basierten Verschleiß-Vorhersage für pneumatische Antriebe. Die Festo AX Industrial Apps wie „AX Data Access“ sind Bausteine, die mit anderen Applikationen, von Festo, Siemens und Dritten, zu größeren Lösungen zusammengesteckt werden können. Mitarbeiter in der Fertigung haben dadurch die Möglichkeit, selbständig digitale Lösungen zur Optimierung der Produktivität aufzubauen, so Siemens weiter.

[www.siemens.com](http://www.siemens.com)

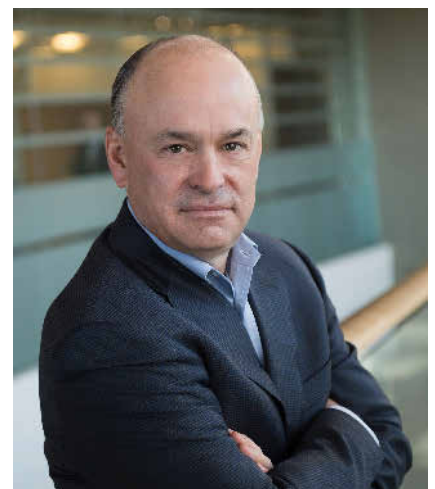
## PTC übernimmt Pure-Systems

PTC hat die Übernahme von Pure-Systems bekannt gegeben, einem Anbieter von Lösungen für das Management von Produkt- und Software-Varianten. Wie PTC mitteilt, nutzen Fertigungsunternehmen die Pure::variants-Lösung, um die unterschiedlichen Varianten von Software- und Systems-Engineering-Assets über ihre Produktkonfigurationen hinweg effizient zu verwalten. Wie PTC ausführt, haben die beiden Unternehmen schon vor der Übernahme zusammengearbeitet. Pure::variants sei bereits in die Codebeamer-Application-Lifecycle-Management-Lösung von PTC integriert und ergänze diese ebenso wie die Windchill-Product-Lifecycle-Management-Lösungen von PTC.

„Die Übernahme von pure-systems erweitert unsere ALM-Suite um wichtige Funktionen, die für Hersteller auf der ganzen Welt von entscheidender Bedeutung sind“, so

Jim Heppelmann, Chairman und CEO von PTC. „Hersteller setzen verstärkt auf Software zur Differenzierung ihrer Produkte und um verschiedene Versionen ihrer Produkte zu entwickeln, mit denen sie die gesamte Bandbreite der Kundenbedürfnisse abdecken können. Insbesondere Automobilhersteller, die stark in softwaredefinierte Fahrzeuge investieren, benötigen eng integrierte Lösungen für das ALM- und Softwarevariantenmanagement, um die unterschiedlichen Softwarekonfigurationen ihrer gesamten Fahrzeugpalette zu planen und auszuliefern. Wir glauben, dass die Kombination von Codebeamer und pure::variants PTC als einen der führenden Anbieter von Lösungen für Softwareanforderungen, Konfiguration, Test und Validierung auf dem Markt positioniert.“

[www.ptc.com](http://www.ptc.com)



Jim Heppelmann, Chairman und CEO von PTC: „Die Übernahme von pure-systems erweitert unsere ALM-Suite um wichtige Funktionen, die für Hersteller auf der ganzen Welt von entscheidender Bedeutung sind.“ Foto: PTC



Konstituierung des Gremiums zur neuen VDI 4821 „Entwicklung und Planung ressourceneffizienter Produkte und Systeme“. Foto: Hein

## Entwicklung und Planung ressourceneffizienter Produkte und Systeme

Am 12. September 2023 hat sich ein neues Gremium im VDI-Haus Düsseldorf konstituiert. Ziel ist die Erstellung der neuen Richtlinie VDI 4821 zum Thema Entwicklung und Planung ressourceneffizienter Produkte und Systeme. Sie soll Unternehmen in der Praxis Hilfestellung bieten. Insbesondere werden interdisziplinäre

Teams in der Produktplanung und -entwicklung sowie im Produktmanagement als direkte Zielgruppe gesehen. Die Richtlinie soll für Überarbeitungen ebenso gültig sein, wie für Neuentwicklungen, branchenunabhängig für KMUs ebenso wie für große, international tätige Unternehmen. Sie wird auch für Multipli-

katoren aus Beschaffung, Geschäftsführung, Marketing und Vertrieb / Key Account und Lehre von Interesse sein. An diesem Projekt sind mehr als 20 ehrenamtliche Expertinnen und Experten aus allen interessierten Kreisen beteiligt, die nun die Arbeit aufnehmen. [www.vdi.de/4821](http://www.vdi.de/4821)

## Kennzahlen im Vertrieb

Um die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens zu sichern, kommt dem Vertrieb eine Schlüsselrolle zu. Dabei ist es in der Geschäftsleitung aber auch in Entwicklung und Konstruktion wichtig, die entscheidenden Faktoren zu kennen, denn der Umsatz ist nicht die einzige Bezugsgröße. Moderne Tools und Kennzahlen (KPI) sorgen für die nötige Transparenz und helfen, Entscheidungen vorzubereiten, Prognosen zu verbessern, die Zielerreichung zu messen und Korrekturmaßnahmen einzuleiten. Die VDI- Richtlinie „VDI 4503 Blatt 1: Vertriebskennzahlen – Grundlagen und Kennzahlensystematik“ kann dazu als Grundlage

für die Entwicklung und Etablierung eines solchen Prozesses dienen.

Die an der Entstehung der Richtlinie beteiligten Experten liefern im Rahmen eines VDI-Webinars am 11. Januar 2024 von 16:30 bis 17:30 Uhr live einen Einblick in das Thema.

VDI-Webinare sind exklusiv und kostenfrei für VDI-Mitglieder. Sie werden aufgezeichnet und können im Anschluss an den Termin im Online-Mitgliederbereich meinVDI angesehen werden.

[www.vdi.de/webinar](http://www.vdi.de/webinar)

[www.vdi.de/4503](http://www.vdi.de/4503)

# VDI Value Talks im November und Januar

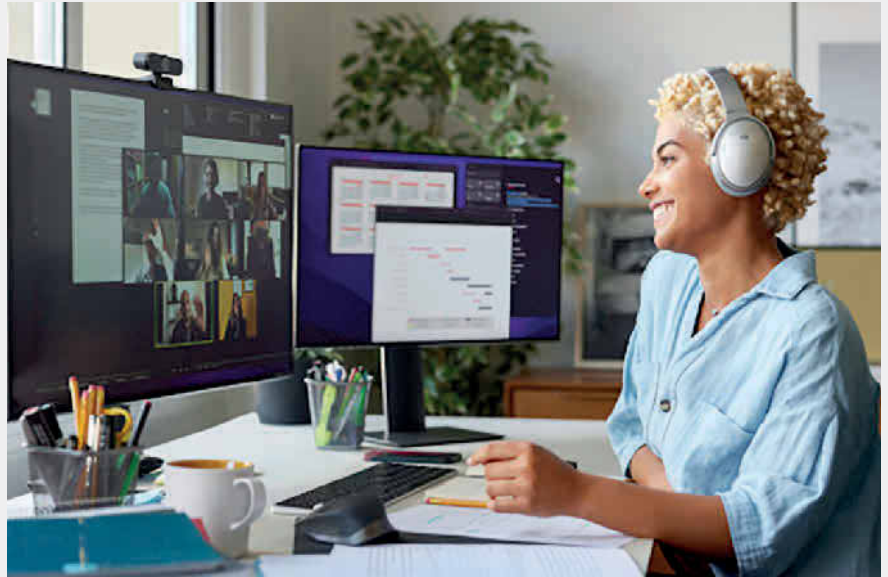
Der nächste Value Talk findet am 30. November 2023 von 17 bis 18 Uhr statt. Inhaltlich dreht sich dann alles rund um das Thema „Design for Sustainability – die CO<sub>2</sub>-Bewertung als zukünftiges Kernelement des Value Engineerings“ und wie Software hier helfen kann. Anmeldungen sind noch möglich.

Schon jetzt vormerken: Am 18. Januar 2024 – dann allerdings von 11 bis 12 Uhr – geht es um Wertanalyse aus der Anwenderpraxis.

Die Veranstaltungen sind exklusiv und kostenfrei für VDI-Mitglieder. Die Unterlagen vergangener Value Talks stehen im Online-Mitgliederbereich meinVDI zum Download zur Verfügung.

Weitere Informationen und Anmeldung unter

[www.vdi.de/valuetalks](http://www.vdi.de/valuetalks)



Die nächsten Value Talks am finden am 30.11.2023 und am 18.01.2024 statt. Foto: gettyimages/morsa

**TURCK**  
Your Global Automation Partner

**sps**  
smart production solutions  
Halle 7, Stand 250

**H<sub>2</sub>**  
HYDROGEN

## H<sub>2</sub>-Projekte – schnell und sicher!

Mit dezentralen Automatisierungslösungen von Turck verkürzen Sie die Time-to-Market Ihrer Wasserstoffprojekte deutlich und nachhaltig – bis in Zone 0.

MEHR ERFAHREN



[www.turck.de/h2](http://www.turck.de/h2)



Bild 1: Anspruchsvolles Großprojekt: Bei Friesoythe in Niedersachsen entsteht die größte Biomethananlage Europas. Foto: Nord Drivesystems

Hochmoderne Großanlage für Biomethan

# Robuste Getriebe für Rührwerke

Rührtechnik in Perfektion zum Herstellen von Biomethan für das Gasnetz oder zur Verflüssigung in LNG – dazu setzt eine neue Großanlage zukünftig Präzisions-Rührer der PRG Präzisions-Rührer GmbH ein. Diese sind mit Industriegetriebenen von Nord Drivesystems aus der Baureihe Maxdrive ausgestattet. Speziell für Rührwerksanwendungen bieten die Großgetriebe entscheidende Vorteile und Optionen, die eine besonders hohe Zuverlässigkeit sicherstellen. Damit steht einem störungsfreien Rund-um-die-Uhr-Einsatz der Rührer in Europas künftig größter Biomethananlage an 365 Tagen im Jahr nichts mehr im Wege.



**O**b Kosmetik, Chemie, Lebensmittel, Pharmazie, Biotechnologie oder auch Biogas – in all diesen Branchen ist Rührtechnik für die verschiedenen Endprodukte unverzichtbar. Einer der weltweit führenden Anbieter von Rührtechnik, Rührwerken und Rühranlagen ist die PRG Präzisions-Rührer GmbH aus Warburg. Das Unternehmen mit rund 150 Beschäftigten wird für die Qualität und Zuverlässigkeit seiner Produkte von seinem weltweiten Kundenstamm sehr geschätzt.

### Getriebe für den Einsatz in industriellen Rührwerken

In der Herstellung von Rührtechnik und Rührwerken setzt PRG auf eine enge Partnerschaft mit Nord Drivesystems. Als einer der weltweit führenden Systemanbieter liefert Nord effiziente An-

triebskonzepte bestehend aus Getriebe, Motor und Frequenzumrichter, die den hohen Anforderungen der Verfahrenstechnik an Zuverlässigkeit und Robustheit gerecht werden. Die sehr gut aufeinander abgestimmten Einzelkomponenten sind die Basis einer hohen Variantenvielfalt, großen Flexibilität sowie kurzer Planungs- und Montagezeiten. Das Unternehmen aus Bargteheide bei Hamburg liefert Industriegetriebe für die industriellen Rührwerke von PRG, die für verschiedene Applikationen eingesetzt werden. Andreas Dierkes, Vertriebsleiter und Prokurist bei PRG, erzählt: „Im Prinzip kommen bei allen unseren Getrieberührwerken – also Rührwerken, die mit niedrigen Drehzahlen gefahren werden – Produkte von Nord zum Einsatz.“ Bei PRG schätzt man ganz besonders die Verlässlichkeit, Kompetenz und hohe Produktqualität seines Getriebepartners. Zudem sind die Nord-Komponenten weltweit von fast

allen Kunden des Spezialisten für Rührtechnik zugelassen und gelistet.

### Anspruchsvolles Großprojekt Biomethananlage

Am Küstenkanal bei Friesoythe in Niedersachsen entsteht derzeit die größte Biomethananlage Europas. Investor REVIS aus Münster plant dort in 40 Fermentern jährlich eine Million Tonnen Mist und Gülle aus der Region zu verarbeiten und daraus Biomethan zu erzeugen, das entweder ins Gasnetz eingespeist oder zu LNG verflüssigt werden soll. Das Bio-LNG kann dann als CO<sub>2</sub>-neutraler Kraftstoff eingesetzt werden. In die Projektplanung funkte das Weltgeschehen aus Pandemie und Krieg in Europa hinein, verbunden mit exorbitant steigenden Stahlpreisen, Materialknappheit und Lieferkettenengpässen – große Herausforderungen für alle Beteiligten. PRG sicherte sich frühzeitig das notwendige Material,



**Bild 2:** Erste Ausbaustufe mit 18 Biogas-Fermentern: PRG liefert die Zentralrührwerke, ausgestattet mit einem Maxdrive-Industriegetriebe.  
Foto: Nord Drivesystems

stand ständig in engem Austausch mit Partner Nord und erhielt schließlich 2022 den Zuschlag für die Lieferung der Rührwerke für die Biomethananlage. Damit startete eines der größten Projekte in der Unternehmensgeschichte von PRG – und mit ihm die Planung der enormen Rührwerke. Für jedes einzelne Zentralrührwerk wird ein komplettes Atex-Getriebe von Nord benötigt. „Die Zuverlässigkeit der Antriebe spielt bei der neuen Anlage eine wichtige Rolle. Denn diese sind zusammen mit den Tanks rund um die Uhr sämtlichen Witterungen ausgesetzt und

müssen 365 Tage im Jahr störungsfreien Betrieb liefern“, so Dierkes.

Für die Rührwerke von PRG werden Industriegetriebe der Maxdrive-Baureihe von Nord eingesetzt, die für ein Höchstmaß an Belastbarkeit und Betriebssicherheit konzipiert wurden. Sie bieten hohe Abtriebsdrehmomente von 15 bis 282 kNm und gewährleisten auch unter extremen Bedingungen, wie sie in der Biomethananlage herrschen, einen zuverlässigen Betrieb. Aufgrund des besonders verwindungssteifen, einteiligen Block-Gehäuses erreichen sie eine höhere Lagerlebensdauer als Teilfu-

gengetriebe und gewährleisten eine effiziente Kraftumsetzung sowie hohe Toleranz gegenüber Lastspitzen und Schlägen. Große reibungsarme Wälzlager sorgen für eine extrem hohe Radial- und Axial-Belastbarkeit sowie Langlebigkeit. Höchste Achsgenauigkeit garantiert zudem einen geräuscharmen Lauf. Nord-Industriegetriebe werden als Stirnradgetriebe oder Kegelschirradgetriebe angeboten und decken einen Übersetzungsbereich von 5,54:1 bis 400:1 sowie mit Vorgetriebe bis zu 30.000:1 ab. Für die Aufstellung und Befestigung in der Anlage stehen alle sechs Getriebe-Seiten zur Verfügung.

Alle Rührwerks- und Mischerantriebe von Nord sind maßgeschneidert und werden exakt an die jeweiligen Anforderungen der Kundenapplikation angepasst. Und so arbeiteten die hauseigenen Ingenieure eng mit den Experten von PRG zusammen, um die Maxdrive-Industriegetriebe den besonders hohen Anforderungen für den Einsatz in den Biogas-Fermenter-Rührwerken optimal anzupassen und diese weiterzuentwickeln. Dazu wurden die Antriebslagerungen speziell für die hohen Lagerkräfte der langen Rührwellen verstärkt und der Lagerabstand vergrößert. Dort kommt nun eine sogenannte VL3-Lagerung mit einem Hochleistungs-Pendelrollenlager zum Einsatz. Diese sogenannte Drywell-Ausführung ist mit zusätzlicher Ölabtropfscheibe und Leckölanzeige oder Ölsensor ausgestattet.



**Bild 3:** Die vorgenommenen Optimierungen an den Industriegetrieben erhöhen die Zuverlässigkeit und verlängern die Wartungsintervalle der Rührwerke. Foto: Nord Drivesystems



Bild 4: Etwa 10 Tonnen Gewicht kommen bei den gigantischen Rührwerken zusammen, davon entfallen auf das Getriebe von Nord etwa 2,5 Tonnen.  
Foto: Nord Drivesystems

Das bietet Schutz vor Verunreinigungen. Die Abdichtung auf der Antriebsseite ist in der Regel eine besonders herausfordernde. Der antreibende Motorzapfen dreht dabei mit  $1.500 \text{ min}^{-1}$ . In herkömmlicher Weise wurde diese besonders gefährdete Stelle mit einer Lippendichtung abgedichtet. Diese wird jedoch durch Umwelteinflüsse stark beansprucht und birgt daher die Gefahr von Ölleckagen.

### Safomi-IEC-Adapter für höhere Betriebssicherheit

An dieser Stelle sorgt Nord nun mit dem sogenannten Safomi-IEC-Adapter (Sealless Adapter for Mixers) für eine höhere Betriebssicherheit. Der kompakte, einfach aufgebaute Adapter wurde speziell für Rührwerkantriebe entwickelt und vereinigt die Funktionen eines Standard-IEC-Adapters sowie eines Ölausgleichsbehälters in einem Bauteil. Auf Ölbehälter und -schläuche sowie den Leckage- und verschleißanfälligen Wellendichtring zwischen Getriebe und IEC-Zylinder kann damit verzichtet werden. Die Reduzierung von Verschleiß- und Anbauteilen führt zu längeren Standzeiten, einem geringeren Bauraumbedarf sowie weniger Serviceeinsätzen. Den Safomi-IEC-Adapter gibt es für Stirnradgetriebe in den Baugrößen 7 bis 11, das heißt, für maximale Abtriebsdrehmomente von 25 bis 75 kNm. Stan-

dardmäßig wird die Kombination aus Stirnradgetriebe und Safomi-IEC-Adapter nur in Einbaulage M5 montiert, also mit nach unten zeigender Abtriebswelle. Auch bereits vorhandene Maxdrive-Stirnradgetriebe mit Standard IEC/NEMA-Adapter können leicht auf den Safomi-IEC-Adapter umgerüstet werden.

Mit den vorgenommenen Optimierungen ist es Nord gelungen, die Zuverlässigkeit der Antriebseinheit weiter zu erhöhen und die Wartungsintervalle der Komponenten zu verlängern. Damit erfüllt der Getriebehersteller einen expliziten Wunsch, den PRG mit Blick auf die Anforderungen seiner Kunden geäußert hat. wie Andreas Dierkes unterstreicht: „Der erste Ölwechsel konnte auf 20.000 Betriebsstunden hochgesetzt werden – das entspricht einer Betriebszeit von zwei Jahren.“ Die Überholung des gesamten Getriebes ist in Zehn-Jahres-Intervallen erforderlich – und das bei einem 24/7-Betrieb der Rührwerke. Ein echter Pluspunkt, den die Anlagenbetreiber ganz besonders zu schätzen wissen.

### 18 Biogas-Fermenter in der ersten Ausbaustufe

Aktuell befindet sich das Projekt in der ersten Ausbaustufe: 18 Biogas-Fermenter, die jeweils  $9.500 \text{ m}^3$  umfassen, werden hier errichtet. Dafür liefert und montiert

PRG die Zentralrührwerke. In der zweiten Ausbaustufe soll die Anlage noch einmal verdoppelt werden. Die enormen Tanks haben einen Durchmesser von etwa 24 m und sind ebenso hoch. Die Rührwerke von PRG werden von oben auf die Tanks aufgesetzt. Die von PRG speziell entwickelten Hydrofoil-Rührer haben einen Durchmesser von fast 5 m und passen gerade noch durch die obere Schachtoffnung der Tanks. Ein Rührwerk wiegt etwa 10 t, davon entfallen allein auf das Getriebe von Nord schon etwa 2,5 t. Die freihängende Rührwelle ist etwa 22 m lang und hat einen Durchmesser von etwa 200 mm.

Während die erste Ausbaustufe noch läuft, ist die zweite Ausbaustufe mit weiteren 20 Fermentern längst geplant. Damit geht die enge und erfolgreiche Zusammenarbeit von PRG und Nord in eine neue Runde. ■

#### Kontakt

Getriebebau Nord GmbH & Co. KG  
22941 Bargtheide  
Tel. (0 45 32) 2 89 – 0  
info@nord.com  
www.nord.com/de

E-Motor unterstützt emissionsarmen Teilbetrieb

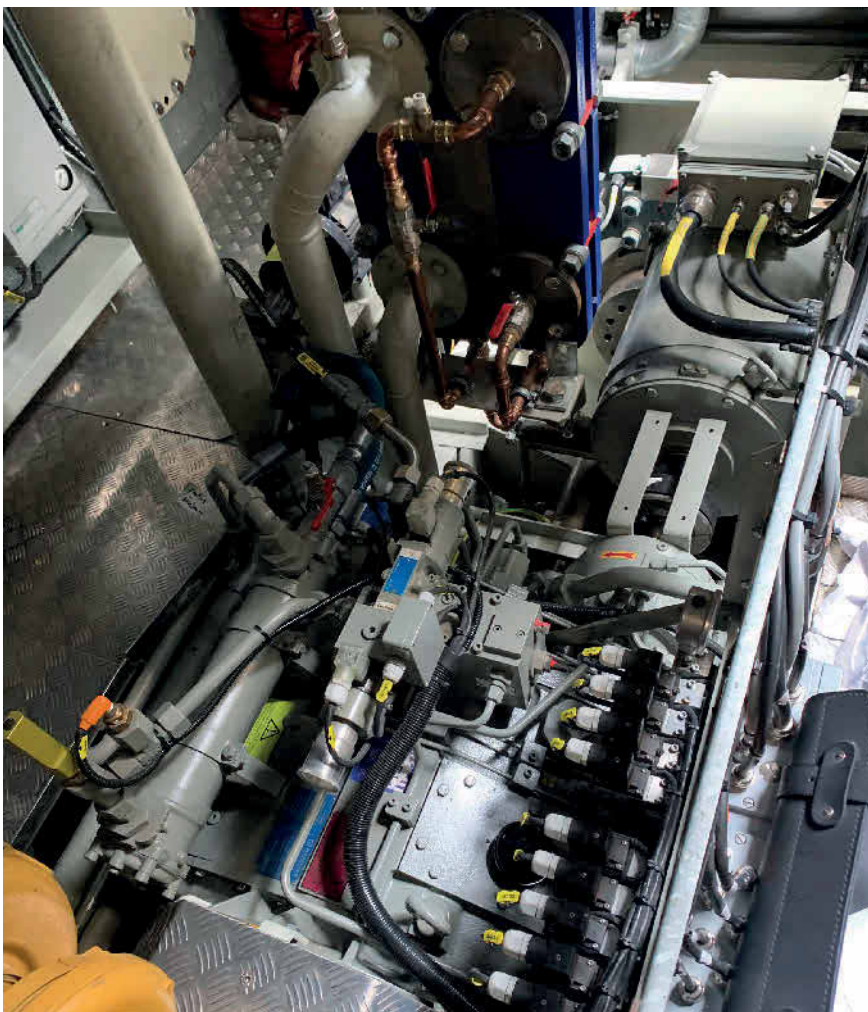
# Planierschiff mit Hybridantrieb für den Hamburger Hafen

Was vor fünf bis zehn Jahren noch ungewöhnliche Einzelprojekte waren, wird im Zuge nachhaltigerer Antriebslösungen angesichts der Energiewende auch im Schiffsbereich eine echte Alternative: Hybridantriebe aus konventionellen Dieselmotoren und modernen Elektromotoren. Welche Anforderungen das Hybridsystem des Getriebe-Spezialisten Reintjes an die Auslegung der elektrischen Hilfsmotoren stellte, beschreibt Elektromotorenhersteller BEN Buchele anhand des gemeinsamen Projekts „Chicago“, eines Planierschiffs für den Hamburger Hafen, das im vergangenen Oktober seinen Betrieb aufgenommen hat.

**D**as Planierschiff, das Sedimente in bestimmten Hafenbereichen so verschiebt, dass sie von Saugbaggern besser erreicht und aufgenommen werden können, ist ein Zweiweller. Es verfügt über zwei Propeller, zwei Wellenstränge. Je Wellenstrang sind ein Dieselmotor als Hauptantrieb und ein Elektromotor für den emissionsarmen Teilbetrieb verbaut. Der elektrische Antrieb wird genutzt, um das Schiff geräusch- und emissionsarm durch den Hafen zum jeweiligen Einsatzort zu bewegen. Dort wird auf den Hauptantrieb umgeschaltet, um die Planierarbeiten durchzuführen. Die E-Motoren der Baugröße 200 verfügen jeweils über eine Leistung von 60 kW. Für die volle Manövrierfähigkeit stehen auch im reinen Elektro-Modus beide Propeller zur Verfügung. Möglich ist es durch die Redundanz, nur einen Wellenstrang zu nutzen, sollte ein Propeller einmal ausfallen.

Für das gesamte Hybridsystem verantwortlich zeichnet Reintjes, erfahrener Spezialist für Getriebe in marinen Anwendungen. Zum Lieferumfang zählten das Wendegetriebe, die E-Motoren, die flexible Kupplung zwischen E-Motoren und Getriebe, die Frequenzumrichter, die für die Steuerung der E-Motoren zuständig sind, sowie das Schiffskontrollsystem mit Fahrhebel und Kontrollkabinett.

Die „Chicago“ ist das neueste Schiff, das in den vergangenen zwei Jahren mit



**Bild 1:** Im Herzen des Motorraums: Das Wendegetriebe von Reintjes wechselt per Knopfdruck zwischen Elektro- und Diesetriebetrieb hin und her. Oben rechts im Bild ist einer der wassergekühlten Elektromotoren von BEN Buchele zu erkennen, dessen kompakte Größe und geringe Wärmeentwicklung vorteilhaft für die beengten Verhältnisse im Motorraum sind. Foto: Reintjes GmbH



einem solchen Hybridsystem gebaut wurde. Reintjes hat Erfahrung in dem Bereich und bereits 2012 das Forschungsschiff Geo Focus sowie 2016 bereits in Kooperation mit BEN Buchele das Wattentaxi Liinsand mit Hybridantrieben ausgestattet, als diese Antriebsform noch ein Novum war. Gerade in der Wattenmeerregion gelten hinsichtlich der Emissionen strenge Regularien, die dank der rein elektrischen Fahrten in bestimmten Zonen eingehalten werden konnten. Ebenso eignet sich der Elektrobetrieb sehr gut für Langsamfahrten des Forschungsschiffs, um Messdaten zu erheben.

## Wechsel der Fahrmodi über Hebel oder Knopf

Auch in einigen Hafenzonen wird Wert auf emissions- und geräuscharme Schiffe gelegt, sodass Reintjes auch hier zu Rate gezogen wurde. Besondere Abstimmungsarbeit ist bei einem Hybridsystem hinsichtlich des Wechsels zwischen den Fahrmodi erforderlich. Das Umschalten von Elektro- auf Dieselmotor kann beispielsweise über die Fahrhebelstellung erfolgen: Wenn der Fahrhebel leicht bewegt wird, fährt das Boot elektrisch, und wenn eine bestimmte Hebelstellung überschritten wird, kommt der Dieselmotor hinzu.

Alternativ kann auch die Umstellung per Knopfdruck ausgelöst werden, wie es bei der Chicago der Fall ist: Wenn der Fahrhebel auf „Neutral“ steht, kann per Knopfdruck in den elektrischen Betrieb gewechselt werden, der dann ebenfalls über den Fahrhebel gesteuert wird. Dies kann auch mitten im Betrieb und bei noch drehendem Propeller erfolgen.

Der E-Motor wiederum stammt aus der Elektromotorschmiede von BEN Buchele aus Nürnberg, die auf Sondermaschinen nach individuellen Vorgaben spe-

zialisiert ist. Der elektrische Antrieb sollte auf dem Schiff zum einen die rein elektrische Fahrt mit bis zu sechs Knoten Geschwindigkeit ermöglichen sowie Strom während der Nutzung der Dieselmotoren erzeugen, um die Batterien wieder aufzuladen.

Für diese Funktionalitäten forderte Reintjes bei BEN Buchele einen gewichtsoptimierten wassergekühlten Motor mit folgenden Parametern an: 60 kW Leistung, Baugröße 200, 2.130 min<sup>-1</sup> Nenn-drehzahl, mit Frequenzumrichterbetrieb, geeignet für Dauerbetrieb S1.

Die geforderte Drehzahl ist immer entscheidend und sollte bei der Konstruktion möglichst dicht erreicht werden, indem Verluste niedrig gehalten und höhere Wirkungsgrade oder eine höhere Motoreffizienz – also eher IE2 oder IE3 – angestrebt wird.

Wenn in der Anforderung zum Beispiel 3.200 min<sup>-1</sup> angegeben sind, muss der Motor meist etwas höher ausgelegt werden, um im Betrieb dann auf diese Drehzahl zu kommen. Durch die Verwendung von höherwertigem Blech für Stator- und Rotorpakete, können Verluste minimiert und der Wirkungsgrad gesteigert werden.

„Um die verschiedenen Modi im Betrieb abbilden zu können, muss der Motor solch hohe Drehzahlen zulassen und über ein breites Drehzahlkennfeld diese Nennleistung abrufen können“, weiß Louis Zander, Director Sales & Service bei Reintjes Hamburg. „Bei diesem Projekt hatten wir die gut 2-fache Nenndrehzahl. Das bedeutet, dass der Motor mit bis zu 4.300 min<sup>-1</sup> im PTO-Betrieb (Generatorbetrieb) läuft, aber schon bei 2.000 min<sup>-1</sup> die 60 kW zur Verfügung haben soll, damit er auch im rein elektrischen Fahrmodus mit seiner vollen Leistung die 6 kn erreicht. Ein solches Kennfeld ist mir

aktuell nur von den Motoren von BEN Buchele bekannt.“

## Wasserkühlung ermöglicht kleine Bauhöhe

Die Wasserkühlung ist ein weiteres Plus, das dem Wärmekonzept für den Maschinenraum entgegenkommt. Die gesamte Leistungselektronik, von den Batterien bis zum Frequenzumrichter, erzeugt bereits eine gewisse Abwärme. Wenn die E-Motoren wassergekühlt sind, fällt dort keine weitere Wärmequelle im Motorraum an. Entscheidender Vorteil eines wassergekühlten Motors ist zudem sein niedriges Gewicht und seine kompakte Bauweise, wodurch er platzsparend eingebaut werden kann. Dabei verfügt er über die gleiche Leistung wie ein oberflächengekühlter Motor deutlich größerer Baugröße. Bei der Variante wird die Wärme über eine möglichst große Oberfläche abgeführt, um Verluste gering zu halten, während die Kühlung beim wassergekühlten über den Wassermantel innerhalb des Motors erfolgt. So kann die Bauhöhe relativ klein gehalten werden.

Vorteilhaft an den BEN-Buchele-Motoren ist zudem der flexible Multifußbau, sodass der Motor je nach Gegebenheit auf dem Schiff flexibel angebracht werden kann. Die E-Motoren sitzen bei dem Hybridsystem direkt am Wendegetriebe. Für beide Motoren bleibt nicht sehr viel Platz; daher ist die kleine und kompakte Baugröße ideal, ebenso wie der Multifußbau, der beispielsweise auch eine seitliche Anbringung mit dem Fuß Richtung Träger ermöglicht hat.

Auch die Lage des Klemmkastens kann BEN Buchele auf Kundenwunsch anpassen. Üblicherweise liegt der Klemmkasten rechtsseitig; bis zum Montageprozess kann dabei aber auf Kundenwunsch eine

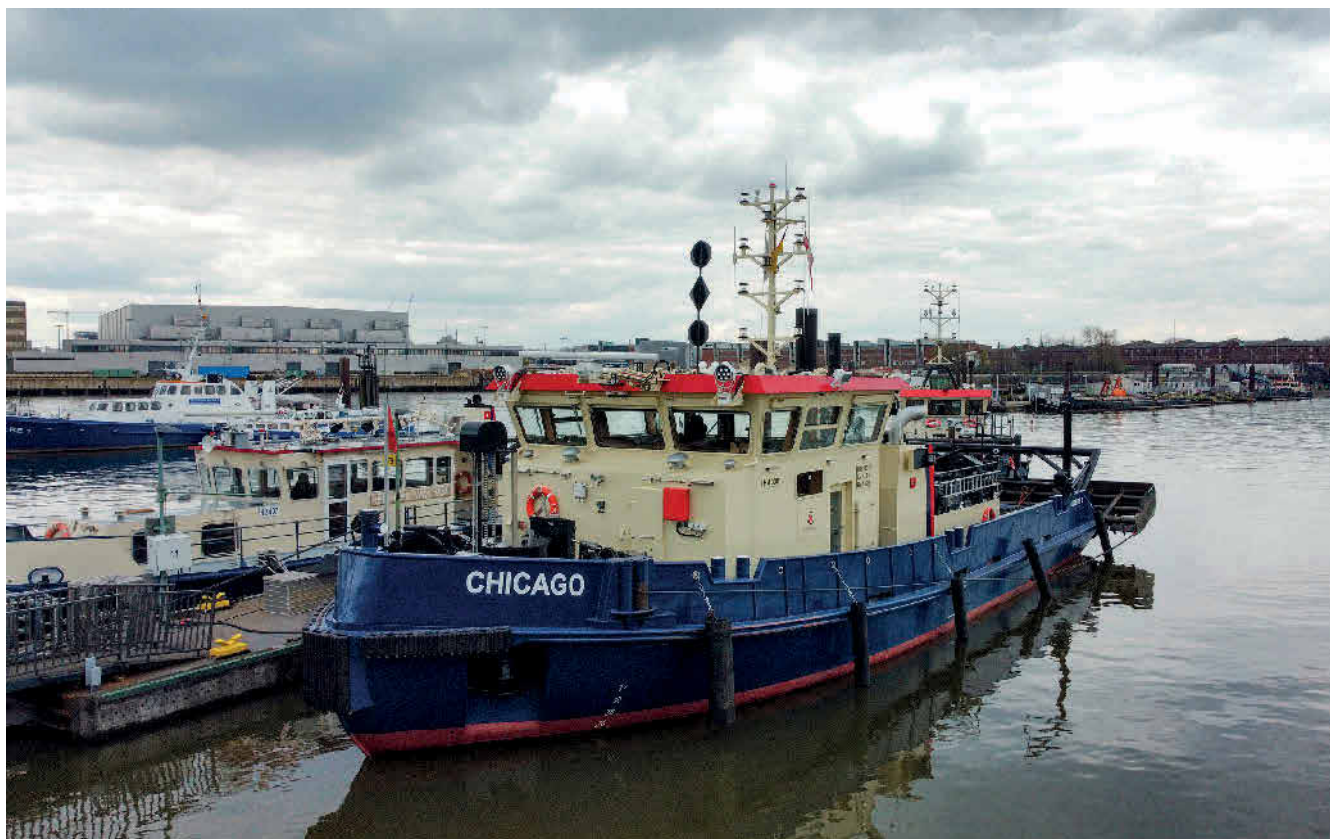
## Bremsentechnologie 4.0 – jetzt upgraden!

ROBA®-brake-checker: Permanentes Bremsen-Monitoring von Schaltzustand, Temperatur und Verschleiß

  
 Ihr zuverlässiger Partner



Besuchen Sie uns auf der SPS: Halle 4, Stand 278  [www.mayr.com](http://www.mayr.com)



**Bild 2:** Das Planierschiff Chicago verfügt über einen modernen Hybridantrieb, der aus zwei Dieselmotoren sowie zwei Elektromotoren von BEN Buchele besteht. Letztere unterstützen die emissionsarmen Fahrten innerhalb des Hafengebiets. Foto: Reintjes GmbH

Änderung vorgenommen werden. Reintjes entschied sich dafür, den Klemmkasten obenauf zu montieren. Andreas Rödel, stellvertretender Vertriebsleiter bei BEN Buchele: „Solange der Motor noch nicht auf dem Lkw ist, können wir immer noch eingreifen und zum Beispiel einen Klemmkasten umbauen. Es ist immer einfacher, dies uns durchführen zu lassen, als dass der Kunde selbst den Klemmkasten öffnet und Kabel anders führt.“

## Inkrementalgeber liefert Daten für die Steuerung

Ein Zusatzelement, das dort verbaut wurde, ist ein Inkrementalgeber. Ein solcher wird häufiger bei einem Frequenzumrichterbetrieb gefordert, weil er ein Feedback liefert, welche Drehzahl in dem Moment abgegriffen wird. So erhält die Steuerung ausreichend Daten darüber, wie die Motoren gerade betrieben werden.

Eine Besonderheit ist die Insellösung über den Gleichstromzwischenkreis. Ein Standard-Frequenzumrichter würde, um Strom einzuspeisen, sich auf ein vorhandenes Schiffsnetz aufschalten, um dort die

Leistung einzubringen. Wenn aber im PTO-Fall dort Energie eingespeist wird, müsste ein Generator mit fast ähnlicher Leistung wie die PTOs laufen, um nicht ein Lichtflackern oder ähnliche Unreinheiten des Netzes auszulösen. Der Vorteil der Gleichstromlösung mit der Inselnetz-fähigkeit ist die Unabhängigkeit vom Schiffsnetz. Über die PTOs kann Strom erzeugt werden und dann aus dem Gleichstromnetz auch das Bordstromnetz komplett versorgt werden. Der ebenfalls vorhandene Dieseldieselmotor ist somit nur für den Notfall gedacht. Vorteilhaft ist auch die Effizienz der Frequenzumrichter, die bei einem Gleichstromnetz fast doppelt so hoch ausfällt. Weil das Bordnetz deutlich weniger Strom verbraucht als die beiden Generatoren erzeugen können, werden die Batterien im PTO-Betrieb äußerst effizient geladen.

Bisherige Hybridlösungen haben sich bei Reintjes und BEN Buchele bewährt. Sowohl beim Forschungsschiff Geo Focus als auch beim Wattentaxi laufen die elektrischen Hilfsantriebe seit Inbetriebnahme ohne Ausfälle oder größere Wartungsein-sätze. Was die BEN-Antriebe von ver-

gleichbaren Motoren von der Stange unterscheidet, ist der Service-Gedanke über die Konstruktion hinaus. Für Reintjes bleiben die Experten von BEN Buchele über die Motorlieferung hinaus ansprechbar, sollten beim Einbau oder während des Betriebs Probleme auftreten.

Die Wahl eines asynchronen Motors, wie BEN Buchele ihn baut, ist zudem ein Sicherheitsaspekt. Auch wenn die E-Motoren nicht bestromt sind – also während des Betriebs im Diesel-Modus – laufen sie einfach mit, ohne Leistung abzugeben, und können so keinen Kurzschluss verursachen. Ein permanent-erregter Motor wäre mit der beschriebenen Lösung nicht denkbar ■

## Kontakt

BEN Buchele Elektromotorenwerke GmbH  
90419 Nürnberg  
Tel. (09 11) 37 48 – 0  
info@benbuche.de



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

## Getriebe mit hoher Laufleistung

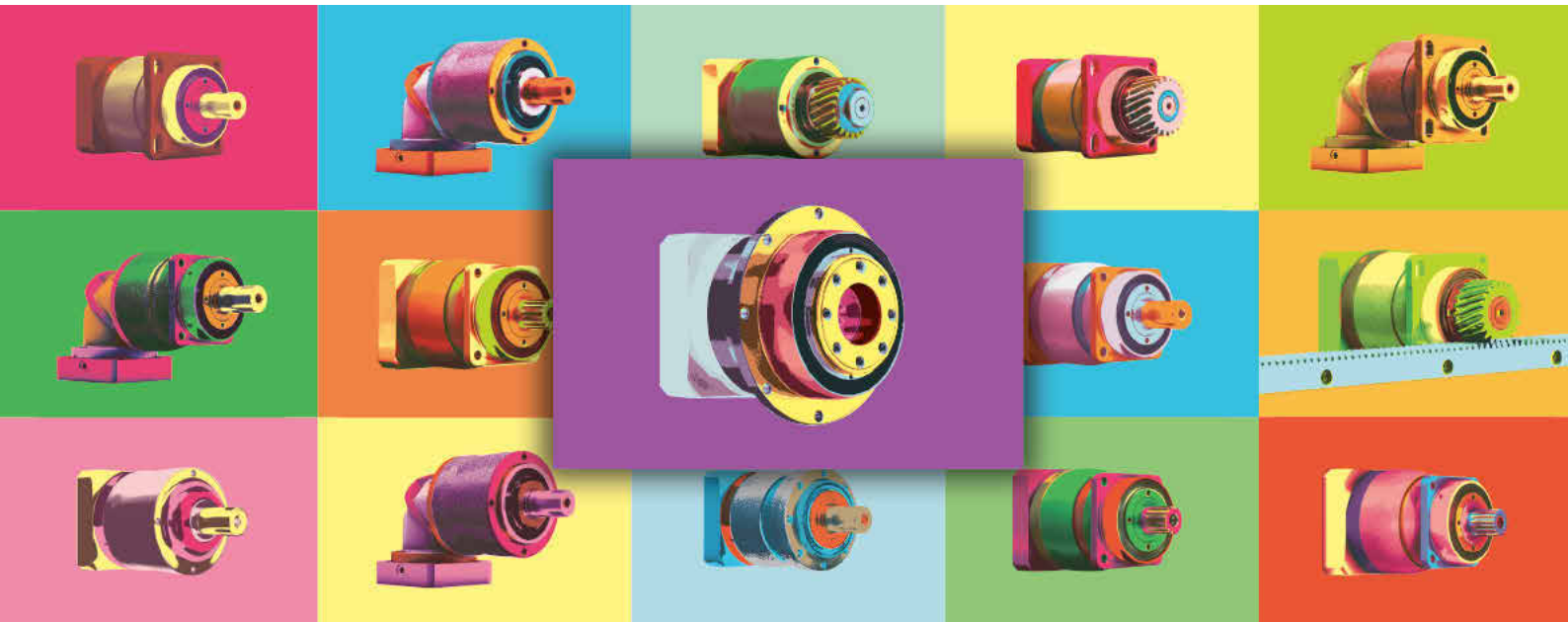
Dunkermotoren stellt auf der SPS erstmalig das Servoline Getriebe PLG 75 SL vor. Wie das Unternehmen mitteilt, bietet es mit einer Laufleistung über 20.000 Stunden in Kombination mit den langlebigen DC Servomotoren des Antriebsherstellers eine sehr gute Komplettlösung. Aus dem Portfolio der BLDC Motoren gibt es, so das Unternehmen weiter, mit dem BG 45 dPro ein neues Mitglied, das auf der Motor Control Platform (MCP) aufsetzt. Die MCP ist ein modulares Konzept, das in allen smarten BG Motoren und einigen externen Elektronik von Dunkermotoren eingesetzt wird und die Programmierung verschiedener Parameter und Sicherheitsfunktionen ermöglicht. Die Stärke des BG 45 dPro sei die Integration der kompletten Motorelektronik in das ohnehin kompakte Gehäuse. Mit einer Dauerabgabeleistung bis zu 110W und Nenndrehzahlen bis  $4.720 \text{ min}^{-1}$  ist der Motor stärker als seine Vorgänger bei gleicher Nennspannung.

Für fahrerlose Transportsysteme zeigt der Antriebstechnikspezialist mit dem Nabengetriebe NG 1000 WO eine neue Lösung. Die Kombination aus Motor und Getriebe benötigt eine Bauhöhe von 95mm und mache so Fahrzeuge mit besonders geringer Unterfahrhöhe möglich. Aufgrund des Achsversatzes lassen sich die Antriebe im Fahrzeug nebeneinander anordnen, was die Mindestbreite auf 600mm reduziere und die Tragfähigkeit sowie das Beschleunigungsvermögen des AGV erhöhe. In Zeiten, in denen Platz ein relevanter Kostenfaktor darstellt, trage Dunkermotoren so zur Umsetzung platz- und kosteneffizienter Logistiklösungen bei. Passend zu den smarten Motoren und Controllern zeigt die IoT Marke nexofox, wie Produktdaten über Verwaltungsschalen den



Dunkermotoren und MAE sind auf der sps Nürnberg in neuer Halle vertreten. Foto: Dunkermotoren

Kunden zukünftig ganz einfach in Form von digitalen Zwillingen bereitgestellt werden können. Gemeinsam mit Partnern wurde dabei mit Unterstützung der Open Industry 4.0 Alliance eine Lösung entwickelt, um Verwaltungsschalen standardisiert und herstellerübergreifend bereitstellen zu können. Bei den klassischen IIoT-Anwendungen führt nexofox in der Zwischenzeit den modularen Gedanken der Dunkermotoren DNA in der digitalen Welt fort. (Dunkermotoren auf der SPS: Halle 4, Stand 481) [www.dunkermotoren.de](http://www.dunkermotoren.de)



## UpGreat!

The NTP – Qualified for more Value

- Geringes Verdrehspiel von  $\leq 5 \text{ arcmin}$
- Gesteigerte Aufnahme externer Kräfte
- Reduzierte Laufgeräusche
- Verbessertes Gleichlaufverhalten



WITTENSTEIN alpha



**Bild 1:** Die Smart Function Kits für Handhabungs- und Fügeaufgaben können als vorkonfigurierte Subsysteme bestellt und über das Web-HMI in wenigen Minuten in Betrieb genommen werden. Foto: Bosch Rexroth AG

### Smarte Software für Subsysteme

# Linearroboter und Servopressen schneller in Betrieb nehmen

Servopressen und kartesische Roboter für Handling oder Dispensing sind bereit für die Fabrik der Zukunft. Als smarte standardisierte Subsysteme sind sie schon nach wenigen Minuten eingerichtet und betriebsbereit.

**M**echatronische Subsysteme für Handhabungs- und Dosieraufgaben oder Pressen und Fügen sind in der Fabrik-

automation wegen ihrer Dynamik, Steifigkeit, Präzision und Genauigkeit geschätzt. Zusammen mit einer intuitiven Bediensoftware kommt noch ein gewichtiges Argument hinzu: die einfache Integration von Maschinenfunktionen mit schneller

Inbetriebnahme, Sequenzierung und Prozessdatenerfassung.

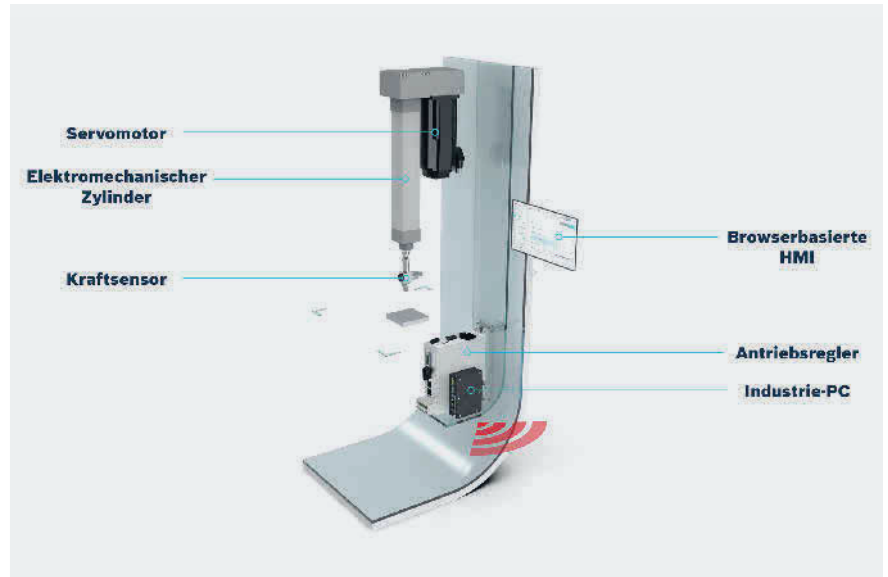
Angesichts immer kürzerer Produktzyklen und kleinerer Losgrößen sollen Handhabungs- und Dosier- sowie Presssysteme möglichst universell und schnell einsatzfähig

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

sein. Dazu kommt, dass Maschinenherstellende und Anwendende ihre Fertigungsprozesse vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels möglichst einfach definieren möchten. Wie eine schnelle und intuitive Inbetriebnahme in der Praxis aussieht, zeigt Bosch Rexroth mit den Smart Function Kits, die in einem Paket mit allen notwendigen Komponenten und vorinstallierter Applikationssoftware geliefert werden.

Die intelligenten Subsysteme basieren auf Linearachsen oder einem elektromechanischen Zylinder und kombinieren diese mit darauf abgestimmten Motoren, Antriebsreglern und Steuerungen. Das Herzstück der Smart Function Kits bildet eine auf der Steuerung vorinstallierte, intuitive Bediensoftware, welche keine Vorkenntnisse erfordert und die Inbetriebnahmezeit um bis zu 80 % reduziert. Auf diese Weise werden etwa die Smart Function Kits für Handhabungs- und Dispense-Aufgaben zu kompletten Linearrobotern, die vormontiert und optional einschließlich Energieketten und Kabeln geliefert werden.

Die Kompatibilität mit prozessspezifischer Peripherie stellen die Smart Function Kits mit offenen Schnittstellen sicher. Darüber lassen sich mit geringem Aufwand nicht nur Kraftsensoren, Greifer oder Dispense-Köpfe anschließen, sondern auch prozessoptimierende Ausgleichselemente wie der Smart Flex Ef-



**Bild 2:** Das Smart Function Kit Pressing eignet sich mit Presskräften bis 70 kN auch zur Elektrifizierung und Standardisierung kompletter Linien. Foto: Bosch Rexroth AG

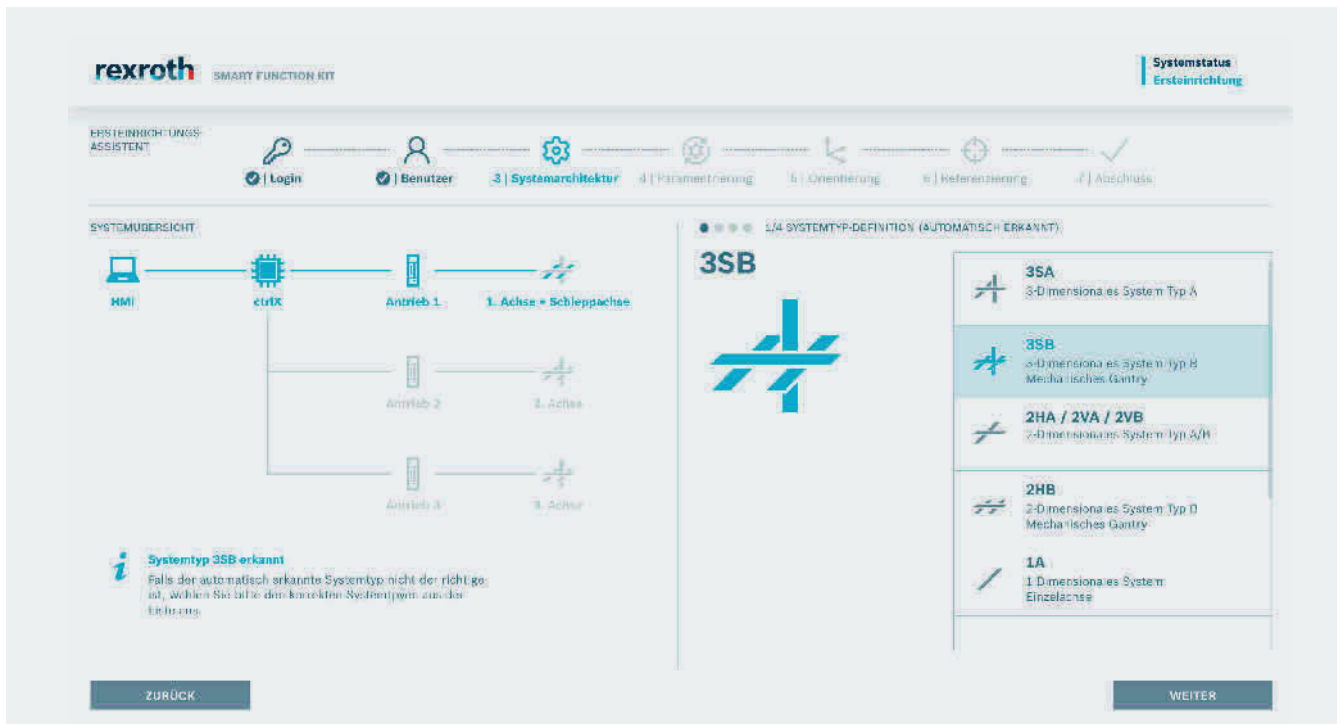
faktor von Bosch Rexroth, der Robotern unterschiedlicher Bauart ein Feingefühl ähnlich einer menschlichen Hand verleiht.

## Intuitive Führung durch den Inbetriebnahmeprozess

Die Auswahl der vorinstallierten Bediensoftware für Pressen und Fügen, Handling- oder Dispense-Aufgaben erfolgt vor Bestellung des jeweiligen Smart Function Kits im Rahmen der digitalen Produktkon-

figuration. Einen zentralen Bestandteil der webbasierten App bildet ein Inbetriebnahme-Wizard, der intuitiv durch den Prozess führt und den zeitlichen Gesamtaufwand auf wenige Minuten verkürzt.

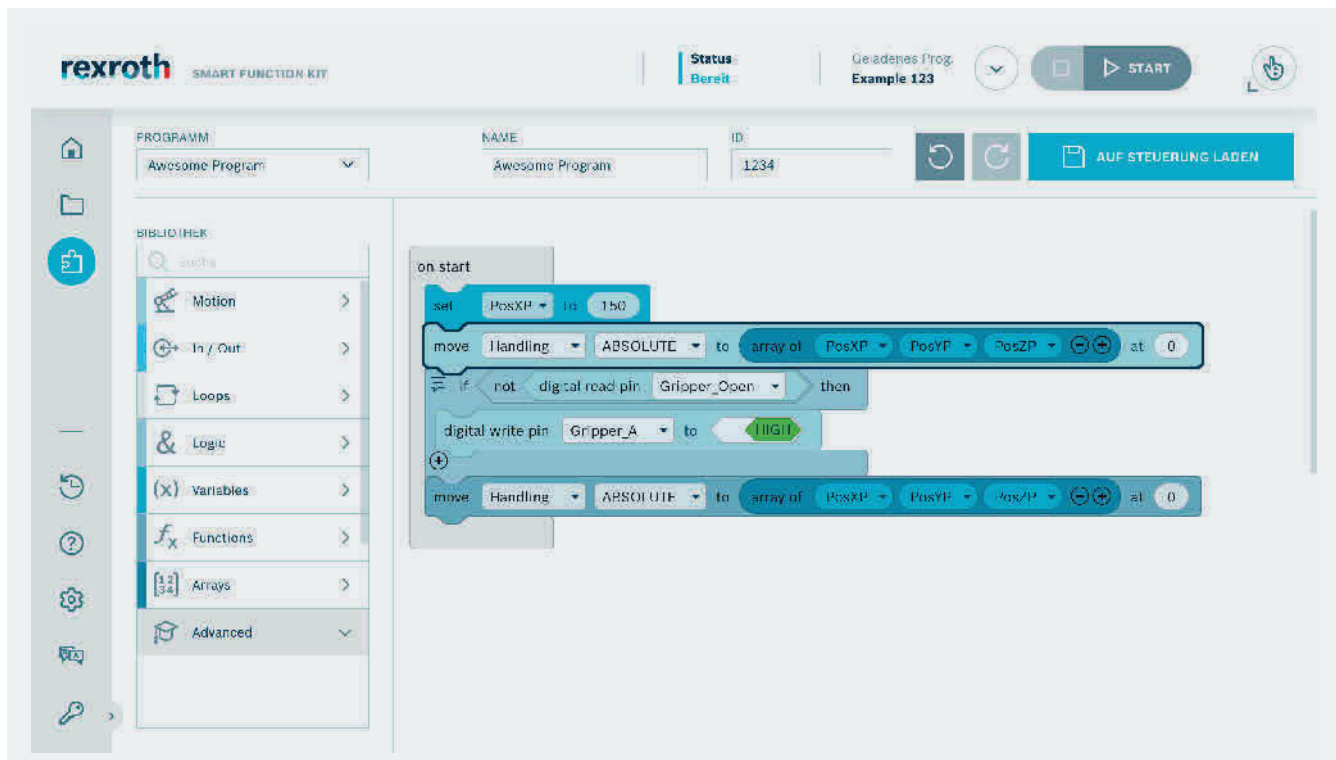
Im Fall der Subsysteme für Handling- oder Dispense-Aufgaben ermittelt der Assistent nach dem Start zunächst die bestehende Systemarchitektur mit allen angeschlossenen Komponenten. In der Software bereits hinterlegte Peripheriegeräte werden automatisch erkannt. Im



**Bild 3:** Bei den Smart Function Kits führt ein Wizard intuitiv und visuell durch die Inbetriebnahme. Foto: Bosch Rexroth AG



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



**Bild 4:** Über das intuitive Web-HMI lassen sich die einzelnen Prozessschritte grafisch mithilfe einer Bausteinbibliothek auswählen und sequenzieren. Foto: Bosch Rexroth AG

nächsten Schritt liest das standardmäßig integrierte Rexroth I/O-Modul das elektronische Typenschild aus und die Achsen parametrieren sich automatisch.

## Bausteine für Bewegungs- und Peripherie-Aufgaben

Auch beim Thema Programmieren bieten die Smart Function Kits Vorteile. Die Definition des gewünschten Handling-, Dispense- oder Fügeprozesses erfolgt visuell. Dazu bietet die grafische Oberfläche verschiedene farblich unterscheidbare Funktionsbausteine für Bewegungs- und Periphe-

rie-Aufgaben. Die einzelnen Stücke werden wie bei einem Puzzle ausgewählt, per Drag-and-drop aneinandergereiht und parametrieren. Typische Funktionen wie das Spülen oder Abstreifen des Dosierkopfes sind ebenfalls als fertige Bausteine hinterlegt. Mögliche Eingabefehler der integrierten Plausibilitätscheck sofort auf.

Mithilfe der Programmbausteine aus der Software-Bibliothek lassen sich auch übergeordnete Steuerungen mit wenigen Klicks anbinden, sodass die jeweiligen Subskripte über eine Programm-ID angesteuert werden können. Weitere Funktions-Bausteine erlauben die Übertragung der Prozessdaten

mittels OPC UA oder REST API zum Zweck der Qualitätsüberwachung und Dokumentation. Ein Dashboard sorgt für die nötige Transparenz im Betrieb.

## Schlüssel für die flexible Produktion

Einfach zu integrierende Subsysteme für typische Automationsaufgaben wie Pressen, Fügen, Handling und Dispensing sind ein Schlüssel für die flexible Produktion. Wie flexibel diese letztendlich ist, hängt in hohem Maße von der Software ab. So zum Beispiel, wenn ein Linearroboter innerhalb einer Anwendung bei Bedarf zwischen Handling und Dispensing wechseln kann. Sind die Subsysteme darüber hinaus vor der Bestellung einfach digital auszulegen und zu konfigurieren, profitieren Produktionsunternehmen und Systemintegratoren von einer besonders kurzen Time-to-Market. ■

## WIE SMARTE SUBSYSTEME DAS ENGINEERING ENTLASTEN

Im Sinne eines schnellen und einfachen Engineerings vereinfacht Bosch Rexroth mit den Smart Function Kits für Handling, Dispensing, Pressen und Fügen den kompletten Engineering-Prozess einschließlich Bestellung.

Dies beginnt mit der geführten Auslegung des mechatronischen Subsystems über das E-Tool Lin-Select anhand zur Aufgabe passender Referenzsysteme, die sich in wenigen Schritten individuell anpassen lassen. Nach der Festlegung der einzelnen Baugruppen folgt im nahtlos angebundenen Online-Konfigurator die Auswahl der Steuerung und Applikationssoftware.

Noch vor der Bestellung im Rexroth Onlineshop stehen die CAD-Daten zum Download bereit. So verkürzt sich der Aufwand in Konstruktion und Einkauf deutlich.

### Kontakt

Bosch Rexroth AG  
97816 Lohr am Main  
Tel. (0 93 52) 18 - 0  
info@boschrexroth.de  
www.boschrexroth.com

## Bremsen für Robotik und Automation

Auf der SPS will Mayr zeigen, wie intelligente, sprechende Bremsen und Kupplungen vorteilhaft zur Prozessüberwachung eingesetzt werden können. Roboterarme müssen bei Not- oder Sicherheitshalt schnellstmöglich zum Stillstand kommen und dürfen nach Abschalten des Stroms oder bei Stromausfall nicht unkontrolliert absinken. Für die nötige Sicherheit sorgen den Angaben zufolge Roboterbremsen der Roba-Servostop-Baureihe. Mit dieser Baureihe hat das Unternehmen Federdruckbremsen für Servomotoren entwickelt, die speziell an die hohen Anforderungen der Robotik angepasst sind. Für die Sicherheit von Mensch und Maschine sind zuverlässige Monitoring-Lösungen wichtig, führt das Unternehmen aus. Bislang waren Servobremsen aufgrund der kleinen Luftspalte oder aber ihrer Einbausituation gar nicht überwachbar. Mayr Antriebstechnik bietet jetzt allerdings eine Lösung für sensorloses Bremsenmonitoring. Das nachrüstbare Modul Roba-Brake-Checker erkennt laut Mayr durch eine erweiterte Analyse von Strom und Spannung die Bewegung der Ankerscheibe und weiß, in welchem Zustand sich die Bremse befindet. Darüber hinaus leistet das Modul neben der Überwachung von Schaltzustand und kritischer Spulentemperatur auch eine präventive Funktionsüberwachung auf Verschleiß, Funktionsreserve und Fehler. In einer erweiterten Ausführung sei das Modul mit einer zusätzlichen Platine mit kundenspezifischer Schnittstelle ausgestattet. Über diese Schnittstelle kann es Daten zu Schaltzeit, Strom, Spannung, Widerstand, Leistung und relativem Anzugsstrom liefern. Damit sind auch Verläufe auswertbar, Auffälligkeiten im Prozess lassen sich schnell erkennen und somit Schlüsse aus komplexen Zusammenhängen ziehen. Und auch Wellenkupplungen des Unternehmens können mehr als Drehmomente übertragen und Wellenversatz ausgleichen, heißt es. Sie bieten Nutzern die Chance, ihre Prozesse überhaupt erst im Detail kennenzulernen. So zum Beispiel die neue drehmomentmessende Wellenkupplung Roba-Drive-Checker. Durch permanente Zustandsüberwachung macht sie Kenngrößen und Auffälligkeiten im Prozess schnell und zuverlässig sichtbar. Aufgrund des M8 Netzwerkanschlusses ist die Integration in Fernwartungssysteme auf einfachste Weise möglich. Dies seien wichtige Vorteile, nicht nur für die vorausschauende Wartung,

sondern auch um Instandhaltungskosten zu senken und technische Defekte und Stillstandszeiten zu reduzieren. Er ist für den Einsatz in industrieller Umgebung konzipiert. Denn er ist nicht nur unempfindlich gegen äußere Störungen, sondern bietet wegen seiner robusten Bauweise mit IP6X Zertifizierung auch eine hohe Funktionssicherheit. Der Roba-Drive-Checker ist neuer Bestandteil im Baukasten der Lamellenpaketkupplung Roba-DS. Kernelemente sind das Multi-Gateway und die Roba-Drive-Checker-Hülse. Weil alle Anschluss-Optionen der Roba-DS Stahllamellenkupplung verfügbar sind, könne diese kostengünstige Prozessüberwachung einfach in viele bestehende



**Die neue drehmomentmessende Wellenkupplung** für permanente Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen. Foto: Mayr Antriebstechnik

Applikationen integriert werden. Darüber hinaus sei auch eine Anbindung an EAS-Sicherheitskupplungen möglich. (Mayr auf der SPS: Halle 4, Stand 278) [www.mayr.com](http://www.mayr.com)

### Zykloidgetriebe – Garanten für Präzision, Dynamik und Effizienz

Die kompakten Präzisionsgetriebe von Nabtesco sind die zukunftsweisende Alternative zu Direktantrieben und Planetengetrieben.

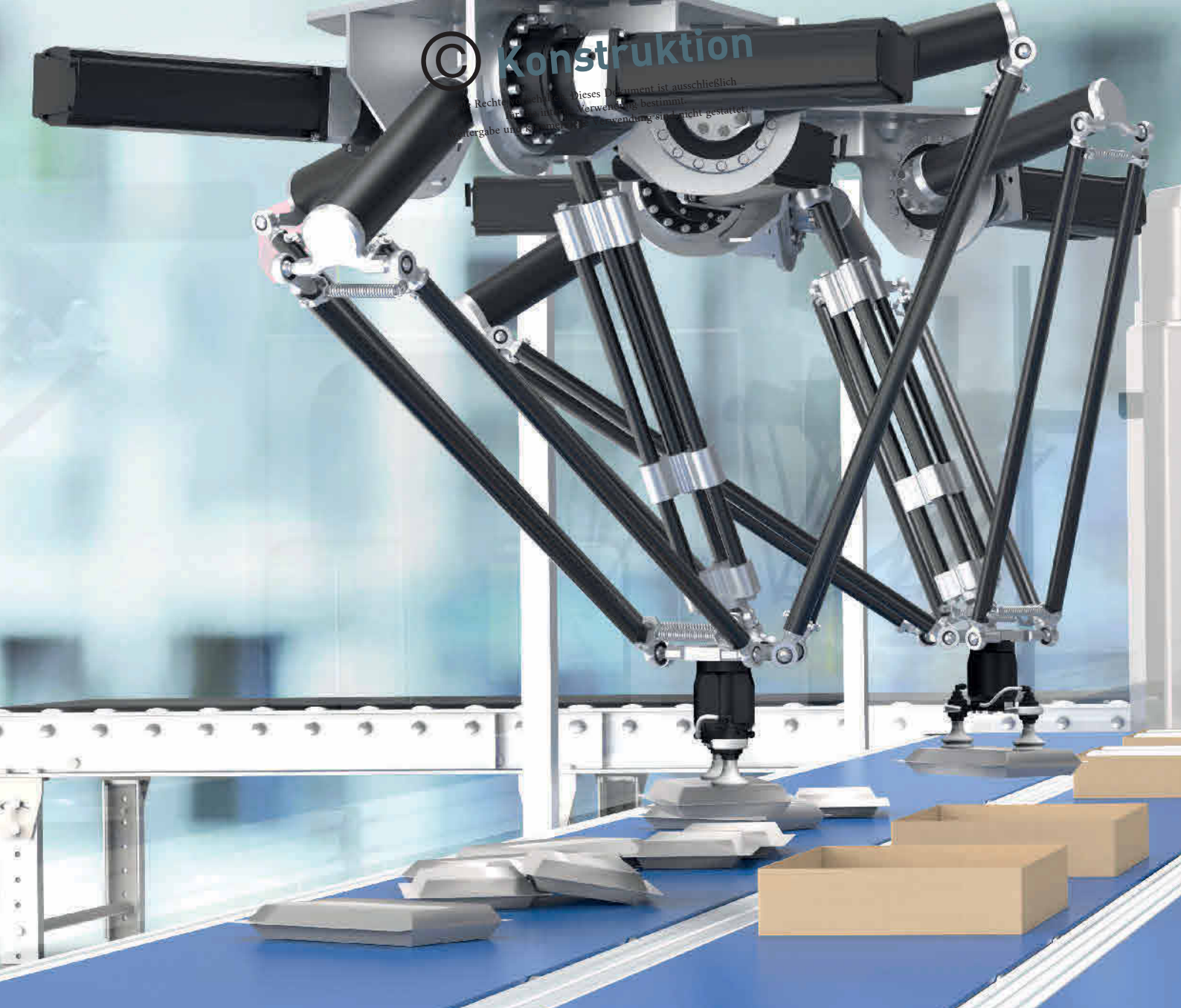
Mehr erfahren: 

**sps**  
smart production solutions  
14. - 16. November | Halle 3A-426

Die Zykloidgetriebe von Nabtesco gelten als Schlüsseltechnologie für effiziente Automatisierungslösungen und zuverlässige Produktionsprozesse. Dank ihrer hohen Präzision und Leistungsdichte lassen sich Bearbeitungszeiten verkürzen, die Produktqualität verbessern, die Produktivität erhöhen sowie Kosten senken. Zudem zeichnen sich Zykloidgetriebe durch eine außergewöhnlich robuste Bauweise aus und haben dadurch eine deutlich längere Lebensdauer als andere Getriebearten. Das macht sie langfristig nachhaltiger und wirtschaftlicher.

[www.nabtesco.de](http://www.nabtesco.de)

# Nabtesco



**Bild 1:** Neugart erweitert sein Sortiment an applikationsspezifischen Getrieben um eine Lösung speziell für Delta-Roboter: das NDF. Foto: Neugart GmbH

Neuentwickeltes Flanschgetriebe

# Dynamik und Präzision für Delta-Roboter-Antriebe

Mehrere hundert Bewegungen pro Minute, mit hoher Präzision und auf kleinem Raum: Delta-Roboter leisten Außergewöhnliches. Das gilt auch für ihre Antriebe. Planetengetriebe bieten dabei besondere Vorteile, was Neugart aktuell mit der anwendungsspezifischen Neuentwicklung NDF aufzeigt.

TEXT: Marcel Geurts





Konstruktion  
Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Jede weitere Verbreitung ist ohne schriftliche Genehmigung der Konstruktiv-Technik GmbH.

**O**b in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie oder in vielen anderen Branchen: Wo schnelle und präzise Handhabungsschritte automatisiert werden, bieten Delta-Roboter eine ideale Lösung. Zum Beispiel in Verpackungsanlagen oder in Logistikzentren übernehmen sie vielfältige Pick&Place-Aufgaben. Sie verpacken Pralinen, sortieren Päckchen oder bestücken Leiterplatten und das hundertfach pro Minute.

Möglich macht dies die charakteristische Kinematik dieses Robotertyps: Alle Achsen seiner Stab-Roboterarme sind parallel angeordnet. Die Enden der in alle Richtungen beweglichen Arme sind durch eine kleine Plattform verbunden, die beispielsweise einen Sauggreifer trägt.

Weil die Antriebe nicht in den Gelenken sitzen, sind die Arme bei einem Delta-Roboter extrem leicht. Es muss also nur wenig Masse bewegt werden, was hohe Geschwindigkeiten und eine große Dynamik mit sehr starken Beschleunigungen ermöglicht.

### Getriebe der Roboterarme sind extrem hoch belastet

Im Gegenzug bedeutet die konstruktive Entlastung der Roboterarme: Die Servomotoren der Hauptantriebe und mit ihnen die Getriebe, die sie mit den Roboterarmen verbinden, sind extremen Belastungen ausgesetzt. Sie müssen hochdynamisch in ständig wechselnder Drehrichtung und dabei extrem präzise arbeiten.

Planetengetriebe, bei denen mindestens drei Zahnräder (Planetenräder) in

einem Hohlrad ein gehärtetes Zentralrad (Ritzel oder Sonnenrad) umkreisen, sind für diese Aufgabe generell gut geeignet. Denn weil bei einem Planetengetriebe mehrere Zahneingriffe (je nach Anzahl der Planeten sechs oder mehr) gleichzeitig stattfinden, bietet dieser Typ den höchsten Wirkungsgrad unter allen Getriebeformen, ein enorm hohes übertragbares Drehmoment in sehr kompakter Bauform und somit eine große Leistungsdichte.

Damit ein Planetengetriebe seine Vorteile auch in Delta-Robotern voll ausspielen kann, sind allerdings einige spezielle Anpassungen in der Konstruktion notwendig. Diese betreffen insbesondere die Punkte maximale Verdrehsteifigkeit (Torsionssteifigkeit), minimales Verdrehspiel, reduzierte Massenträgheit, niedriges Losbrechmoment und ein angepasstes Dichtungskonzept.



**Bild 2:** Als Option kann das NDF mit einer Abtriebswelle aus Edelstahl und einem vernickelten Abtriebsflansch ausgestattet werden. Foto: Neugart GmbH

Wie eine solche leistungsfähige Lösung aussehen kann, zeigt Neugart mit dem neuen Flanschgetriebe NDF. Dieses verfügt zum Beispiel über einen besonders verdrehsteif ausgeführten Planetenträger-Käfig sowie über speziell ausgelegte Planetenräder. Das Verdrehspiel der Getriebeverzahnung ist standardmäßig auf weniger als 1 arcmin begrenzt. Dementsprechend hoch ist die Positioniergenauigkeit des Roboters. Dadurch reduziert sich die Nachregulierung des Systems auf ein Minimum und verkürzt die Taktzeit des Roboters. Darüber hinaus zeichnet sich das NDF im Detail noch durch eine ganze Reihe von weiteren Besonderheiten an der Eingangs- wie an der Abtriebsseite aus.

## Sehr schnelle Richtungswechsel möglich

So verringert in der Eingangsstufe ein Klemmring aus Aluminium die Massenträgheit am Spannsystem. Ein reibungsarmer Radialwellendichtring reduziert zudem das Losbrechmoment. Dieses „Dynamic Antriebssystem“ ermöglicht extrem schnelle Richtungswechsel und entlastet zugleich den Motor. Es ist also weniger Kraft notwendig, um das Getriebe anzutreiben. Damit kann ein kleinerer und leichter Motor eingesetzt werden.

Als weitere Maßnahme sind in der Eingangsstufe des NDF drei Planetenrä-

der verbaut, was sowohl die Massenträgheit niedrig hält als auch die Reibung an der schnelldrehenden Eingangsstufe mindert. Das Getriebe wird thermisch entlastet. Es entsteht weniger Wärme, speziell am sich schnell drehenden Getriebeantrieb. Außerdem werden Planschverluste im Ölbad gesenkt.

## Konstruktiver Aufbau erhöht Torsionssteifigkeit

Den drei Planetenrädern am Eingang stehen vier Planetenrädern in der Abtriebsstufe gegenüber. Dadurch erhöhen sich die Torsionssteifigkeit und das übertragbare Drehmoment deutlich. Neben Steigerungen bei Dynamik, Positioniergenauigkeit und Taktzeit verbessern sich zudem die Regelgüte des Antriebs sowie Schnelligkeit und Präzision beim Anfahren des Zielpunkts.

Ebenfalls abtriebsseitig wird ein spezieller Radialwellendichtring (RWDR) eingesetzt. Dieser ist gezielt auf die schwierige Schmierungsituation ausgelegt, denn die Getriebe-Abtriebswelle dreht sich bei Delta-Robotern applikationsbedingt immer nur um wenige Grad hin und her, was die Schmierung erschwert. Der verwendete RWDR zeigt darüber hinaus ein optimiertes Walk-Verhalten bei schnellen Drehrichtungswechseln und sorgt damit dauerhaft und

zuverlässig für eine optimale Abdichtung der Welle.

Die Flanschabtriebswelle mit Torque Interface verfügt über 12 Gewindebohrungen in M6, der Abtriebsflansch über 16 Bohrungen (jeweils anstelle der standardmäßigen acht). Die Steifigkeit der Schnittstellenverbindung nimmt damit zu und es können höhere Drehmomente übertragen werden.

Das NDF ist in Baugröße 090 und mit insgesamt vier jeweils zweistufigen Übersetzungen zwischen  $i=22$  und  $i=55$  verfügbar.

Als Option ist für das NDF eine lebensmitteltaugliche Öl-Schmierung erhältlich. Der verwendete Schmierstoff ist nach NSF H1 und ISO 21469 zertifiziert. Als weitere Option kann das NDF mit einer Abtriebswelle aus Edelstahl und einem vernickelten Abtriebsflansch ausgestattet werden. Diese erhöhen die Korrosionsbeständigkeit des Getriebes. Dadurch toleriert es auch häufiges Reinigen mit aggressiven Medien, wie es in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie unerlässlich ist.

Eine große Auswahl an Standardgetrieben aus dem Neugart Programm ermöglicht darüber hinaus einen individuell ausgelegten Antrieb für die Drehachse des Delta-Roboters.

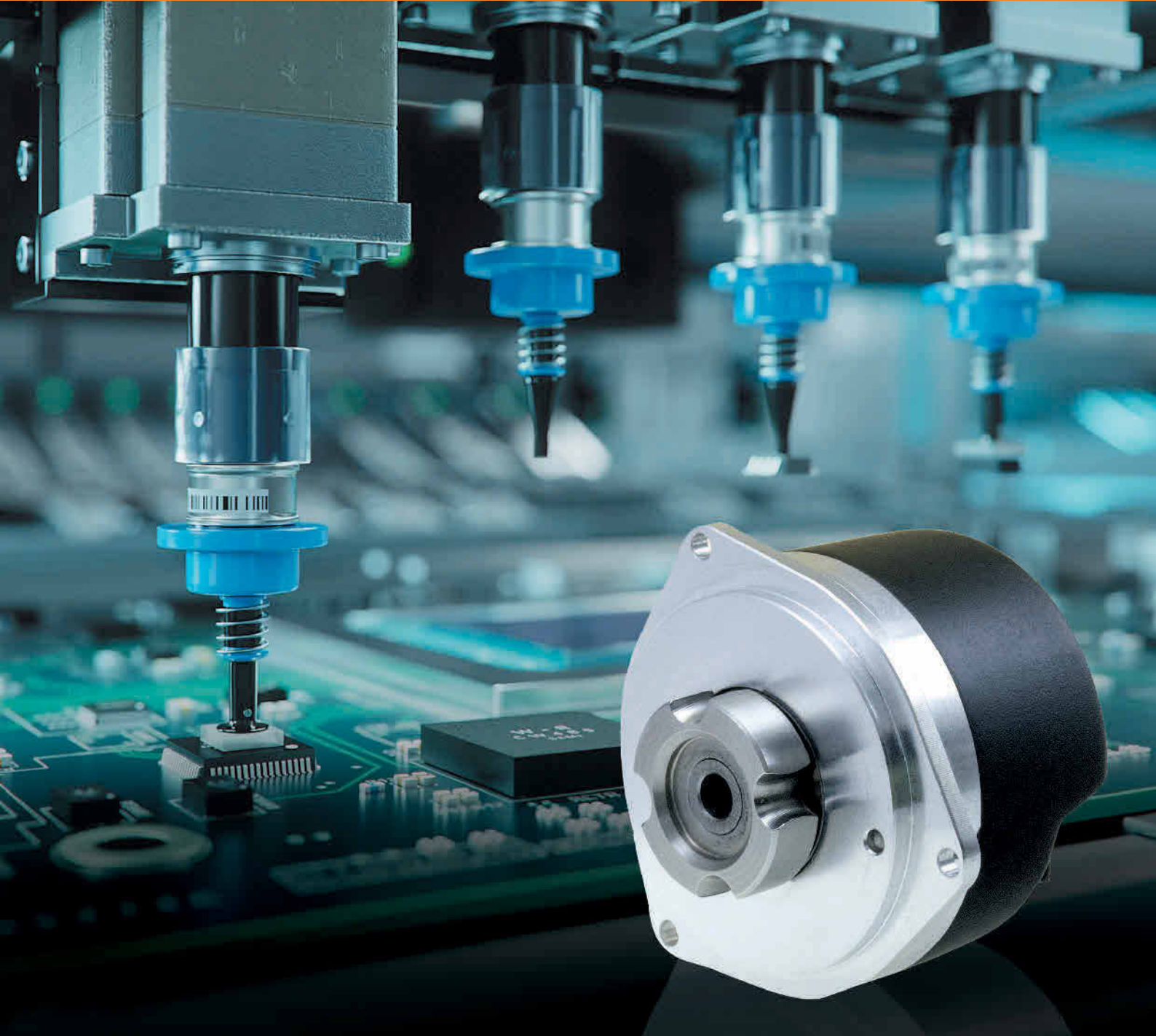
Fazit: Nach dem NGV, dem Planetengetriebe für industrielle Flurförderfahrzeuge, und dem hygienegerechten HLAE stellt Neugart mit dem neuen NDF eine weitere Getriebelösung für einen besonderen Einsatzbereich vor. Es wurde gezielt für den Einsatz in Delta-Robotern entwickelt und zeichnet sich insbesondere durch eine reduzierte Massenträgheit, eine sehr hohe Torsionssteifigkeit, ein minimales Verdrehspiel und ein hohes übertragbares Drehmoment aus. ■



**Marcel Geurts**

ist im Produktmanagement von Neugart tätig  
Neugart GmbH  
77971 Kippenheim  
sales@neugart.com  
www.neugart.com

# Automatisierung



## DREHGEBER

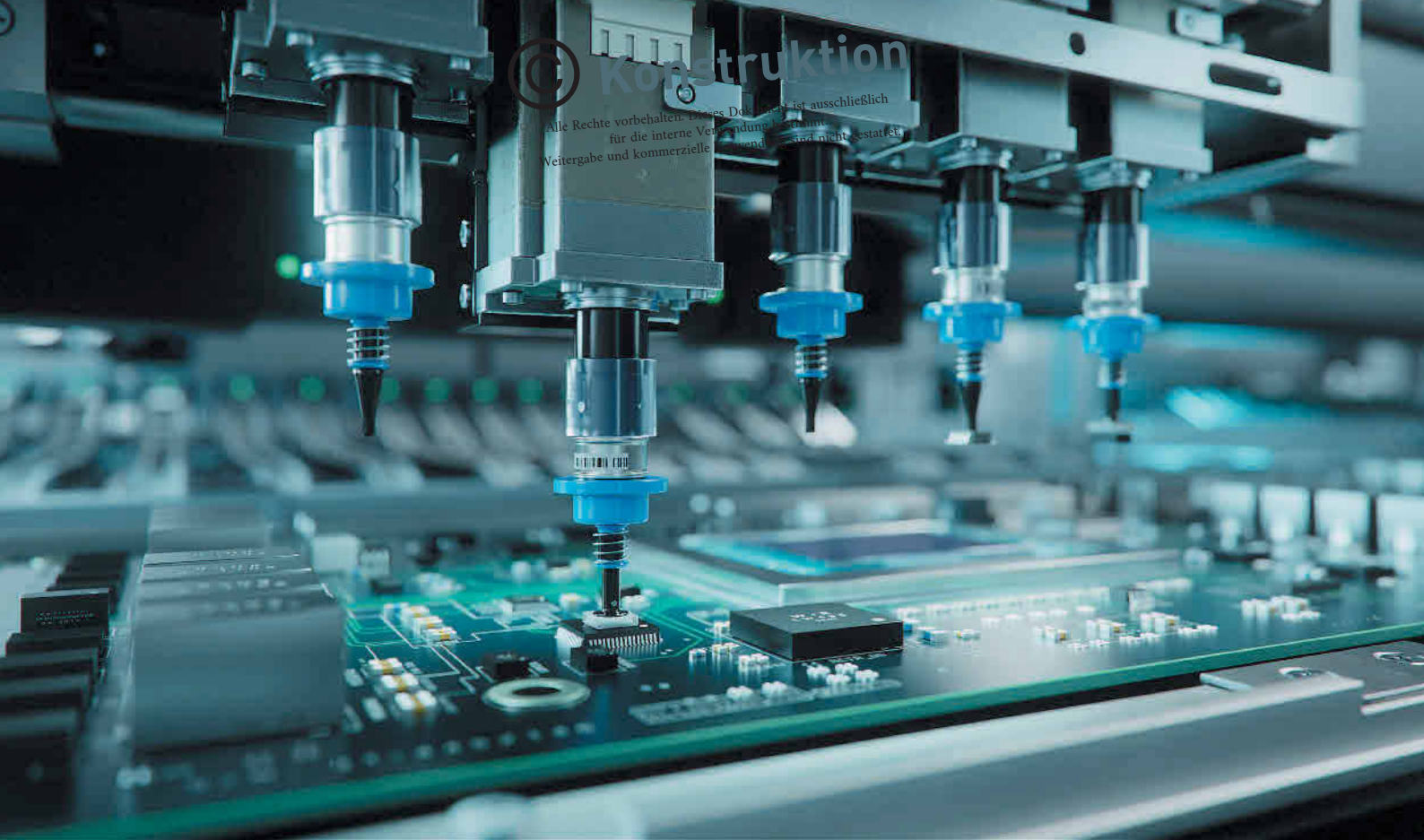
Präzise Positionsdaten für hocheffiziente Antriebe

## JOYSTICKS

Kamerasteuerung im High-End-Bereich

## SICHERHEITSTECHNIK

Kamera für die 3D-Umgebungserfassung



**Bild 1:** Der Drehgeber Acuro AD37 ermöglicht unter anderem, die präzise Platzierung von Bauelementen auf Leiterplatten. Foto: IM Imagery/shutterstock.com

Präzise Positionsdaten für maximale Performance

# Drehgeber ermöglichen die Konstruktion hocheffizienter Servo-Antriebe

Die Anforderungen an Servomotoren steigen. Heute sollen die Antriebe nicht nur leistungsstark, sondern auch energieeffizient und kompakt sein und eine hohe Funktionale Sicherheit besitzen. Hochgenaue Motorfeedback-Encoder von Hengstler ermöglichen es Antriebstechnik-Herstellern, diese Ansprüche zu erfüllen.

**D**er Automatisierungsspezialist aus dem schwäbischen Aldingen versteht sich als Technologie-Partner seiner Kunden: „Unsere Ziel ist es, jede Anwendung zu verstehen und die optimale Lösung dafür zu finden“, beschreibt Johann Bücher die Unternehmens-Philoso-

phie. Als „Director Encoder Strategy“ verantwortet Bücher bei Hengstler die Entwicklung der Inkremental- und Absolutwertgeber. Er weiß, mit welchen Herausforderungen die Produzenten von Servomotoren konfrontiert sind: In den Gesprächen mit Herstellern auf der ganzen Welt kristallisierten sich diese fünf Trends heraus.

## Trend Nr.1: Sensorfusion

Im Bereich Servomotorfeedback hat sich in den vergangenen Jahren sehr viel getan. „Es wird immer mehr Sensorik im Motor verbaut, um dem Anwender so viele Informationen über den Betriebszustand zur Verfügung stellen zu können,

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

wie möglich“, hat Johann Bücher beobachtet. „Der Grund für diese ‚Sensorfusion‘ liegt unter anderem in der Weiterentwicklung der Elektronik, die heute viel leistungsfähiger ist als noch vor einigen Jahren“, berichtet der Encoder-Experte.

Ein gutes Beispiel für Anwendungen mit einer Vielzahl von Sensoren sind laut Bücher Industrieroboter und Cobots. Dort erfolgt über das Drehmoment eine sehr präzise Lageregelung, damit der Roboterarm exakt in die gewünschte Position fährt. Um die präzise Positionierung des Endeffektors trotz der großen Toleranzen im Roboterarm zu erreichen, müssen die Hersteller allerdings eine Vielzahl von Sensoren einsetzen.

Hengstler sorgt nicht nur mit seinen Absolutwertgebern der Acuro-Reihe für die hochpräzise Erfassung der Endeffektor-Position. Bücher und seine Kollegen haben mit Acuro link auch eine Ein-Kabel-Lösung für hochperformante Motion Control-Anwendungen entwickelt. Über Acuro link können unterschiedlichste Daten in Echtzeit parallel über ein einziges Kabel gesendet werden – neben Positionsinformationen also beispielsweise auch die Wicklungstemperatur des Servomotors, der den Roboterarm bewegt. Durch den Einsatz der Ein-Kabel-Lösung benötigen Maschinenbauer zudem 50% weniger Leitungen und Stecker, sodass die Gesamtsystemkosten deutlich sinken. Darüber hinaus wird auch weniger Bauraum beansprucht, sodass die Konstruktion sehr kompakter Maschinen und Anlagen möglich ist.

### Trend Nr. 2: Funktionale Sicherheit

Eine große Rolle bei Servomotor-Anwendungen spielt inzwischen auch das



**Bild 2:** Der Absolutwertgeber Acuro AD58S liefert nicht nur hochgenaue Positionsdaten – er verfügt auch über eine hohe Funktionale Sicherheit. Foto: Hengstler GmbH



**Bild 3:** Aufgrund des 1:3-Konus lässt sich der Acuro AD37 leicht auf der Welle von Standard-Servomotoren montieren. Foto: Hengstler GmbH

Thema „Safety“. „Praktisch alle neuen Maschinen und Anlagen müssen heute ‚funktional sicher‘ sein“, sagt Bücher. Der

Grund liege unter anderem in den gestiegenen Anforderungen: „Maschinen sind inzwischen meist modular aufgebaut, damit der Betreiber sie schnell an sich verändernde Produktionsbedingungen anpassen kann.“ Der modulare Aufbau verträglich sich aber schlecht mit den bisher üblichen Safety-Maßnahmen, zum Beispiel Sicherheitszäunen: Diese machen einen schnellen Umbau der Maschine schwierig bis unmöglich. „Deshalb müssen die einzelnen Komponenten der Anlagen eine möglichst hohe Funktionale Sicherheit aufweisen, um den Wegfall der Zäune zu kompensieren.“ Die Schnittstelle Acuro link entspricht nicht nur den SIL3-Anforderungen, sondern auch denen des Performance Levels e (PLe), Kategorie 3 (nach EN ISO 13849).

Weil Acuro link schon eine sehr hohe Funktionale Sicherheit bietet, müssen alle weiteren Komponenten einer Maschine oder eines Motors nicht zwingend selbst auch funktional sicher sein. Maschinen- und Antriebstechnik-Hersteller können daher aus einer wesentlich größeren Bandbreite an Zubehör wählen, als wenn sie SIL-zertifizierte Bauteile nutzen müssten.

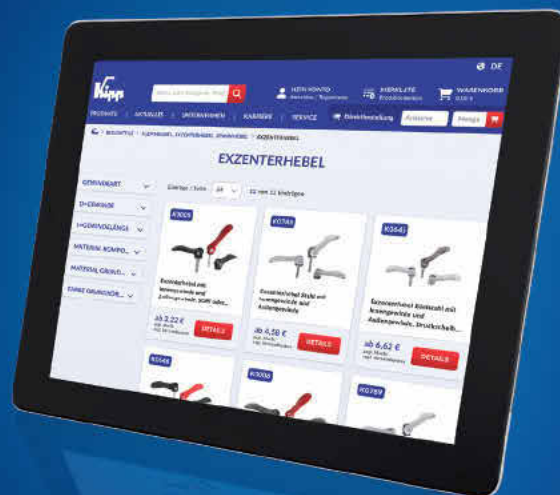
Die Absolutwertgeber Acuro AD37 und Acuro AD58 von Hengstler weisen ebenfalls eine hohe Funktionale Sicherheit auf. Die Encoder wurden speziell für den Einsatz mit Acuro link konzipiert und sind zudem redundant ausgeführt, weil die Signale über zwei voneinander getrennte Kanäle synchron übertragen werden. Fällt einer der Kanäle aus, greift die übergeordnete Steuerung auf den zweiten Kanal zu. Ein zusätzliches Safety-Feature der Drehgeber sind die Diagnose-Tools: Sie ermöglichen der Steuerung bei einem Übertragungsfehler den sicheren Weiterbetrieb des Servomotors.

SPANNTÉCHNIK | NORMELEMENTE | BEDIENTEILE

NEU

## DER NEUE WEBSHOP. JETZT ENTDECKEN.

- Alle Neuheiten auf einen Blick
- Bestellhistorie online einsehbar
- Live-Anzeige der Verfügbarkeiten
- Schnelle und zielgenaue Produktsuche




www.kippwerk.de



**Bild 4:** Die Countex-Kupplung sorgt für sehr gute thermische Isolierung der Welle am Absolutwertgeber Acuro AD37. Foto: Hengstler GmbH

### Trend Nr. 3: Höhere Leistungsdichte

Maschinen werden aber nicht nur modularer, sondern auch kompakter. Antriebstechnik-Hersteller stehen deshalb vor einigen Herausforderungen: „Die Servomotor-Hersteller müssen immer kürzere Antriebe konstruieren, sodass für den Drehgeber oft nur noch ein sehr kleiner Bauraum bleibt“, erklärt Bücher. Gemeinsam mit seinen Kollegen hat er deshalb mit dem Acuro AD37 den kompaktesten Multiturn-Encoder am Markt entwickelt. Der Absolutwertgeber hat eine Bautiefe von 29 mm und einen Gehäusedurchmesser von 38,3 mm.

Am Acuro AD37 zeigt sich, dass hohe Präzision auch auf engstem Raum möglich ist: Der Drehgeber verfügt über eine Auflösung von 20 Bit im Singleturn- und 12 Bit im Multiturn-Betrieb. Darüber hinaus weist der Encoder eine Absolutgenauigkeit von  $\pm 36$  Winkelsekunden und eine Wiederholgenauigkeit von  $\pm 10$  Winkelsekunden auf. Für die leichte Anbindung an Standard-Servomotoren liefert Hengstler den Drehgeber auch in einer Ausführung mit 1:3-Konus. Über diesen lässt sich der AD37 einfach auf die Motorwelle aufstecken – aufwendige Modifikationen sind nicht nötig.

### Trend Nr. 4: Größerer Temperaturbereich

Bei den Servomotorfeedback-Drehgebern geht die Entwicklung zudem in Richtung eines weiteren Temperaturbe-

reichs. „Bisher müssen Servomotoren oft unterhalb ihrer Nennleistung betrieben werden, da sie sich sonst zu stark erwärmen und dadurch die Funktionsfähigkeit des Gebers beeinträchtigen würden“, schildert Bücher die Problematik. „Die Folge ist, dass die Motoren größer gebaut werden müssen, um dieselbe Leistung zu erzielen. Das geht dann auf Kosten des Bauraums.“

Hengstler hat sich deshalb intensiv mit diesem Thema beschäftigt und einfache, aber sehr effektive Lösungen gefunden. So wurde beispielsweise beim Acuro AD37 eine Countex-Kupplung von KTR integriert, die für eine thermische Isolierung zwischen Motorwelle und Geberwelle sorgt. Dadurch können die Motor-Hersteller sehr dynamische Antriebe konstruieren, ohne die Genauigkeit des Drehgebers zu beeinträchtigen. Eine weitere konstruktive Maßnahme ist der Verzicht auf eine Eigenlagerung bei den Absolutwertgebern von Hengstler. So wird bei hohen Drehzahlen weniger Wärme erzeugt und man erzielt eine höhere Leistungsdichte am Antrieb.

Die einfachste Möglichkeit, eine übermäßige Erwärmung des Motors zu verhindern, ist aber eine hochgenaue Regelung. „Bei vielen Servomotoren liefert das Feedbacksystem falsche Informationen an die Steuerung. Sie arbeiten deshalb ineffizient und es entsteht sehr viel Wärme.“ Mit der präzisen Positionsrückmeldung der Absolutwertgeber von Hengstler ließe sich die Effizienz der Antriebe deutlich steigern. Maschinen-Betreiber könnten auf diese Weise ihre Stromkosten stark

senken und nebenbei noch einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. „Die Mehrkosten, die so ein Absolutwertgeber verursacht, haben sich durch den wesentlich geringeren Energieverbrauch der Antriebe schnell amortisiert“, so Bücher.

### Trend Nr. 5: Absolute Messsysteme

Der Sensor-Experte hat in den vergangenen Jahren noch einen weiteren Trend beobachtet: Immer mehr Maschinenbauer verwenden zur Positionserfassung absolute Messsysteme. Das hängt damit zusammen, dass die Anzahl der Achsen bei Werkzeugmaschinen stetig steigt: „Früher hatte man wenige, unabhängig voneinander agierende Achsen – da reichte es, wenn ein Referenzsensor zur Positionsermittlung einmal über die Endlage fährt. Inzwischen ist das Zusammenspiel der Achsen dafür zu komplex.“ Mehr als 80 % der Servomotoren sind deshalb heute mit einem Absolutwertgeber ausgestattet, schätzt Johann Bücher. Den größten Anteil davon machen Multiturn-Encoder wie die AD37 und AD58 von Hengstler aus, die eine besonders hohe Auflösung und damit eine sehr präzise Positionserfassung ermöglichen. ■

#### Kontakt

Hengstler GmbH  
78554 Aldingen  
Tel. (0 74 24) 89 – 0  
info@hengstler.com  
www.hengstler.de



Die Sicherheitslösung aus der konfigurierbaren Kleinsteuerung, dem Sicherheits-Laserscanner und der Security Bridge sorgen bei autonomen mobilen Plattformen für Sicherheit.

Foto: iStock.com/angkhan, Pilz GmbH & Co. KG

## Sicherheitslösung für Autonomous Mobile Robots

# Autonom sicher navigieren

Für frei navigierende mobile Plattformen bietet Pilz Herstellern jetzt eine umfassende Sicherheitslösung nach ISO 3691-4 an. Sie besteht aus einer sicheren Kleinsteuerung mit neuen Funktionalitäten zur Gleichlaufüberwachung und Ansteuerung der Sicherheits-Laserscanner. Zusätzlich bietet eine Industrial Firewall Schutz vor unautorisierten Zugriffen von außen.

**F**rei navigierende mobile Plattformen (Autonomous Mobile Robots, kurz AMR) können Hindernisse oder Personen umfahren, ohne zu stoppen. Die benötigten Sicherheitsfunktionen nach ISO 3691-4 sind daher komplex. Gerade beim Kurvenfahren muss zwischen mehreren Schutzzonen umgeschaltet werden können, damit Kollisionen zwischen Mensch und Maschine ausgeschlossen und Stillstandzeiten vermieden werden.

Wie Pilz mitteilt, kann mit den neuen Funktionsbausteinen zur Gleichlaufüberwachung im Softwaretool PNOZ-Multi Configurator der sicheren Kleinsteuerung PNOZ-Multi der Synchronlauf der Achsen eines AMR zuverlässig überwacht werden. Die Programmfunktion vergleicht die Encoderwerte der zwei Achsen zueinander und ermöglicht damit Rückschlüsse über die Bewegungsrichtung der mobilen Plattform.

Mit dieser Information kann die normativ geforderte sichere Zonenumschaltung dynamisch im Sicherheits-Laserscanner PSEN-Scan realisiert werden, die zweite Komponente der Sicherheitslösung von Pilz. Dies ermöglicht den Angaben zufolge der ebenfalls neue PSENscan Funktionsbaustein im PNOZ-Multi Configurator: Mit der „Zonenwahl-Funktion“ können die bis zu 70 Schutzfelder von PSENscan dynamisch umgeschaltet werden. Bei hoher Geschwindigkeit sind die Schutzzonen größer, um frühzeitig Hindernisse zu erkennen. Bei langsamen Geschwindigkeiten können diese entsprechend kürzer sein, um möglichst keine Stillstände zu generieren.

Die im PSEN-Scan Configurator erstellten Konfigurationen können im Navigationsrechner der frei navigierenden Plattform importiert und verarbeitet werden. Der Sicherheits-Laserscanner PSEN-Scan stellt die Abstandsdaten der Laserstrahlen für die Lokalisierung und Navigation der mobilen Anwendung bereit. Die Datenübertragung erfolgt über UDP (User Datagram Protocol) und kann über marktübliche, offene Schnittstellen über eine

C++-Bibliothek oder ROS (Robot Operating System) abgerufen werden. Das bietet Anwendern Flexibilität und ermöglicht eine einfache Erstellung von Umgebungskarten für die Navigation.

AMRs kommunizieren als frei navigierende Plattformen per Funk mit ihrer Leitsteuerung. Das macht sie für unbefugte Datenzugriffe oder Manipulationen von außen angreifbar. Kartendaten könnten abgefragt, AMRs und damit die laufende Produktion im schlimmsten Fall sogar still gesetzt werden. Die Industrial Firewall SecurityBridge schützt laut Pilz das Netzwerk vor Manipulation und sorgt dafür, dass während des Betriebs niemand unautorisiert auf das interne IT-Netzwerk der mobilen Plattform zugreifen kann. Sie macht das Lösungspaket für Safety und Industrial Security für autonome mobile Roboter von Pilz komplett.

Die Lösung zur Absicherung komplexer AMRs erweitert das bisherige Angebot von Pilz zur Absicherung spurgebundener fahrerloser Transportsysteme (FTS). Außerdem unterstützt Pilz seit Jahren Betreiber von FTS mit einem umfassenden Dienstleistungspaket bei der Umsetzung sicherer FTS-Anwendungen. Das Angebot von Pilz beginnt bei der Entwicklung von Sicherheitskonzepten in der Designphase bis hin zur Inbetriebnahme beziehungsweise auf Wunsch auch bis zur internationalen Konformitätsbewertung, inklusive Schulungsangebot. ■

### Kontakt

Pilz GmbH & Co. KG  
73760 Ostfildern  
Tel. (07 11) 34 09 - 0  
info@pilz.de  
www.pilz.com/de

**Bild 1:** Der Miniatur-Joystick 844 ermöglicht feinste Kamerabewegungen. Foto: ARRI/AG



Joysticks steuern modernste, stabilisierte Remote Heads

# Kamerasteuerung im High-End-Bereich

Das 1917 von August Arnold und Robert Richter gegründete Unternehmen Arri fertigt hochwertige Kamera- und Lichtsysteme für die internationale Filmindustrie. Die FoMa Systems GmbH entwickelt und fertigt in Kooperation mit Arri entsprechende Stabilisierungssysteme. Zur hochpräzisen Steuerung der Stabilized Remote Heads wird die Remotecontrol-Einheit ARRI RCP-2 in Verbindung mit dem Joystick 844 eingesetzt.

**A**rri Stabilized Remote Heads (SHR) sorgen auch unter widrigsten Bedingungen für ein ruhiges und verwacklungsfreies Kamerabild. Aufgrund der Elektronik und der komplexen Regeltechnik werden die Tilt- / Pan- und Rollmotoren so gesteuert, dass keine Verwacklungen auftreten können. Dazu wird die Kamera im SHR montiert, der wiederum an Kränen, Autos oder Schienensystemen befestigt sein kann.

Die Steuerung der Stabilized Remote Heads SRH-3 und SRH-360 erfolgt hochgenau über die Remotecontrol-Einheit Arri RCP-2 und den Fingerjoystick 844 von Megatron. Das Unternehmen aus Putz-

brunn bei München hat sich auf die Fertigung und den Vertrieb mechatronischer Komponenten spezialisiert. Das Produktprogramm umfasst eine Vielzahl von Joysticks für alle erdenklichen Applikationen – die Bandbreite reicht von Modellen für Heavy Duty-Anwendungen über Wippen und 3D-Joysticks bis hin zum kompakten und robusten Fingerjoystick 844.

## Reduzierte Federkraft vereinfacht Bedienung

Der robuste Joystick 844 wurde für Anwendungen mit 1 bis 3 Achsen entwickelt und ermöglicht durch seine Mechanik eine sehr präzise Kamerasteuerung. Megatron liefert den Joystick an FoMa Systems/Arri

in einer Sonderausführung, bei der die Federkraft im Vergleich zur Standardausführung (1,3N) reduziert wurde. Dadurch ist er besonders komfortabel und gleichzeitig hochpräzise zu bedienen. Zusätzlich ist der Aluminiumknopf des Joysticks mit einem Softtouch-Coating versehen: Diese Beschichtung sorgt auch bei Minusgraden für eine angenehme Handhabung.

Der Joystick 844 zeichnet sich durch eine kleine Einbautiefe (<20 mm) und eine hochwertige Mechanik aus, die vertikal wirkenden Kräften von bis zu 400 N problemlos standhält. Durch den Einsatz modernster verschleißfreier Hall-Sensoren ist zudem eine lange Lebensdauer von bis zu 10 Mio. Zyklen (5 Mio. im 3-Achsbetrieb) gewährleistet. Als weitere Beson-



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt. Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



**Bild 2:** Mit dem Remote Control Panel RCP-1 lassen sich die Bewegungen der Stabilized Remote Heads exakt steuern. Foto: ARRI AG

derheit bietet der Joystick für nicht-redundante Ausführungen Mittenabgriff und Mittendetektion als Ausgänge.

## Gelenk kompensiert vertikale Stöße

Die Robustheit des Miniatur-Joysticks 844 beruht auf dem Kugelpfannengelenk, auf das die auf den Schaft wirkenden Kräfte abgeleitet werden. Das Gelenk kompensiert nicht nur vertikale Stöße, sondern widersteht auch den Zieh- und Scherkräften, die bei der Bedienung auftreten können. Diese Eigenschaften machen den Joystick 844 zum idealen Bedienelement für alle Anwendungen, bei denen eine erhöhte mechanische Stabilität gefordert ist. Für den Serienbedarf ist der Fingerjoystick mit vielen verschiedenen Knaufvarianten, sowie einer individuellen Kabelkonfektionierung erhältlich.

Die Zusammenarbeit zwischen Megatron und FoMa Systems begann 2019.

„Über das Kontaktformular auf unserer Website erhielten wir eine Anfrage und schickten ein erstes Muster“, erinnert sich Dr. Christoph Haude, der bei Megatron das Produktmanagement für den Bereich Joysticks & Sensorik leitet. Auf einer Messe in Großbritannien stellte FoMa Systems dann das Fernsteuergerät für die SRH samt Joystick vor und erhielt viel positives Feedback von den Besuchern. Die Profis aus der Filmbranche hatten nur einige wenige Optimierungsvorschläge, die umgehend umgesetzt wurden. Dazu zählte die bereits erwähnte geringere Stärke der Rückstellfeder.

## Sehr hohe Anforderungen in der Filmindustrie

Die Anforderungen der Filmindustrie sind außergewöhnlich hoch. Deshalb kommt der Optimierung des Joysticks für diese Applikation eine besondere Bedeutung zu. Für Megatron ist die kundenspezifische Anpassung selbstverständlich: Jedes Produkt wird auf Wunsch bereits ab kleinen Stückzahlen in Funktion, sowie mechanischen und elektrischen Schnittstellen so modifiziert, dass es sich optimal in die Anwendung einfügt und die bestmögliche Performance bietet. Möglich wird dies durch eine große Variantenvielfalt, modulare Produktkonzepte und eine flexible Organisation. Darüber hinaus verfügen die technischen Vertriebsingenieure über ein hohes Maß an Fachwissen und umfangreiches Know-how aus tausenden erfolgreich realisierten Projekten.

Das Angebot von Megatron reicht aber noch weiter: „Wir finden nicht nur das bestmögliche Produkt hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit, sondern kümmern uns auch proaktiv um den Bedarf unserer Kunden“, so Geschäftsführer Thomas Volkwein. Zu den optionalen Services gehören beispielsweise das Vorhalten von Sicherheitsbeständen und das engmaschige Tracking der Marktsituation.

Beim Joystick 844 stimmte nach der Optimierung alles. Mit ihm lässt sich der Stabilized Remote Head nicht nur vertikal um maximal +60°...-110° schwenken, sondern auch horizontal um bis zu 540° ±270°. Durch Drehen des Joystick-Knaufs kann die vom SRH getragene Kamera zusätzlich um die Längsachse (y-Achse) gedreht werden. Möglich sind aber auch andere Konfigurationen. Der Anwender kann die Steuerung und damit die Funktion des Joysticks frei programmieren. Aufgrund der drei Freiheitsgrade, der exakten Bedienbarkeit und der außerordentlichen Robustheit eignet sich der Joystick 844 von Megatron für nahezu alle anspruchsvollen Film- und Broadcast-Anwendungen. ■

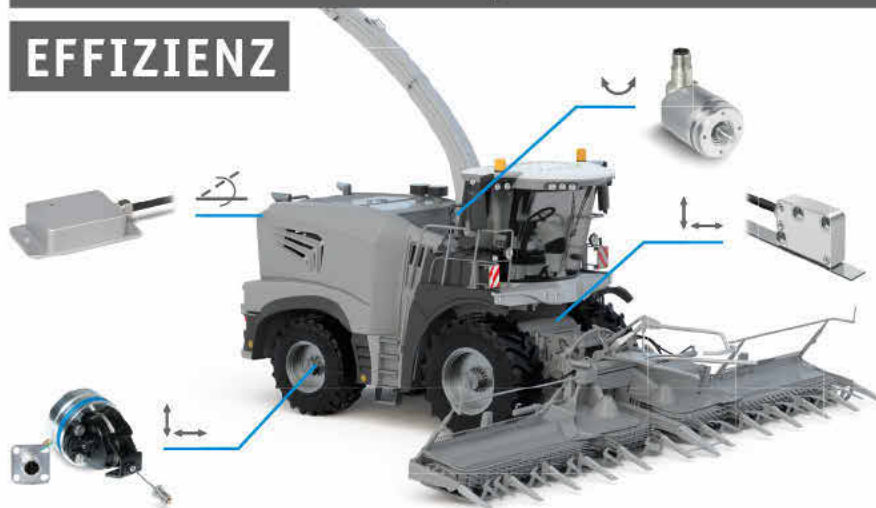
### Kontakt

Megatron Elektronik GmbH & Co. KG  
85640 Putzbrunn  
Tel. (0 89) 4 60 94 - 0  
info@megatron.de  
www.megatron.de

## SENSOREN FÜR MOBILE AUTOMATION

## AUTOMATISIERUNG, DIGITALISIERUNG,

## EFFIZIENZ



PURE.MOBILE

CANopen

CANopen  
safety easy to use



SAE J1939

AGRITECHNICA, Halle 15, Stand H42  
sps, Halle 4A, Stand 301

SIKO GmbH, www.siko-global.com



Bild 1: Mit der 3D-Kamera werden auch Hindernisse oberhalb der Scanfeldebene eines Sicherheitslaserscanners erfasst und Kollisionen vermieden. Foto: Sick

Aufbruch in die dritte Dimension der industriellen Sicherheitstechnik

# Kompakte 3D-Kamera ermöglicht sichere 3D-Umgebungserfassung

Die Dynamik bei Produktions- und Logistikprozessen ist hoch, die Forderungen nach innovativen Sicherheitslösungen steigen. Bisherige 2D-Lidarsensoren werden zur flächigen Gefahrenbereichsabsicherung eingesetzt. SafeVisionary2 erweitert zusätzlich Sicherheitsanwendungen durch ein dreidimensionales Schutzfeld. Die Erweiterung um die dritte Dimension ermöglicht neue und produktivere Sicherheitskonzepte.

**D**ie Vermeidung von Kollisionen und ein schneller Wiederanlauf erhöht die Verfügbarkeit von Automated Guided Vehicles (AGVs) und mobilen Robotern. Mit safeVisionary2 werden in Fahrtrichtung auch Hindernisse oberhalb der Scanfeldebene eines Sicherheitslaserscanners sicher erfasst und Kollisionen vermieden. Im Gegensatz zu 2D-Anti-Kollisions-Lösungen lässt sich mit safeVisionary2 in vielen Fällen ein automatischer Wiederanlauf umsetzen. Aufgrund der Seitenabsicherung erhöht sich zudem die Sicherheit bei Dreh- und Wendemanövern des Fahrzeugs nach Be- und Entladevorgängen. Außer den Sicherheitsfunktionen lassen sich in mobilen Anwendungen zusätzlich die 3D-Umgebungsinformationen für eine präzise Lokalisierung und Navigation der Fahrzeuge nutzen. Dafür stehen die Messdaten via Gigabit-Ethernet zur Verfügung.

## Herausforderung: kollaborative Umfelder absichern

Im Umfeld kollaborativer Roboter ist das Spektrum menschlicher Bewegungsabläufe eine besondere Herausforderung für die Absicherung. Aufgrund der sicheren 3D-Umgebungserfassung mit safeVisionary2 werden auch der Oberkörper und die oberen Gliedmaßen von Personen und damit Risiken wie das Übergreifen oder Überbeugen in den Gefahrbereich sicher erkannt. So lassen sich in vielen Fällen Sicherheitsabstände reduzieren. Die Kamera verfügt bei der Kollaboration zwischen Menschen und Robotern über einen weiteren, entscheidenden Vorteil: Der kraft- und leistungsbegrenzte Modus von Robotern ist in der Regel auf die zulässigen Kraftwerte für Arme und Hände ausgelegt, während der Kontakt von empfindlichen Körperregionen wie Gesicht, Schädel und Stirn zu vermeiden sind. Dadurch wurde ein Stillstand des Roboters bei unmittelbarer Nähe des Personals notwendig. safeVisionary2 ermöglicht eine erweiterte Absicherung des Roboterarbeitsbereiches auf menschlicher Kopfhöhe. Der Stillstand ist nur mehr dann notwendig, wenn eine Person ihren Kopf auch tatsächlich in den Arbeitsbereich bewegt.

Bei diesem Anwendungsszenario eignet sich eine weitere Nutzung der Sen-



**Bild 2:** Funktionale Sicherheit in 3D bietet safeVisionary2 – laut Sick die weltweit erste 3D-Time-of-Flight-Kamera mit Sicherheitszertifizierung PL c nach EN13849. Foto: Sick

sordaten besonders gut, weil die Kamera vom Detektieren leerer Paletten bis hin zur Objektlokalisierung und -vermessung viele Aufgaben übernimmt. Mit dieser Kombination von Sicherheit und Automatisierung reduziert sich der Implementationsaufwand für zusätzliche Komponenten – Anwender sparen Kosten und Zeit.

## Mehr Sicherheit für mobile Serviceroboter

Kommt ein mobiler Serviceroboter in unstrukturierten Umgebungen wie einer Shopping-Mall zum Einsatz, erfordert dies eine besonders sorgfältige Risikobeurteilung. Denn dort können Hindernisse wie Treppen oder Rampen für den Roboter potenzielle Absturzgefahren bergen. safeVisionary2 ermöglicht neben der Auswertung von Schutz- und Warnfeldern für die Fahrwegabsicherung auch die Absicherung von Absturzkanten. Einen echten Mehrwert bieten die präzisen 3D-Messdaten, beispielsweise für eine konturbasierte Navigation und für weitere Automatisierungsaufgaben. ■

### Kontakt

Sick AG  
79183 Waldkirch  
Tel. (0 76 81) 2 02 – 0  
info@sick.de  
www.sick.com

# EUCHNER

More than safety.



Das Multitalent für die  
Schutztür – **MGB2 Modular**

Hochfunktionales Schutztürsystem mit modularem Aufbau für maximale Flexibilität

- ▶ Türschließsystem mit Zuhaltung, durch Module erweiterbar
- ▶ Modularer Aufbau für maximale Flexibilität beim Einsatz
- ▶ Erweiterungsmodul MCM mit 2 oder 4 Slots für noch mehr Funktionen
- ▶ Kategorie 4/ PL e nach EN ISO 13849-1, SILCL 3 nach EN 62061
- ▶ Vielseitige Vernetzungsoptionen – Busmodule für
  - ▶ PROFINET / PROFIsafe
  - ▶ **NEU:** EtherCAT / FSoE
  - ▶ **NEU:** EtherCAT P / FSoE

SPS Nürnberg

14. – 16.11.2023 · Halle 7 / Stand 280

## Inline-Farbmessung an der Extruderlinie

Bei der Veredelung von Polyamid-Kunststoff mittels Extrusion und Stranggranulierung ist absolute Farbtreue notwendig, um hohe Qualität zu erreichen. Wie Micro-Epsilon mitteilt, werden die Farbsensoren Color-Sensor CFO dabei zur zuverlässigen Farbprüfung des Granulats eingesetzt. Um Ressourcen und Kosten einzusparen, erfolgt diese Prüfung bereits sehr früh im Prozess.

Die Veredelung von Polyamid-Kunststoff erfolgt mittels Extrusion und Stranggranulierung. Es entstehen verschiedene Produktgruppen, die nach ihren Spezifikationen einen bestimmten Farbwert einhalten müssen. Zum Erhalt der Lieferfähigkeit wird aktuell häufig auf Rohstoffe verschiedener Hersteller und Qualitäten zurückgegriffen. Besonderer Prüfbedarf besteht daher, wenn das Rohmaterial nachgefärbt und Mischverhältnisse angepasst werden müssen, aber auch bei möglichen Störungen im Prozess. Dabei können die Farbwerte des Granulats verändert sein. Die Folge ist die Produktion eines nicht spezifikationsgerechten Produktes, welche einen wirtschaftlichen und energetischen Verlust verursacht.

Zur Detektion der schwankenden Farbwerte am Granulat wird daher ein True Color Farbsensor der Serie Color-Sensor CFO200 von Micro-Epsilon eingesetzt. Der Sensor misst die Farbe des Granulats durch ein Schauglas im Saugkasten der Fertigproduktförderung und erkennt kleinste Farbabweichungen ( $\Delta E < 1$ ) zum angelernten Referenzwert zuverlässig, führt das Unternehmen aus. Die erfassten Werte lassen sich anschließend direkt vom Sensor über einen Signalausgang an eine übergeordnete Steuerung weiterleiten.

(Micro-Epsilon auf der SPS: Halle 7A, Stand 130)

[www.micro-epsilon.com](http://www.micro-epsilon.com)



Der Sensor Color-Sensor CFO200 misst die Farbe des Granulats durch ein Schauglas im Saugkasten der Fertigproduktförderung. Foto: Micro-Epsilon



Die neue 3D-Kamera AM-T100: Sie ist Teil des IIoT-Demonstrators, mit dem Schmersal beispielhaft zeigt, wie sich das Industrielle Internet der Dinge umsetzen lässt. Foto: Schmersal

## Demonstrator zeigt Möglichkeiten von IIoT auf

Die Schmersal Gruppe will auf der SPS zeigen, wie sich das industrielle Internet der Dinge (IIoT) auf der Feldebene beispielhaft umsetzen lässt. Die Komponenten und Systeme des Unternehmens ermöglichen den Angaben zufolge eine umfassende Maschinenkommunikation sowie die ganzheitliche Vernetzung von der Feldebene bis in die Cloud.

Dies werde etwa anhand eines IIoT-Demonstrators verdeutlicht: Er besteht aus einem Förderband über dem zwei kompakte 3D-ToF-Kameras installiert sind. Er zeige beispielhaft die Möglichkeit, die von den Kameras, der Sicherheitssteuerung Protect-PSC1 und einer SPS erfassten Daten und Informationen über OPC UA an ein Edge Gateway und bei Bedarf an eine Cloud-Infrastruktur weiterzuleiten – beispielsweise als Ausgangsbasis für die Ermittlung produktionsbezogener KPIs (Key Performance Indicators).

Integraler Bestandteil des IIoT-Demonstrators ist die 3D-Kamera AM-T100, die Schmersal Anfang des Jahres erstmals vorgestellt hat. Der integrierte Sony DepthSense-Sensor nutzt die Time-of-Flight (ToF)-Technik, das heißt die Laufzeitmessung von ausgesendeten Lichtimpulsen im Infrarotbereich (850 nm), die von den zu erfassenden Objekten reflektiert werden. Auf diese Weise entsteht, so das Unternehmen, mit hoher Geschwindigkeit ein millimetergenaues 3D-Abbild der Szene, das als Punktwolke vorliegt. So kann die Kamera beispielsweise die Position und die Abmessungen eines Objekts bestimmen oder den Füllstand eines Behälters erfassen.

(Schmersal auf der SPS: Halle 9, Stand 460)

[www.schmersal.com](http://www.schmersal.com)

## Virtuelle Zwillinge und Robotik

Die SPS 2023 steht für Dassault Systèmes ganz im Zeichen der Robotik und Automatisierung. Das Unternehmen zeigt nach eigenen Angaben, wie kontinuierliche Digitalisierung mithilfe von Virtual Twin-Technik die Wettbewerbsfähigkeit von Fertigungsunternehmen steigert.

Roboter-basierte Automatisierung in Verbindung mit künstlicher Intelligenz sei ein Kernelement, um bei internationaler Konkurrenz bestehen zu können. Eine durchgängige digitale Abbildung der Fertigungsprozesse auf der 3D-Experience Plattform von Dassault Systèmes bereite den Weg für eine effiziente und nachhaltige Entwicklung und Produktion.

Mit zwei Showcases wird mit den Partnern Omron und Ecosphere demonstriert, wie mit der 3D-Experience Plattform und dem Einsatz eines virtuellen Zwillings Projekte umgesetzt werden, die die digitale Transformation vorantreiben.

Im Mittelpunkt des gemeinsamen Showcase mit Omron steht der virtuelle Zwilling einer vollständig automatisierten und flexiblen Produktionslinie inklusive Robotik-Handlingsautomaten und mobilen Robotern. Der Einsatz der Virtual-Twin-Technik von Dassault Systèmes verbessert die Flexibilität und Effizienz durch Robotersimulationen und den Entwurf neuer Arbeitsabläufe. Ganze Prozessketten können noch vor der eigentlichen Fertigung des Produkts virtuell abgebildet, getestet und optimiert werden. So lassen sich Robotersysteme in kurzer Zeit individuell programmieren.

Gemeinsam mit dem Maschinenbauunternehmen Ecosphere veranschaulicht Dassault Systèmes anhand der ECO-Pressending Applikation einen Showcase rund um eine modulare Roboter-Handlingszelle. Diese kommt als Automatisierungslösung in den Bereichen Stanzen, Pressen und Umformen zum Einsatz. Das Besondere: Die Anwendung kann sowohl als Handarbeitsplatz als auch vollautomatisiert betrieben werden und erleichtert Fertigungsunternehmen den Einstieg in die Automatisierung. Der Einsatz der 3D-Experience Plattform ermögliche einen Überblick über den Modulbaukasten des Unternehmens sowie die verschiedenen Optionen der Applikationen, sodass bereits während der Konstruktion und Inbetriebnahme potenzielle Probleme erkannt werden. Dadurch wird die Durchlaufzeit von Projekten erheblich verkürzt, heißt es weiter.

(Dassault Systèmes auf der SPS: Halle 6, Stand 108/110)

[www.3ds.com](http://www.3ds.com)



Mit Ecosphere veranschaulicht Dassault Systèmes einen Showcase rund um eine modulare Roboter-Handlingszelle. Foto: Ecosphere



Auf der SPS will Nabtesco Antriebskonzepte für alle Anwendungen vorstellen, unter anderem eine Antriebseinheit für fahrerlose Transportsysteme.

Foto: Nabtesco

## Antriebseinheit für FTS

Für mobile Automatisierungslösungen bietet Nabtesco eine vollintegrierte und dezentrale Antriebseinheit mit Mecanum-Rad, die hohe Präzision mit maximaler Robustheit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit verbindet und damit den Anforderungen an moderne fahrerlose Transportsysteme (FTS) gerecht wird. Die verwendeten RV-W Mecanum-Radantriebe erlauben laut Nabtesco auch auf kleinstem Raum hohe Drehmomentleistungen und verfügen über eine integrierte Hauptlagerung, die die auftretenden Radial- und Axialkräfte optimal aufnehmen. Wegen der Zykloidgetriebe arbeitet das kompakte und robuste Antriebskonzept zudem völlig wartungsfrei, führt das Unternehmen aus. Alle erforderlichen Komponenten seien in der Radeinheit untergebracht. Das biete dem Anwender maximale Gestaltungsfreiheit bei der Konstruktion von FTS-Lösungen.

(Nabtesco auf der SPS: Halle 3A, Stand 426)

[www.nabtesco.de](http://www.nabtesco.de)

SPS in Nürnberg  
14. - 16. November 2023  
Halle 1 Stand 224



## Hol das Maximum heraus

Unsere Ultra Performance Planetengetriebe GPX UP bieten ein Optimum aus Leistung, Drehmoment, Wirkungsgrad, Wärmeentwicklung und Lebensdauer. Die zusätzliche Funktion der Rückdrehbarkeit, auch bei mehrstufigen Getrieben, ermöglicht den Einsatz in Force-Feedback-Anwendungen oder im Anlagenbau.

Mehr Informationen unter:  
[www.maxongroup.de](http://www.maxongroup.de)

Precision Ceramic Components

**maxon**

## Mehr Leistung für den Dauerbetrieb

Zur SPS hat BMR ein Update für den Frequenzrichter SFU200 entwickelt: Der SFU0200X bietet mit 510 VA im Vergleich zu 480 VA bisher ein Plus an Power für den Dauerbetrieb und als Reserve im Pulsastbetrieb – und das bei Verzicht auf den außen liegenden Kühlkörper. Diese Innovation sorgt, wie BMR ausführt bei der Tischgerätvariante sowie beim SSE-Schaltschrankgerät durch kompaktere Abmessungen als beim Vorgänger für Platzersparnis und somit neue Einsatzmöglichkeiten. Ein optional verfügbarer Synchrongleichrichter im Netzteil reduziert die Erwärmung und erhöht die Effizienz und den Wirkungsgrad, heißt es weiter.

Für hohe Flexibilität bei der Einbindung in die spezifischen Applikationen vor Ort stehen jetzt jeweils vier frei parametrierbare Ein- und Ausgänge zur Kommunikation mit der Steuerung zur Verfügung. Bei den Ausgängen schalten drei davon mit einem echten aktiven 24 V-Pegel und steuern direkt, sprich ohne weitere Beschaltung, die SPS Eingänge an.

Ein weiteres Feature: Die Maschinenbetreiber vor Ort können mit dem neuen +10 V-Referenzausgang mittels Poti individuelle Drehzahl-Sollwertvorgaben einfach und ohne weitere externe Komponenten realisieren, so BMR.

*(BMR auf der SPS: Halle 4, Stand 2023)*

[www.bmr-gmbh.de](http://www.bmr-gmbh.de)



Der SFU0200X bietet mit 510 VA ein Plus an Power für den Dauerbetrieb. Foto: BMR



Die Spannungsmodule PSM24-3G.1 und PSM24-N.1 für das I/O-System Excom. Foto: Turck

## IloT-Spannungsversorgung für I/O-System

Turck erneuert die Spannungsversorgungen seines I/O-Systems Excom mit zwei Varianten für IloT-Daten. Das PSM24-3G.1 versorgt den Angaben zufolge Excom-Systeme in Zone 2/22 mit Spannung, während das PSM24-N.1 Excom-Systeme im sicheren Bereich (N-System) versorgt. Dabei bleibt die Kompatibilität zu den bisherigen Spannungsmodulen gewahrt. Auch Versorgungsredundanzen können kombiniert aus alten und neuen Modulen aufgebaut werden. Die zusätzlichen IloT-Daten der neuen Module werden über die Ethernet-Gateway-Module kommuniziert. Mit den neuen Modulen stellt Turck nach eigenen Angaben die Einsatzfähigkeit des I/O-Systems auf lange Zeit sicher. Die Kompatibilität zu bisherigen Spannungsmodulen und Excom-Systemen erlaube die Ertüchtigung existierender Excom-Installationen mittels IloT-Funktionen. Über das Ethernet-Gateway geben die Systeme Diagnosedaten nach der Namur NE107 aus. Auch auf Prozessdaten kann über einen parallelen Lesezugriff zugegriffen werden, ohne die Integrität der Prozesskommunikation anzutasten. Aus diesen Daten lassen sich Predictive-Maintenance-Systeme speisen oder Monitoring- und Optimierungsmaßnahmen (M+O) ableiten. Excom gelte als das kompakteste I/O-System unter den redundanten Systemen für hochverfügbare Applikationen und Ex-Bereiche.

*(Turck auf der SPS: Halle 7, Stand 250)*

[www.turck.com](http://www.turck.com)

## Aktuelle Modelle von Mini- und Flachmotoren

Servotecnica, Anbieter von mechatronische Antriebssystemen und kompakten Schleifringen, stellt sein Portfolio auf der SPS vor – darunter die aktuellen Modelle von Mini- und Flachmotoren.

Wie das Unternehmen ausführt, eignen sich die sehr kompakten Motoren für verschiedenste Anwendungen von Hightech-Branchen wie der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt oder der Robotik. Sie kommen in der Medizintechnik zum Einsatz ebenso wie im Maschinenbau, in automatisierten Fertigungsstraßen und Produktionslinien. Mikromotoren von Servotecnica sind oft auch Bestandteil von elektronischen oder optischen Präzisionsinstrumenten wie Mikroskope und Messgeräte, um hochgenaue Positionierungen auszuführen – etwa als Servo für den Autofokus in Kameras. Bestimmte Mini-Modelle werden sogar dazu verwendet, Zeiger in Quarzuhren anzutreiben.

Auf der Messe in Nürnberg zeigt das Unternehmen beispielsweise auch die bürstenlosen Flachmotoren der Serie SVTM F. In Verbin-

dung mit den Planetengetrieben der Baureihe Cosmos sorgen sie laut Servotecnica auch in anspruchsvollen Systemen für präzise und kraftvolle Bewegung, mit ebenso hohen wie wohldosierten Drehmomenten.

Auf der SPS ist das Unternehmen mit einem Gemeinschaftsstand mit dem österreichischen Unternehmen Flux vertreten; die beiden Unternehmen verbindet eine Vertriebspartnerschaft.

Die von Flux entwickelten und patentierten GMI-Encoder basieren auf dem sogenannten Giant-Magneto-Impedance-Effekt und bieten den Angaben zufolge für viele anspruchsvolle Anwendungen eine Lösung, bei denen konventionelle Encoder an ihre Grenzen stoßen. Die Produktreihe Inductive Rotary Encoder ergänzt das GMI-Programm von Flux.

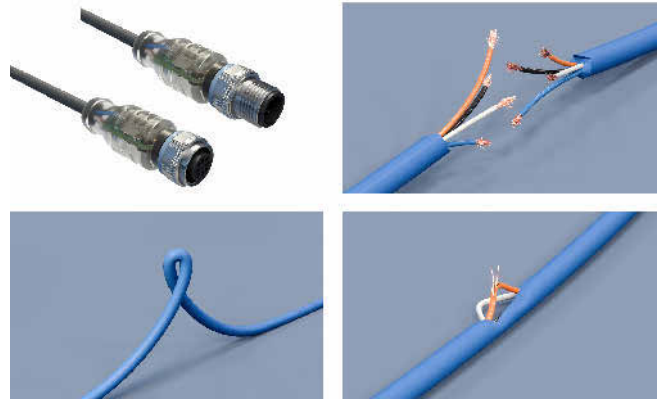
*(Servotecnica auf der SPS: Halle 3A, Stand 141)*

[www.servotecnica.de](http://www.servotecnica.de)

## Steckverbinder für die Zustandsüberwachung

Auf der SPS stellt IMS Connector Systems einen neuen intelligenten Steckverbinder vor. Die zur Zustandsüberwachung von Spannung, Strom, Leistung und Temperatur entwickelte Lösung SmartMod verfügt laut IMS über ein in Stecker und Buchse integriertes smartes Sensormodul mit Bluetooth-Schnittstelle. Damit lasse sich das Condition Monitoring der Verkabelung platzsparend in die Anschlusstechnik verlagern. Fehlerquellen seien problemlos lokalisierbar, weil jeder Steckverbinder eine eindeutige Adresse besitzt, die in der Steuerung hinterlegt werden kann. So lassen sich Beeinträchtigungen des Energiebezugs durch Kabelknick, Kabelbruch oder fehlende Spannungsversorgung frühzeitig erkennen und beheben, bevor es zu Anlagenstillständen kommt.

Die Daten können via Bluetooth über Distanzen bis 40 m Indoor und 100 m Outdoor übertragen und mit entsprechender App auf mobilen Endgeräten wie Smartphone oder Tablet ausgelesen werden. Zur IoT-fähigen Netzwerkanbindung an Steuerungs- und Leitsysteme sind Bluetooth Gateways mit Schnittstellen für alle gängigen Kommunikationsstandards von Profi-Net über Ethernet und Modbus bis Ether-CAT verfügbar. Zudem lassen sich die Daten auch direkt in der Cloud speichern und ortsunabhängig per Browser abrufen. Der im M12-Format gefertigte Steckverbinder



Steckverbinder von IMS CS mit intelligentem Sensormodul: Foto: IMS Connector Systems

bietet Schutzart IP67 oder IP69k und ist in der für Sensor-Aktor-Applikationen typischen A-Codierung als 4-poliger Stecker mit 3-Adern-Überwachung erhältlich.

(IMS auf der SPS: Halle 6, Stand 251P)

[www.imscs.com](http://www.imscs.com)

## E-CAD-Lösung mit neuen Funktionen

WSCAD stellt die neue E-CAD-Lösung Electrix Rocket vor. Wie das Unternehmen ausführt, bringt sie viele Verbesserungen und Erweiterungen und setzt neue Maßstäbe in Sachen Geschwindigkeit und Performance – teilweise bis zu 100% im Vergleich zum Vorgängerprodukt Suite X Plus.

Dazu zählen Ein- und Auszoomen von Plänen mit vielen Elementen, neue Suchfunktion im Material- und Produkt-Explorer finden schnell das benötigte Projekt oder Material, die Gruppierung von komplexen Designelemente erleichtert das Überarbeiten von Plänen, ein verbessertes Kontext-Menü bietet bei Rechtsklick auf ausgewählte Elemente relevante Optionen ohne unnötige Ablenkungen und in der Artikelverwaltung zeigt die neue Tooltip-Funktion per Mouse-Over die individuelle Komponenten von kombinierten Elementen.

Speziell für die Gebäudeautomation ermöglicht die neue vertikale Aufteilung der Funktionsliste, wichtige Informationen elegant auf mehrere Unterseiten zu verteilen und in Verfahrensplänen spiegelt mit der Echtzeit-Skalierung von P&ID-Symbolen die tatsächliche Größenrelation von Anlagenkomponenten wider.

Zu den Highlights am Stand zählt, so das Unternehmen weiter, sicher auch eine Weltraumrakete der Rocket Factory Augsburg. RFA hat die Elektrik für die Rakete und Startrampen mit der E-CAD Software von WSCAD entwickelt.

(WSCAD auf der SPS: Halle 6, Stand 230)

[www.wscad.com](http://www.wscad.com)

## DIREKTblack Das Modulare Regalsystem

Individuell für jede Werkstatt die passende Lösung.

Sprechen Sie uns an für weitere Informationen zum neuen DIREKTblack Regal.



**Dresselhaus**  
Die Mehrwertmacher



Weitere Informationen  
in diesem Video.

## Kundenindividuelle Getriebe­lösungen

An der diesjährigen SPS zeigt SPN Schwaben Präzision unterschiedliche und besondere Anwendungsbeispiele mit den dazu speziell entwickelten Antriebs- und Getriebe­lösungen.

Ein Beispiel ist eine Steighilfe, mit der Personen in die Höhe befördert werden. Die Steighilfe, benötigt ein Getriebe, das absolut zuverlässig läuft und ausfallsicher ist. Weil Personen mit der Steighilfe befördert werden, ist ein ruhiger und gleichmäßiger Lauf des Getriebes wichtig. Eine Seil-Steigklemme unterstützt dabei einen Arbeiter bei Check-Ups und Leichtbauarbeiten an Gebäuden, Brücken, Türmen und anderen Hochbauten, beispielsweise Windrädern. Das gewichtsreduzierten Design, ein dünnwandiges, beschichtetes Gehäuse und eine enorm hohe Laufruhe durch schräg verzahnte Bauteile unterstützen die hohe Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit des dafür entwickelten und produzierten SPN Planetengetriebes.

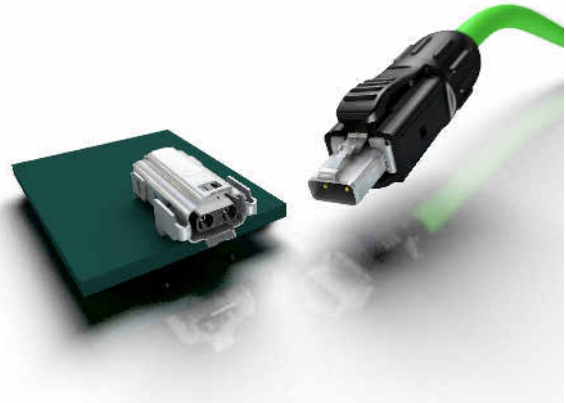
Eine weitere Anwendung, für die SPN eine Getriebe­lösung entwickelt und produziert hat, kommt in einem Bohr-Lösch-Gerät zum Einsatz. DRILL-X ist das weltweit erste Löschgerät, das Bohren und Löschen in einem Gerät vereint. Damit werden schwer zugängliche Brände, wie z.B. Dachstuhlbrände ohne Sicherheitsrisiko und Sauerstoffeintrag in einer noch nie da gewesenen Effizienz gelöscht. Aufgrund des punktgenauen Wassernebels wird der Brand binnen Sekunden gestillt.

(SPN auf der SPS: Halle 4, Stand 568)

[www.spn-drive.de](http://www.spn-drive.de)



SPN zeigt auf der SPS kundenindividuelle Getriebe­lösungen. Foto: SPN



SPE T1-Steckverbinder von TE in Schutzart IP20. Foto: TE

## Konnektivität mit neuen SPE-Steckverbinder­lösungen

Im Themenbereich SPE zeigt TE auf der SPS neueste Produkte, die SPE für IloT-Intrastrukturen unterstützen. Das bietet OEMs neue Möglichkeiten zur Miniaturisierung ihrer Geräte bei verbesserter Energieeffizienz. Bei den SPE T1-Steckverbindern von TE in Schutzart IP20 erfolgt die Übertragung von Daten und Power over Data Line (PoDL) über zwei Kupferadern anstatt wie bisher über zwei oder vier Leitungspaare wie beim Gigabit-Ethernet.

Zu den SPE-Lösungen von TE gehören den Angaben zufolge auch eine M8-Hybrid-Buchse für Boards und eine M8-SPE-Hybrid-Verbindungsleitung, beide in Schutzart IP67. Die maximale Datenrate beträgt dabei 1 Gbit/s, die Leistungsversorgung reicht bis 400 W. Auch werden nun erste Muster der M12-Hybridsteckverbinder gemäß IEC 63171-7 für Anwendungen mit Leistungsklassen von 8 A bis 16 A und von 50 V bis 600 V vorgestellt. Mit den M12-Steckverbindern von TE lässt sich ein zukunftsfähiges, weitgehend barrierefreies System vom Sensor bis zur Cloud und eine nahtlose M2M-Kommunikation realisieren.

(TE auf der SPS: Halle 10, Stand 340)

[www.te.com](http://www.te.com)

## Lösungen für Verpackungsprozesse

Leuze zeigt auf seinem Messestand Sensoren für automatisierte Verpackungsprozesse in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie zu sehen. Die Edelstahlsensoren in unterschiedlichen Bauformen zeichnen sich laut Leuze durch besonders glatte Edelstahloberflächen, eine hohe Reinigungsmittelbeständigkeit und Dichtigkeit aus.

Außerdem werden neue, leistungsstarke Bildverarbeitungswerkzeuge vorgestellt. Die Sensoren der Simple Vision-Baureihe überzeugen den Angaben zufolge mit flexibler Anwendbarkeit und einfacher Handhabung. Der neue IVS 108 eignet sich für die Anwesenheitserkennung von Objekten. Geräte der Reihe IVS1048i / DCR 1048i übernehmen zusätzlich Zähl- und Messaufgaben oder das Lesen von Codes.

(Leuze auf der SPS: Halle 7A, Stand 230)

[www.leuze.com](http://www.leuze.com)



Der Funktionsumfang des IVS 1048i reicht je nach Modell von der Objekterkennung über Messaufgaben bis hin zur integrierten Barcodelesung. Foto: Leuze



## Sensoren für die Fabrik- und Prozessautomatisierung

Baumer stellt verschiedenen neue Sensoren für die Fabrik- und Prozessautomatisierung vor. Zu sehen sind beispielsweise die 2D-Profilsensoren der neuen Sensorklasse OX-Serie. Wie Baumer ausführt, können mit ihnen eine Vielzahl anspruchsvoller Positionier- und Inspektionsaufgaben nun besonders wirtschaftlich gelöst werden. Ein Satz an Werkzeugen ermöglichte die komplette Verarbeitung der Profildaten direkt im intelligenten Sensor.

Neu ist auch der kapazitive Sensor PL240, der laut Baumer aufgrund des neuartigen Messprinzips eine zuverlässige Grenzstanddetektion ermöglicht. Bei Kunststoff- oder Glasbehältern zeige sich der Sensor bei Wandstärken bis 6 mm unbeeinträchtigt von Anhaftungen und Kondensat.

Gezeigt wird auch der kamerabasierte Multi-code-Leser IDC200, zur Identifikation und zum Tracking von Bauteilen und Produkten.

(Baumer auf der SPS: Halle 4A, Stand 345) [www.baumer.com](http://www.baumer.com)



Die neue Sensorklasse OX-Serie für Positionier- und Inspektionsaufgaben. Foto: Baumer

## Metallbalgkupplung für Hochgeschwindigkeit

Die speziell für Hochgeschwindigkeitsanwendungen ausgelegte Metallbalgkupplung EWS wurde nach Angaben des Anbieters überarbeitet. Aufgrund ihrer hohen Wuchtgüte und der rotationssymmetrischen Bauweise mit niedrigem Trägheitsmoment, könne die neue EWS jetzt bis 57.000 min<sup>-1</sup> eingesetzt werden. Sie ist weiterhin in sechs Baugrößen erhältlich, jetzt jedoch für einen höheren Drehmomentbereich bis 700 Nm mit einem Bohrungsdurchmesser zwischen 5 und 60 mm.

Eine speziell konstruierte konische Klemmringnabe wird als kraftschlüssige Welle-Nabe-Verbindung eingesetzt. Bei den angegebenen Anzugsmomenten wird der Konusring in einem Blockanschlag gegen die Konusnabe gezogen. Die anfängliche Spaltgröße wird somit auf Null reduziert, was ein Kippen oder Überlasten des Kegelrings verhindert. Das Antriebselement bietet einen optimalen spielfreien Einsatz im Temperaturbereich von -40 bis +200 °C.

[www.enemac.de](http://www.enemac.de)



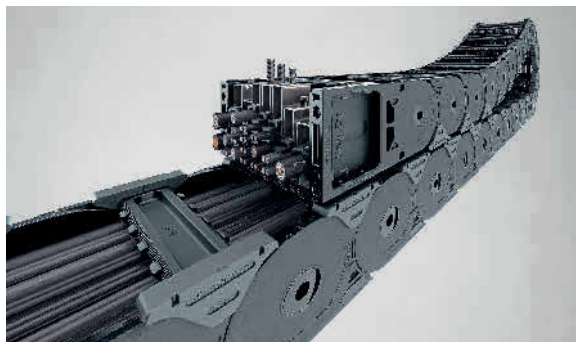
Die Metallbalgkupplung EWS wurde speziell für Hochgeschwindigkeitsanwendungen ausgelegt. Foto: Enemac

## Energieführungskette mit neuen Eigenschaften

Tsubaki Kabelschlepp hat die Energiekette Uniflex Advanced 1775 (UA1775) um neue Baugrößen und Features erweitert. Die UA1775 ist für die Bauarten 020 (geschlossener Rahmen), 030 (mit außen aufklappbaren und lösbaren Bügeln) und 040 (mit innen aufklappbaren und lösbaren Bügeln) mit einer Innenhöhe von 56 mm in Baubreiten zwischen 100 und 400 mm verfügbar. Das Energieführungssystem überzeugt laut Tsubaki Kabelschlepp mit besonderer Laufruhe und kann mit und ohne Vorspannung sowie freitragend und gleitend auf langen Verfahrwegen eingesetzt werden. Dabei seien auch hohe Geschwindigkeiten und Beschleunigungen möglich.

Mit Biegeradien von 90 bis 340 mm und der kurzen Teilung von 77,5 mm sorgt das torsionssteife Design mit seinem stabilen Kettenkörper für niedrigen Verschleiß. Um die Umwelt zu schonen, fertigt Tsubaki Kabelschlepp diese Energieführungskette zu einem Anteil bis zu 35 % aus Regranulat.

In Kombination mit dem Trennstegsystem TS3 ergeben sich den Angaben zufolge vor allem im Werkzeugmaschinenbau und bei gleitenden Anwendungen auf Portalen oder Achsen neue Einsatzbereiche.



Das Uniflex-Advanced-System wurde erweitert und mit neuen Features ergänzt. Foto: Tsubaki Kabelschlepp

Das TS3-System zeichne sich durch eine Höhenunterteilung aus Kunststoff-Zwischenböden aus und Sorge durch einen schmalen Randtrennsteg an den Außenseiten für eine platzsparende Ausnutzung des Innenraums der Energiekette. Standardmäßig wird der neue Trennsteg zur vertikalen Unterteilung innerhalb der Energieführung eingesetzt. Das komplette Trennstegsystem ist im Querschnitt verschiebbar und kann aber auch fixierbar eingesetzt werden.

(Tsubaki Kabelschlepp auf der SPS: Halle 3C, Stand 310) [www.kabelschlepp.de](http://www.kabelschlepp.de)



ISO 9001-2015 ZERTIFIZIERT



### Ventilsysteme

Für Öl-Service und Entlüftung



Skarke GmbH  
Auf der Rut 4  
64668 Rimbach-Miltelchtern

06253 - 80 62-0  
[info@skarke.de](mailto:info@skarke.de) - [www.skarke.de](http://www.skarke.de)



**Kennzeichen der neuen Zuhaltung CTS** sind die hohe Zuhaltekraft und Flexibilität. Foto: Euchner

## Zuhaltungen für raue Umgebungen

Zu den Produkthighlights von Euchner zählen den Angaben zufolge die neue kompakte Zuhaltung CTS sowie der besonders für raue Umgebungen geeignete Sicherheitsschalter CTA.

Sicherheitsschalter mit Zuhaltungen sind unverzichtbar, um Menschen zu schützen oder Prozesse abzusichern. Transpondercodierte Sicherheitsschalter mit Zuhaltung verfügen über das höchste Sicherheitsniveau. Jüngste Entwicklung ist der CTS, der aufgrund seiner Abmessungen (135 mm x 31 mm x 31 mm), einer hohen Zuhaltekraft von 3900 N und seiner flexiblen Einbauoptionen vielseitig einsetzbar ist. Er verfügt über drei mögliche Montageausrichtungen, sodass er Schwenk- und Schiebetüren absichern kann. Eine nachrüstbare Fluchtrieme erweitert das Einsatzspektrum. Aufgrund seines robusten Metallgehäuses und einer Zuhaltekraft bis 8000 N eignet sich der Sicherheitsschalter CTA für schwere Türen. Die hohe Schutzart IP65 / IP67 / IP69 / IP69K macht diesen Schalter zum Allrounder für nahezu jeden industriellen Einsatz, insbesondere für raue und schmutzige Umgebungen, so Euchner. In Kombination mit einem Euchner-IO-Link Gateway sind die Zuhaltungen kommunikationsfähig und damit nutzbar für Industrie-4.0-Anwendungen. (Euchner auf der SPS: Halle 7, Stand 280) [www.euchner.de](http://www.euchner.de)

## Kabellösungen für die Automation

In Nürnberg zeigt Lapp nach eigenen Angaben die ersten biobasierten Leitungen. Dazu zählt die gemeinsam mit der BASF entwickelte Etherline-FD bioP Cat.5e für Industrial Ethernet, deren Mantel zu Teilen aus einem auf Mais basierendem Biopolymer besteht. Darüber hinaus präsentiert das Unternehmen erstmals eine PVC-Leitung mit biobasiertem Anteil. Die Ölflex Classic FD810 wurde gemeinsam mit dem texanischen Lieferanten Westlake entworfen.

Mit E-Kanban wirft Lapp zudem einen Blick in das digitale Kabelbestandsmanagement von morgen. Außerdem zeige die von Lapp entwickelte Möglichkeit, Produkte mittels Bilderkennungssoftware und KI zu identifizieren, wie einfach Bestell- und Einkaufsprozesse in Zukunft sein können: Von einem simplen Smartphone-Foto bis hin zur Bestellung benötigen Nutzer:innen der Lösung nur noch Sekunden, so das Unternehmen weiter.

Besonders Highlight auf dem Messestand sei in diesem Jahr wieder die Enabler Stage. Dort werfen Lapp Expert:innen einen Blick auf die Welt von morgen sowie auf Themen, Techniken, Trends und Innovationen, die die Industrie heute schon bewegen. Dazu zählen in diesem Jahr spannende Vorträge zu Single Pair Ethernet, Ethernet-APL, Fibre Optics, Green Materials und biobased Compounds, Elektromagnetische Verträglichkeit, die Zero-CM-Technik von Lapp sowie Ölflex-Connect.

(Lapp auf der SPS: Halle 2, Stand 310) [www.lapp.com](http://www.lapp.com)



**Der Mantel der Etherline-FD bioP Cat.5e** besteht zu Teilen aus einem auf Mais basierendem Biopolymer. Foto: Lapp

## Low-Code-Plattform für eigene Applikationen

Peakboard ist auf der Messe mit interaktiven Echtzeit-Dashboards vertreten. Wie das Unternehmen ausführt, hat es sein System seit der SPS-Teilnahme 2019 zu einer Low-Code-Plattform für Industrieanwendungen weiterentwickelt.

Die Grundidee des System sei es, Prozessdaten aus allen gängigen Datenquellen in Echtzeit zusammenzuführen und auf einem oder mehreren Displays zu visualisieren. Die Lösung bestehe aus einer Hardwarekomponente, der Peakboard Box, und einer Softwarekomponente, dem Peakboard Designer. Mit Hilfe des Designers könne der Anwender aus den Daten, die von Sensoren, Maschinen, aber auch aus Excel und SAP übertragenen würden, ein individuelles Dashboard erstellen. Dieses lasse sich in Echtzeit auf Monitoren darstellen, die mit einer Peakboard Box oder alternativ mit einer eigenen Hardware mit Peakboard Nutzungslizenz verbunden sind. So sei es möglich, mit nur einem stationären Monitor den Überblick über viele laufende Maschinen gleichzeitig zu behalten.

Mit der Erweiterung von der Datenvisualisierung zur Low-Code-Plattform entsteht, wie es weiter heißt, eine einfache und schnelle Lösung, die am Rande des bestehenden Netzwerks läuft und auch ohne große IT-Kenntnisse selbst eingerichtet werden kann. Das System sammle nicht nur die Daten der einzelnen Anlagen und Maschinen, sondern liefere sie auch zurück. So sei es möglich, die gesamte Produktion zu vernetzen.

(Peakboard auf der SPS: Halle 6, Stand 122) [www.peakboard.com](http://www.peakboard.com)



**Mit Peakboard** ist nun auch die interaktive Steuerung von Anlagen möglich. Foto: Peakboard

## Radar-Sensorik für raue Umweltbedingungen

Symeo, Hersteller industrieller Radarsensoren, will auf der Messe über die Vorteile informieren, die Entwickler von Automatisierungslösungen aus der Verwendung industrieller Radarsensoren ziehen können. Ein Demonstrator mache erlebbar, wie Radar unter widrigen Bedingungen wie Rauch, Staub und Nebel sicher auch dort funktioniert, wo andere Sensoren ausfallen.

Gezeigt werden drei Sensorsysteme: LPR-1DHP-350 ist den Angaben zufolge eine schlanke Einstiegslösung, die sich beispielsweise als Ersatz für Ultraschallsensoren anbietet, ohne deren Empfindlichkeit gegen Wind, Witterung und Verschmutzung aufzuweisen. Dieses jüngste Radarsystem nutzt den Frequenzbereich von 120 GHz für hohe Präzision und erschließt neue Anwendungsbereiche: Mit 90 mm x 90 mm x 35 mm kann das kompakte LPR1DHP350 auch dort installiert werden, wo bisher kein Radarsystem Platz gefunden hätte.

LPR-1DHP-291 ist ein robustes Sensorsystem für die exakte Echtzeit-Distanzmessung bis 50 m mit einem einzelnen Sensor. Beim Einsatz von zwei LPR-1DHP-291-Sensoren als kooperierendes System erhöht sich die Reichweite auf 500 m. Das industrielle Radarsystem mit integrierter Richtantenne erreicht eine Messgenauigkeit im Millimeterbereich und eignet sich für die Entwicklung von Anwendungen der Positionsbestimmung, Warenverfolgung und Prozessautomatisierung.

Das kooperative Radarsystem LPR-1D24 unterstützt laut Symeo eine Distanzmessung bis 1000 m. Weil das System bei 24 GHz arbeitet, ist der gleichzeitige Betrieb eines Funkdatennetzes (WiFi) bei 2,4 oder 5,7 GHz jederzeit ungestört möglich. Zusätzlich zu den



Sensoren wie der LPR-1DHP-350 sind unempfindlich gegen Umwelteinflüsse. Foto: Symeo

Distanzen wird die Relativgeschwindigkeit der LPR-Sensoren mit ausgegeben. Auch weitere Messwerte können über den LPR®-Funkkanal mit übertragen werden.

(Symeo auf der SPS: Halle 7A, Stand 406)  
www.symeo.com

## Kompakte Drosselrückschlagventile mit Nonius-Skala



Drosselrückschlagventil der Serien JAS-S und JAS-SML/SCL. Foto: SMC Deutschland GmbH

SMC hat nach eigenen Angaben mit den Serien JAS-S und JAS-SML/SCL besonders kompakte Drosselrückschlagventile entwickelt, die aufgrund der Nonius-Skala eine schnelle und einfache Feineinstellung ermöglichen. Wegen der umfassenden Änderung der Konstruktion konnten die Außenabmessungen deutlich reduziert werden: Während die Vorgänger-Serie AS-FS noch eine Höhe von 33,5 mm aufwies, liegt sie bei den Serien JAS-S(ML/CL) bei 12,7 mm.

Mit 4 bis maximal 12 g sei das Drosselrückschlagventil außerdem ein echtes Leichtgewicht. So seien nicht nur kompakte, sondern auch leichte Maschinenkonstruktionen möglich. Für zusätzliche Platzersparnis sorgt die kompakte Anzeige mit Nonius-Skala, die zudem die Sichtbarkeit verbessert, ein schnelles Ablesen ermöglicht und damit schließlich die Prozesssicherheit erhöht.

Mittels der Nonius-Skala am Einstellknopf lassen sich Feineinstellungen in 90°-Schritten vornehmen: Bei den Anschlussgewindegrößen M3 x 0,5, M5 x 0,8 und 10-32UNF stehen dafür 32 (acht Umdrehungen), bei der Anschlussgewindegröße 1/8 (Gewindearten R, NPT und G) sogar 40 Unterteilungen (zehn Umdrehungen) zur Verfügung. Eine zusätzlich verbesserte Auflösung bei den Serien JAS-SML/SCL ermöglicht Feineinstellungen von 1 bis 50 mm/s (JAS-SML) oder 50 bis 150 mm/s (JAS-SCL).

(SMC auf der SPS: Halle 4, Stand 371)  
www.smc.eu/de-de

**Mikroschrauben**  
ab 1,6 mm Gewindeaußendurchmesser  
und 2,0 mm Schaftlänge

**betzer**  
Precision fasteners · Cold forming technology



**Bild 1:** Als Teil der „Chainge“ Recyclinginitiative hat igus eine Online-Plattform ins Leben gerufen, über die Kunden alte Kunststoffbauteile recyceln lassen und gleichzeitig aufbereitetes Material erwerben können. Grafik: igus GmbH

### Hochleistungskunststoffe in der Kreislaufwirtschaft

# Nachhaltigkeit mit Kunststoffen

80 Millionen Tonnen: So viel Plastikmüll hat sich derzeit laut Schätzungen allein in den Weltmeeren angesammelt. Und damit höchste Zeit, begrenzte Ressourcen und die Umwelt zu schonen. Dass der Einsatz von Hochleistungskunststoffen die Kreislaufwirtschaft positiv beeinflussen kann, zeigt igus aus Köln: Von Produkten aus Regranulat und der ersten Energiekette aus 100 Prozent Rezyklat über ein neues Heizsystem in der hauseigenen Produktion und eine eigene Recycling-Plattform bis hin zur Investition in ein zukunftsweisendes Recyclingverfahren für Kunststoffabfälle.

**D**er Nutzen von Kunststoff kann vielfältig und nachhaltig sein und deshalb ist er für die igus GmbH, Hersteller von Hochleistungskunststoffen und

Produkten wie Gleitlager und Energieketten, nicht einfach ein Werkstoff, sondern eine Technik. An dieser wird geforscht und getestet und dafür gibt es am Unternehmenssitz in Köln-Porz das 3.800 m<sup>2</sup> große Testlabor, das größte der Branche.

Insgesamt kommt man dort auf rund 11.000 Testergebnisse im Jahr. Sie bilden ein festes Fundament für Aussagen zur Eignung in unterschiedlichen Einsatzgebieten und sind die Basis für 30 bis 50 neue Patente pro Jahr.

Fragt man nach, was genau Kunststoff interessant macht, erhält man verschiedene Antworten. Zum einen ist es der Verzicht auf zusätzliche Schmiermittel. Dass sich ablösende Fette die Umwelt belasten, leuchtet ein, bis zu 22,7 Mio. Tonnen sind es jährlich weltweit. Ein anderer Vorteil ist die niedrige Reibung, die dort entwickelte Kunststoffe verursachen. Möglich machen das die speziellen Rezepturen, in denen unter anderem Festschmierstoffe eingebunden sind. Die fest eingebundenen Partikel machen eine weitere Schmierung überflüssig. Jedes Jahr werden über 500 neue Mischungen entwickelt und getestet. Nur eine Handvoll kommen auf den Markt.

### Niedriges Gewicht reduziert Energieverbrauch

Auch das Gewicht wirkt sich positiv aus, ein Gleitlager aus Kunststoff wiegt bis zu 75 % weniger als das gleich große Pendant aus Metall. Und weniger Gewicht bedeutet weniger Energieverbrauch, um etwas anzutreiben, ob Maschine, Auto oder Flugzeug. Industrielle Produkte aus Kunststoff sind wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Alternativen. Bei igus weiß man aber, dass

nicht jedes Teil aus Metall pauschal durch Kunststoff ersetzt werden kann. Deshalb werden alle Einsatzbedingungen geprüft, bevor Kunden eine Empfehlung erhalten. Online können sich Interessierte selbst von zahlreichen Konfiguratoren passende Produkte anzeigen lassen und auch bestellen.

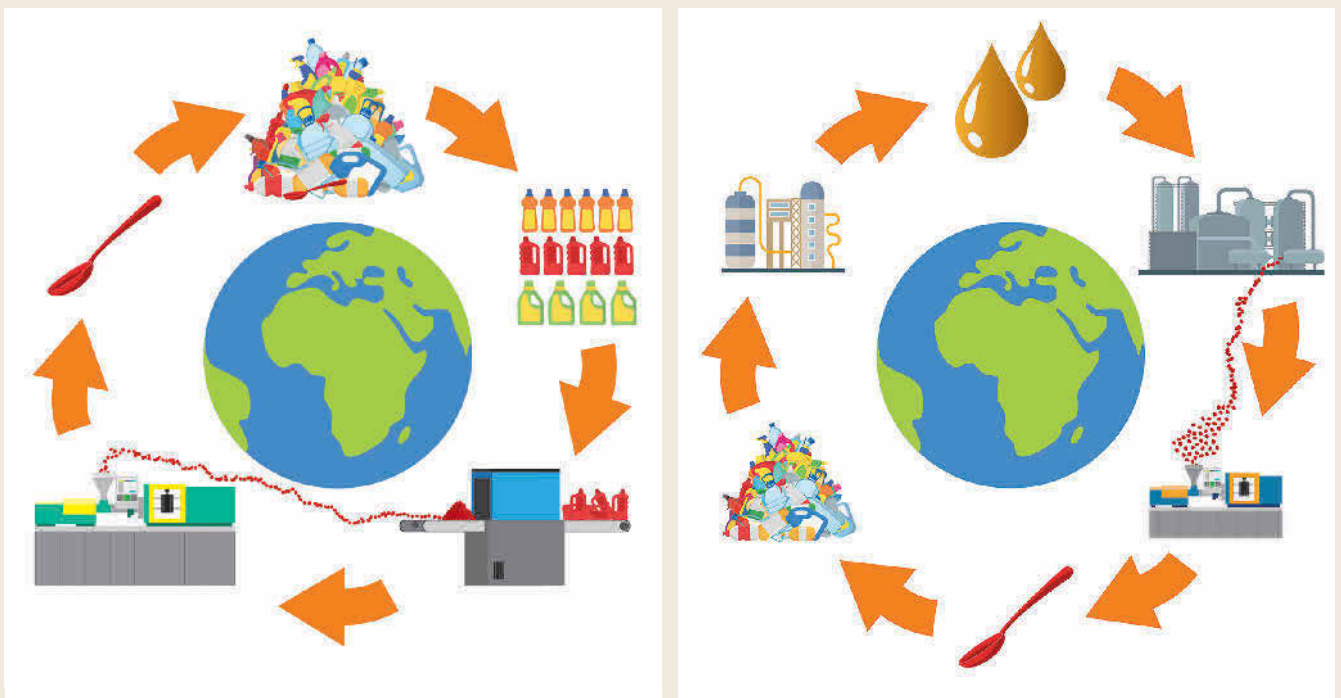
Das Bestreben, selbst auch nachhaltig zu agieren, treibt Inhaber Frank Blase an: „Bis 2025 wollen wir mit unseren Gebäuden und der Produktion CO<sub>2</sub> neutral sein. Wir sind auf einem guten Weg.“ Es gibt viele Ansatzpunkte, um Energie zu sparen, nachhaltige Produkte herzustellen, sich umweltbewusst zu verhalten. Für eine bessere Projektierung und Zuordnung der Maßnahmen hat man intern ein Schaubild erstellt, das die „grünen“ Themen in drei Bereiche gliedert:

„Durch diese Aufteilung lassen sich Fragestellungen differenzierter betrachten und es fällt auf, wo sich Schnittmengen ergeben“, so Lena Naumann, Lean Ingenieurin und Projektverantwortliche. „Und intern können wir unsere Bestrebungen so auch besser den Kolleginnen und Kollegen vermitteln.“ Mit dem Programm „clean igus“ wurden und werden zahlreiche Maßnahmen in der Produktion umgesetzt: An den Maschinen wurden Förderbänder fixiert und Leitbleche und

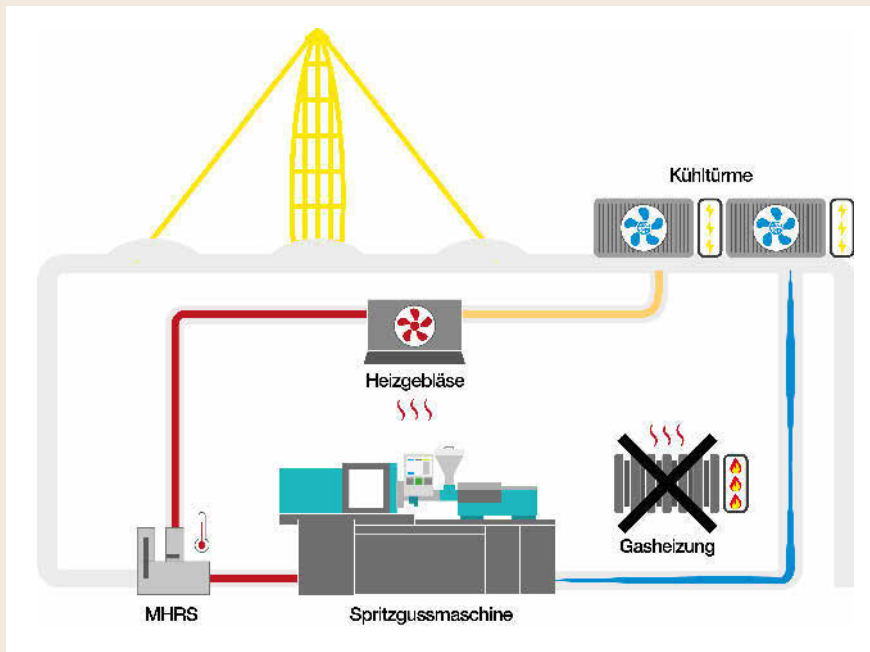
Magnetfolien eingesetzt, um die Teile besser zu lenken und keinen Produktionsausschuss zu verschwenden. Bei igus ist man gerade auch dabei, mit Experten den CO<sub>2</sub> Abdruck zu ermitteln, und zwar nicht nur am Hauptsitz in Köln, sondern weltweit. Ungeachtet des ausstehenden Ergebnisses wird der Energieverbrauch der Spritzgussmaschinen gemessen und reduziert, in energieeffizientere Maschinen investiert. Auch die Belegung der Maschinen wird genauer geprüft.

### Abwärme der Maschinen wird zum Heizen genutzt

Und auch Gas wird bei igus jetzt deutlich eingespart. Dafür sorgt das Maschine Heat Recovery System (MHRS) von igus. Es nutzt die Abwärme der Spritzgussmaschinen zum Heizen der Hallen. So funktioniert das System: Innerhalb des Spritzgießprozesses werden die Hydraulikmotoren der Spritzgussmaschinen warm. Damit sie nicht überhitzen, werden die Motoren mit Kühlwasser gekühlt. Dabei kommen Kühltürme zum Einsatz, die kaltes Wasser bereitstellen und über ein Rohrsystem zu den Maschinen leiten. Das erwärmte Wasser gelangt zurück zum Kühlturm. Bei der erneuten Kühlung



**Bild 2:** Beim klassischen Kunststoffrecycling (li.) müssen zunächst alle Abfälle sortenrein sortiert werden, um sie zu schreddern. Das Granulat lässt sich anschließend für neue Polymerprodukte nutzen. Das chemische Verfahren HydroPRS (re.) wandelt unsortierten Kunststoffmüll in Rohöl um, das dann wieder als Grundstoff genutzt werden kann. Grafik: igus GmbH



**Bild 3:** Ein Schritt Richtung CO<sub>2</sub>-Neutralität: Das neue Machine Heat Recovery System heizt Industriehallen mit Maschinenwärme, ganz ohne Wärmetauscher. Das Konzept ist für alle Unternehmen frei verfügbar. Grafik: igus GmbH

entweicht die Wärme in die Atmosphäre und geht als Energie verloren. Mit dem MHRS wird ein Teil der Wärme aus dem Kühlkreislauf über eine Durchflussregelung abgegriffen und direkt zu den Heizungen geleitet, die sich neben den alten Gasheizungsbläsern befinden. Die schwankenden Kühlkreistemperaturen sind durch das System variabel anpassbar. Das MHRS geht dabei nicht den bekannten Weg über eine teure Wärmepumpe und auch keinen Umweg über einen Wärmetauscher, dieser würde zu Temperaturverlusten führen. „Mit dieser hauseigenen Heizung können wir in Zukunft den Gasverbrauch gegen Null fahren. Außerdem benötigen wir weniger elektrische Energie zum Kühlen“, sagt igus Geschäftsführer Blase. „Wir sparen somit nicht nur Kosten, sondern reduzieren auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und entlasten somit die Umwelt.“

## Plastikabfälle in Erdöl umwandeln

igus sieht für das MHRS in der Industrie ein sehr großes Potential. Daher macht der Kunststoffspezialist sein Wissen auch anderen Unternehmen kostenfrei zugänglich. „Mit unserer Website informieren wir bereits jetzt, wie MHRS und das entwickelte Regelgerät funktio-

nieren. Immer mehr Details kommen dazu“, so Dennis Berninger, Fabrikleiter bei igus.

Ein besonderes Projekt, das igus mit Start-Up Investitionen unterstützt, ist das des Unternehmens Mura Technology Ltd. Die Ingenieure dort haben eine Technologie entwickelt, mit der unsortierte, nicht klassisch recycelbare Plastikabfälle mittels Wasser, hoher Temperatur und Druck wieder in Rohöl umgewandelt werden: HydroPRS (Hydro Plastic Recycling Solution). Gerade einmal 25 Minuten dauert dieser Prozess. Der Bau der ersten Großanlage ist diesen April in Teesside, Großbritannien, gestartet. Die erste Linie mit einer Kapazität von 20.000 Tonnen pro Jahr wird dieses Jahr in Betrieb gehen. Sobald alle vier Linien fertiggestellt sind, wird Mura in der Lage sein, bis zu 80.000 Tonnen Kunststoffabfälle pro Jahr zu recyceln. Bis 2025 soll im sächsischen Böhlen auch die erste Anlage in Deutschland entstehen. Mit Dow ist ein großer Partner eingestiegen, der nicht nur finanziell unterstützt, sondern der auch der erste Abnehmer von recycelten Materialien sein und große Marken weltweit mit nachhaltigen Kunststoffprodukten beliefern wird.

Und auch igus selbst kümmert sich um das Recycling, jedoch von technischen Kunststoffen. Im Rahmen des

change Programms werden ausrangierte Energieketten von igus recycelt. Betriebe können ihre ausrangierten Energie- und Schleppketten an igus schicken, statt sie im Industriemüll zu entsorgen. Das Besondere: igus nimmt alle Energieketten zurück – unabhängig vom Hersteller. Die ausrangierten Kunststoffe werden dann von igus sortenrein getrennt, gereinigt und zertifiziert regranuliert, sodass das Material wiederverwendet werden kann. Im Gegenzug erhalten Kunden einen Wertgutschein von igus, der sich nach dem Gewicht der eingesendeten Ketten bemisst. Im Oktober 2022 wurde aus dem change Programm eine ganze Plattform. Das Recyclingprogramm wurde um sechs technische Kunststoffe erweitert. Dabei können jetzt neben Energieketten auch andere ausgedienten Kunststoffwertstoffe schnell und unkompliziert zur Rücksendung angemeldet werden. Gleichzeitig bietet diese Plattform einen digitalen Marktplatz, der einen Zugang zu ausgewählten Rezyklaten erlaubt.

## Energiekette aus komplett recyceltem Material

Seit Anfang des Jahres übernimmt igus auch die Rücknahme von Altmaterial im Rahmen von Montageaufträgen. Für das Recycling-Programm wurde igus jüngst auch mit dem Wirtschaftspreis Rheinland in der Kategorie Nachhaltigkeit ausgezeichnet. Doch igus geht noch einen Schritt weiter: Auf Basis von „change“ ist die erste Energiekette aus 100 Prozent recyceltem Material entstanden. Blase: „Das Besondere bei igus ist, dass alles aus einer Hand kommt. Wir sind sowohl Kunststoffproduzent und -lieferant, Montagedienstleister und Entsorger als auch Produzent und Lieferant von recyceltem Material, aus dem wieder neue Produkte entstehen. Unser Angebot ist in dieser Form einzigartig und ermöglicht uns, gemeinsam mit unseren Kunden, Kunststoff zu einer nachhaltigen Ressource zu machen.“ ■

### Kontakt

igus GmbH  
51147 Köln  
Tel. (0 22 03) 9649 – 0  
info@igus.de  
www.igus.de



**Bild 1:** Schnell und schlank: Der grazile NC-Kopf hat sich nicht nur bei einfachen Fräsaufgaben, sondern auch beim Zerspanen enger Kavitäten bewährt. Foto: HG Grimme/Ralf Baumgarten

Fräsbearbeitung von Tiefziehteilen aus Kunststoff

# Nachbearbeitung von Kunststoffteilen

Die Qualität von Kunststoffbauteilen hängt stark von der mechanischen Nachbearbeitung ab. Ein Anbieter von technischen Tiefziehteilen setzt bei der Bearbeitung auf 5-Achs-Rundtisch-Fräsanlagen. Auch Werkstücke aus Verbundwerkstoffen wie CFK oder GFK werden bearbeitet.

TEXT: Nikolaus Fecht

**D**ie Dr. Karl Gert Fischer GmbH & Co. KG, ein führendes Unternehmen im Bereich Tiefziehteile aus Kunststoff mit Sitz im Großraum Köln, setzt seit mehr als drei Jahrzehnten auf Werkzeugmaschinen von HG Grimme SysTech aus dem Allgäu. Bemerkenswert ist dabei der vorwiegende Einsatz von Rundtischanlagen – eine Seltenheit in dieser Branche.

„Diese Geschichte ist ein typisches Beispiel für den Einfallsreichtum des Bergischen Landes“, sagt Dr. Ingo Gehlhaar, Kundenbetreuer bei HG Grimme SysTech GmbH in Wiedergeltingen (Unterallgäu). „Es beginnt mit der Entdeckung einer Lücke, gefolgt von stetigem Tüfteln, bis schließlich eine Lösung gefunden wird, die dann immer weiter optimiert wird.“

Die Lücke entdeckte Dr. Karl Gert Fischer in den 1970er Jahren während seiner Tätigkeit für einen Schiffsbauer: Es fehlten Firmen, die korrosionsbeständige und elektrisch gut isolierte Schaltschränke aus Kunststoff für Schiffe herstellten. Getrieben von dieser Entdeckung gründete der promovierte Maschinenbau-Ingenieur in Köln ein kleines Unternehmen, das anfangs Schaltschränkelemente für seinen ehemaligen Arbeitgeber produzierte.

## Tiefziehen und CNC-Fräsen decken breite Palette ab

Die Dr. Karl Gert Fischer GmbH & Co. KG entwickelte sich zu einem der führenden Anbieter von technischen Tiefziehteilen. Vom heutigen Hauptsitz in Overath-Immekeppel (bei Köln) blickt das Familienunternehmen, das mittlerweile in der zweiten Generation geführt wird, auf eine Erfolgsgeschichte zurück: Es konnte die Produktionskapazität deutlich ausbauen und bedient mittlerweile viele Branchen, insbesondere im Maschinenbau und Nutzfahrzeugsektor.

„Das Thermoformen hat sich über die Jahre positiv entwickelt und wir konnten uns gut in diesem wachsenden Markt positionieren“, erklärt Geschäftsführer Constantin Fischer, Sohn des Firmengründers. „Das Tiefziehverfahren und das CNC-Fräsen decken eine breite Palette von Produkten ab.“

Digitalisierung brachte einen zusätzlichen Schub. Das Unternehmen produziert für viele Kunden, typischerweise in Losgrößen von 100 bis 1000 Bauteilen. „Wir



**Bild 2:** Serienmäßiges 5-Achs-Beschnittfräsen: Fischer produziert Bauteile aus allen gängigen Thermoplasten mit einer Plattenstärke von einem bis zehn Millimeter, deren Oberflächen glatt sind oder eine Struktur aufweisen. Foto: HG Grimme/Ralf Baumgarten

wachsen mit der steigenden Anzahl an Kunden“, erklärt Fischer. „Das führt zu einer zunehmenden Komplexität in unseren Prozessen.“ Ohne ein leistungsfähiges ERP-System und Simulations-Software zur Produktionsplanung wäre es nicht mehr möglich, diese Komplexität effizient zu bewältigen – insbesondere bei Baugruppen, die aus bis zu 150 Einzelteilen bestehen.

Fairplay lautet ein anderes Erfolgsgeheimnis: Schon der Firmengründer legte großen Wert auf langfristige und faire Partnerschaften. „Es ist wichtig, in guten wie in schlechten Zeiten fair miteinander umzugehen“, betont sein Sohn Constantin. Diese Philosophie hat sich insbesondere während der Corona-Pandemie als wertvoll erwiesen.

Langfristige und faire Partnerschaften spielen auch im Umgang mit Lieferanten eine wichtige Rolle. „Wir arbeiten gerne langfristig mit unseren Lieferanten zusammen“, sagt der Geschäftsführer. Besonders lobenswert ist dabei der Service. „Im Falle eines Crashes hilft uns HG Grimme schnell und unbürokratisch. Die Preise für Ersatzteile und Arbeitsstunden sind angemessen.“

Seit 1992 hat das Unternehmen insgesamt zwölf Maschinen aus dem Allgäu bestellt. Aktuell sind acht Maschinen im Einsatz, vier wurden als Gebrauchtmaschinen verkauft. „Wir sind voll ausgelastet und tauschen unsere Produktionsanlagen daher regelmäßig gegen neue Modelle aus – durchschnittlich alle ein bis zwei

Jahre in der letzten Dekade. Dadurch können wir immer auf dem neuesten Stand der Technik bleiben“, sagt Fischer.

Die Maschinen von HG Grimme haben sich bewährt: Während früher noch Sägen und konventionelle Fräsen verwendet wurden, revolutionierte das 5-Achs-Simultanfräsen die Nachbearbeitung ab den 1990er Jahren. Es verbesserte die Qualität und beschleunigte die Bearbeitungsprozesse. In Overath kommen Gantry-Maschinen der Baureihe G-S-F mit Ein- und Zwei-Achs-Schwenkkopf für größere Bauteile und Rundtischmaschinen der R-TF-Baureihe 1400 mit Ein-Achs-Schwenkkopf und Drehachse im Tisch zum Einsatz. Die R-TF-Maschinen sind mit schneller Spindel (Drehzahl: 40.000 min<sup>-1</sup>), Werkzeugwechsler, NUM-Steuerung und Lichtschranke im Tor-Bereich ausgestattet.

## Niedriger Platzbedarf verkürzt Laufwege

Doch warum sind sechs der insgesamt acht HG Grimme-Maschinen Rundtischanlagen? „Wir setzen sie für den Mehrmaschinenbetrieb ein, um unsere Produktion so effizient wie möglich zu gestalten“, erklärt Fischer. Ein Vorteil der Rundtischanlagen ist der niedrige Platzbedarf, der die Laufwege der Mitarbeiter erheblich verkürzt.

Darüber hinaus legt das Unternehmen großen Wert auf Ergonomie. Alle acht HG Grimme-Maschinen wurden mit Schall-



schutzhauben ausgestattet. „Um qualifizierte Fachkräfte zu halten, setzen wir neben einer guten Bezahlung auch auf die Reduzierung von Lärm und körperlicher Belastung“, erklärt Fischer.

## Lichtschranke sorgt für mehr Arbeitssicherheit

Ein weiterer gemeinsamer Nenner aller Maschinen: Fischer orderte bisher bei jeder Maschine auch eine Lichtschranke. „Sie beschleunigt den Ladevorgang und gewährleistet gleichzeitig die Arbeitssicherheit“, erklärt Kundenbetreuer Gehlhaar. „Die Lichtschranke ermöglicht es nämlich, dass der Startknopf nur einmal gedrückt werden muss.“

Seit kurzem verfügt das Unternehmen über die sechste R-TF 1400, eine 5-Achsen-CNC-Rundtisch-Fräsmaschine zur Komplettbearbeitung von 3D-Bauteilen bis zu einer Größe von 1.000 mm × 800 mm × 400 mm in einer einzigen Aufspannung. Dabei weist die Maschine erstaunliche Verfahrenswege von 1.040 mm × 1.400 mm × 725 mm auf. Fischer begrün-

det den erneuten Kauf mit „vier einfachen Gründen: kleiner Platzbedarf bei großen Wegen, hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit, ergonomisches Arbeiten und ein attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis“.

Das Unternehmen produziert Bauteile aus allen gängigen Thermoplasten mit einer Plattenstärke von einem bis zehn Millimeter, deren Oberflächen glatt sind oder eine Struktur aufweisen. „In der Serienfertigung arbeiten wir ausschließlich mit 5-Achs-Beschnittfräsen“, erklärt der Geschäftsführer. „Die Bearbeitungszeit ist vergleichsweise kurz. Deshalb sind uns der kompakte Bauraum von 2.700 mm × 3.500 mm × 3.500 mm und die damit verbundenen kurzen Laufwege für die Mitarbeiter wichtig.“ Bei den Rundtischmaschinen wird das Werkstück gedreht, der Bearbeitungskopf muss also nicht wie bei einer Portal- oder Gantrymaschine umständlich um das Bauteil herumfahren.

Ein weiterer Vorteil ist die Vielseitigkeit: Die Kunststoffspezialisten fräsen mit den Maschinen aus dem Allgäu regelmäßig Modelle aus Uriol. Auch Werkstücke aus Verbundwerkstoffen

wie CFK oder GFK ließen sich damit zerspanen. Bewährt hat sich auch der schlanke NC-Kopf beim Zerspanen enger Kavitäten. Die Vielseitigkeit wird auch durch das niedrige Gewicht der kompakten Rundtischanlagen unterstützt, die mit 2,5 Tonnen nur so viel wiegen wie ein durchschnittliches Auto. „Als modernes Unternehmen muss man sich an neue Gegebenheiten anpassen und flexibel sein“, sagt Fischer. „Wir haben im Laufe der Zeit mehrfach die Anordnung der Maschinen geändert. Mit einem großen Gabelstapler ist dies problemlos möglich.“ ■

**Nikolaus Fecht**  
ist Fachjournalist  
Gelsenkirchen

### Kontakt

HG Grimme SysTech GmbH  
86879 Wiedergeltingen  
info@hg-grimme.de  
www.hg-grimme.de

## Technischer Kunststoff im Gehäuse einer mobilen Ladestation

Die Autoindustrie durchlebt derzeit den größten Wandel ihrer Geschichte. Insbesondere der Boom der batterieelektrischen Fahrzeuge stellt die Branche vor große Herausforderungen. Lapp, Anbieter von Kabel und Verbindungstechniken, hat diesen Wandel erkannt und ein innovatives Ladesystem entwickelt, bei dem Ultramid (PA), ein technischer Kunststoff der BASF, als robustes Gehäusematerial eine tragende Rolle spielt.

BASF hat Lapp bei der Entwicklungsphase des Mobility Docks mit ihrer umfangreichen Materialexpertise im Bereich eMobility, Elektro und Elektronik beratend unterstützt. Die technische Entwicklungsabteilung des Chemieunternehmens verfügt mit seinen Ingenieurskunststoffen über die erforderliche Kompetenz in der Elektroindustrie. Wie BASF mitteilt, konnte so rasch das geeignete Material ermittelt werden, das die hohen Anforderungen des Mobility Docks erfüllt: Ultramid ist laut BASF hoch mechanisch belastbar und UV-beständig, beides Eigenschaften, die den Mobility Dock langlebig und auch unter Sonneneinstrahlung farbecht erhalten. Der Kunststoff sei halogenfrei flammgeschützt, und zeige eine hohe Chemikalienbeständigkeit. Zudem sei eine kontrastreiche Beschriftung des Gehäuses durch Lasermarkierung möglich.

Der Mobility Dock ist den Angaben zufolge ein mobiles Ladegerät für Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeuge und kann an einer Standard-Haushaltssteckdose angeschlossen werden. Er ist platzsparend im Kofferraum zu verstauen und ermöglicht flexibles Laden zu Hause und unterwegs. Das Ladesystem ist benutzerfreundlich und intuitiv gestaltet und zeichnet sich durch ein kompaktes, ergonomisches Design aus. Das Ladegerät wurde bereits vielfach ausgezeichnet.

Das mobile Ladesystem ist, so BASF weiter, ein weiterer Schritt in Richtung einer nachhaltigen Mobilität und ein Beispiel für die erfolgreiche zukunftsorientierte Zusammenarbeit von Lapp als Hersteller und BASF als Materiallieferant. Um praktikable Elektromobilitätsanwendungen wie diese zu entwickeln, ist die Leistung des Materials von entscheidender Bedeutung. BASF bietet nicht nur ein umfassendes Materialportfolio ausgerichtet auf die Anforderungen in der Elektromobilität, sondern auch ein engagiertes E-Mobility-Team, bestehend aus Technikern, Designern und Materialspezialisten.

[www.plastics.basf.com](http://www.plastics.basf.com)



Ultramid, ein technischer Kunststoff der BASF wird von Lapp im Gehäuse des mobilen Ladesystems Mobility Dock eingesetzt. Foto: Lapp



**Bild 1:** Kantenverrunden eines Aluminiumprofils mit einer technischen Bürste: Die Eintauchtiefe in das Werkstück muss exakt definiert sein und die abrasiven Filamente müssen sich elastisch an die Kanten und Konturen anlegen können. Foto: Kullen-Koti

Dynamische Finishingprozesse in der Metallbearbeitung

# Technische Bürsten als Feinschleif-Werkzeuge

Einen Themenschwerpunkt des Bürstenherstellers Kullen-Koti auf der diesjährigen Blechexpo ist der Einsatz von technischen Bürsten beim Feinschleifen und Kantenverrunden, weil immer mehr Werkzeughersteller und Zulieferer dieses Verfahren der mechanischen Oberflächentechnik einsetzen.

**A**ls besonderen Themenschwerpunkt fokussiert Kullen-Koti auf der Blechexpo im November Lösungen für das Feinschleifen und Kantenverrunden. Beide Verfahren sind seit geraumer Zeit sowohl für die Herstel-

ler von Präzisionswerkzeugen als auch für die Zulieferer von einbaufertigen Bauteilen von wachsender Bedeutung. Es handelt sich dabei um hochdynamische Finishingprozesse, die unter anderem zum reproduzierbaren Entgraten und Verrunden der Schneidkanten von Wendschneidplatten und Schaftwerkzeugen so-

wie zum Veredeln der Oberflächen hochpräziser Premiumbauteile zum Einsatz kommen. Im Feinschleifen lassen sich unter Verwendung rotierender Werkzeuge sowohl Grate als auch Gratwurzeln mit höchster Genauigkeit abtragen, wobei zugleich gezielt Einfluss auf die tribologischen Eigenschaften der behandelten

Werkstücke genommen werden kann. Auf dem Stand von Kullen-Koti erfahren die Messebesucher beispielsweise, dass die hierfür eingesetzten Bürstensysteme ihre optimale Wirkung erzielen, wenn ihre Eintauchtiefe in das Werkstück exakt definiert ist und sich ihre abrasiven Filamente durch die planetare Rotationsbewegung sowie den Vorschub der Werkstücke elastisch an deren Kanten und Konturen anlegen können. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, werden nicht nur Grate effizient entfernt; es lassen sich dann auch Schneidkanten-Symmetrien (Stichwort: K-Faktor!) und hohe Oberflächenqualitäten prozesssicher realisieren.

Faktoren wie die Eintauchtiefe, die Rotationsbewegung oder der Werkstückvorschub sind freilich nicht nur für das Feinstschleifen relevante Auslegungsparameter, sondern gelten grundsätzlich für den Einsatz technischer Bürsten in der Oberflächentechnik. Sie haben direkten Einfluss auf deren Wirkungsgrad und wirtschaftlichen Einsatz und bestimmen stets die anwendungsorientierte Konfiguration von Trägerelement (Bürstenkörper) und Besatz. Dabei fließen neben den fallspezifischen werkstoff- und oberflächentechnischen Rahmenbedingungen immer auch kinematische und geometrische Aspekte sowie verfahrens- und medientechnische Faktoren mit in den Auslegungsprozess ein. Zusätzlich spielen mitunter die Einflussgrößen Temperatur und UV-Licht eine Rolle. Und abgesehen von alledem ergeben sich viele weitere Auswahlkriterien durch die besonderen An-



**Bild 2:** : Finishing eines Edelstahl-Bauteils: Während die unbehandelte Oberfläche scharfe Grate und tiefe Furchen aufweist (oben), zeigt sie nach dem Feinstschleifen mit technischen Bürsten eine homogene Struktur mit gerundeten Kanten (unten). Foto: Kullen-Koti

forderungen einer Branche. Wie am Beispiel des Feinstschleifens gezeigt, haben beispielsweise die Hersteller von Präzisi-

onswerkzeugen aus Spezialstählen ebenso ihre ganz spezifischen Ansprüche an eine Schleibbürste wie ein metallbearbeitender Zulieferer, der Edelstahl-Bauteile für die Lebensmittel- oder Medizintechnik fertigt oder ein Betrieb, der Premiumteile aus Leichtmetall zum Einsatz in der Luft- und Raumfahrt herstellt.

Über die speziellen Bürstenlösungen für das Feinstschleifen und Kantenverrunden hinaus zeigt Kullen-Koti auf der Blech-Expo anhand zahlreicher Exponate, wie sich verschiedene Aufgaben der mechanischen Oberflächenbearbeitung mit technischen Bürsten effizient und wirtschaftlich bewältigen lassen. So gehören zum Messeprogramm des Unternehmens auch Rund-, Pinsel-, Topf- und Tellerbürsten, die abgestimmt sind auf die Bearbeitung von Graten und Kanten unterschiedlicher Härten und Größen sowie auf das Glattschleifen von Blechen. Diese Bürstentypen eignen sich – bei entsprechender Auslegung – auch zum Entrosten oxidierter Bauteile und zum Polieren metallischer Flächen. In der Metallbearbeitung ebenfalls weit verbreitet sind die Walzenbürsten von Kullen-Koti, deren Haupteinsatzgebiet das Aufrauen und Strukturieren von Oberflächen ist. Die auf der Blech-Expo gezeigten Plattenbürsten sind hingegen eine Ideallösung zum Transport empfindlicher Halbzeuge und Bleche. Teil des Ausstellungsprogramms sind außerdem Latten-, Streifen- und Straußenfederbürsten, die Metallflächen von Staubpartikel und statischer Aufladung befreien, bevor sie lackiert oder beschichtet werden.

Die auf der Blech-Expo ausgestellten Bürstensysteme eignen sich sowohl für die automatisierte Anwendung mit Maschinen oder Robotern als auch für den halbautomatischen Einsatz mit angetriebenen Handwerkzeugen. Darüber hinaus hat das Unternehmen eine Systematik an Dienstleistungen entwickelt, die den Kunden über die Auswahl und Konfiguration der richtigen Bürste gezielt zu Prozess- und Qualitätsoptimierungen führt. ■



**Bild 3:** Auf der Blechexpo zeigt Kullen-Koti Bürstensysteme zum Entgraten, Entrosten, Polieren, Ölen, Reinigen, Aufrauen und Strukturieren metallischer Oberflächen. Foto: Kullen-Koti

#### Kontakt

Kullen-Koti GmbH  
72766 Reutlingen  
Tel. (0 71 21) 1 42 – 2 11  
[www.kullen.de](http://www.kullen.de)



**Bild 1:** Die in Elektroautos verwendeten Batterien bestehen aus verschiedenen Komponenten, die miteinander verbunden werden müssen. Ob beim Montieren von Kühlplatten im Boden der Batteriepackwanne oder beim Einbringen der Batteriemodule ins Packgehäuse. Foto: Ruderer

### Aktuelle Klebetrends in der Batterie-Konstruktion

## Batterieschaum gegen Akku-Brand

Im Zuge einer nachhaltigen Energiewirtschaft setzen viele Automobilbauer sowie Hersteller von elektrischen Geräten auf moderne Speichertechniken in Form von leistungsfähigen Batterien.

Lithium-Ionen-Batterien nehmen dabei eine immer größere Rolle ein. Ihre Fertigung steht zunehmend im Zeichen der „Cell-to-Pack“-Technik, bei der mehrere Batteriezellen miteinander zu großformatigen Packs verbaut werden. Das ermöglicht das Weglassen einzelner Module und damit die Unterbringung von mehr Aktivmaterial. Bei Elektrofahrzeugen führt das zu mehr

Reichweite und Leistung. Durch diese neue Art der Batterie-Konstruktion speichert das Auto nicht nur signifikant mehr Energie, sondern lässt sich auch deutlich schneller laden.

Eine Spannungserhöhung kann jedoch unter gewissen Umständen zu einem Brand oder einer Explosion führen. Um dem entgegenzuwirken, wurde eine Batterieschaum entwickelt der flammhemmend wirkt und verhindert, dass Batteriemodule zu brennen anfangen.

**E**ine Lithium-Ionen-Batterie besteht aus vielen Modulen. Diese wiederum bestehen aus zahlreichen Einzelzellen mit zum Teil über zwanzig Komponenten, die sich sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung als auch in ihrer Geometrie unterscheiden.

Nicht selten sind Metalle, Kunststoffe, Graphit oder Silizium in ihnen verbaut. Eine hochwertige Verbindung ist daher entscheidend für die Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit einer Batterie. Aufgrund ihrer vielfältigen Eigenschaften spielen Kleb- und Dichtstoffe bei der Konstruktion von Batteriemodulen eine enorm wichtige Rolle. Sie

erfüllen die unterschiedlichsten Anforderungen, beherrschen den Materialmix, sind crashfest, widerstehen dynamischen Belastungen und können Batteriemodule völlig luftdicht gegen äußere Medien, zum Beispiel Wasser versiegeln. Wärmeleitfähige Klebstoffe sind sogar in der Lage, die beim Laden und Entladen generierte Hitze abzufüh-

ren und so eine Schädigung der Zellen zu verhindern. Auch hinsichtlich Nachhaltigkeit tragen die richtigen Klebstoffe in der Optimierung des Thermomanagements von Akkus dazu bei, die Haltbarkeit verlängern und Leistungsfähigkeit zu verbessern.

Seit Aufkommen der E-Mobilität in den 2000er Jahren wird zunehmend auf den Einsatz einzelner Batteriemodule verzichtet. Stattdessen baut man Batteriezellen direkt in ein großes Batteriepack ein. Indem man auf diese Weise einen Integrationsschritt überspringt, kann eine größere Anzahl an Zellen verbaut und gleichzeitig die Anzahl der Batteriekomponenten reduziert werden. Diese sogenannte „cell-to-pack“-Technik wird häufig angewandt, um Platz und Kosten einzusparen und die Batterieleistung so zu erhöhen, dass elektrisch betriebene Fahrzeuge mit mehr Reichweite und Speicherkapazität aufwarten können.

## Lithium: sehr reaktionsfähig und leicht brennbar

Der Trend hin zu größeren Batteriezellen birgt jedoch ein Risiko. Das in den Zellen enthaltene Metall Lithium ist sehr reaktionsfähig und leicht brennbar. Schnellladungen sind ebenso schädlich für die Batterie wie Über- und Unterladungen oder Ladungen bei zu niedrigen Temperaturen. Lithium-Ionen-Batterien sind nur für eine bestimmte Menge an elektrischer Energie ausgelegt. Wird diese Grenze überschritten, kann die Zellchemie degenerieren. Ein instabiler Batteriezustand hat in der Regel eine Überhitzung der Zellen zur Folge. Dieser einmal begonnene Prozess des „Thermal Runaways“ kann nicht mehr gestoppt werden. Die Folge sind Kurzschlüsse oder Brände. Mit der Frage, wie man modulfreie Batteriesysteme wirksam gegen Feuer schützen kann, hat sich das amerikanische Klebstoffunternehmen H.B. Fuller intensiv auseinandergesetzt. H.B. Fuller ist jahrzehntelanger Partner der Ruderer Klebetechnik GmbH und beliefert seit mehr als einem Jahrhundert Branchen wie die Elektrotechnik, Automotive und Transport, Bau und Konstruktion, Medizintechnik, Möbelfertigung sowie die Textil- und Kunststoffverarbeitung.

Aufgrund der immer höheren Ansprüche an elektrische Fahrzeuge arbeitet H.B. Fuller kontinuierlich daran, die Sicherheit von Batterien durch die Optimierung seiner Kleb- und Dichtstoffe zu verbessern. Von dem Unternehmen wurde speziell für Batterien der Batterieschaum EV Protect 4006 SFR E entwickelt und patentiert. Dieser Zweikom-

ponenten-Polyurethanschaum hat eine sehr niedrige Dichte. Er bietet Batteriekonstruktoren die Möglichkeit, die Leistungsdichte ihres Moduls zu erhöhen und gleichzeitig die Ausbreitung von Wärme zu hemmen. Der Schaum wird direkt zwischen die Batteriezellen gegeben, dort verhindert er, dass eine in Brand geratene Zelle die Nachbarzellen entzündet. Auf diese Weise kann eine Überhitzung der Batterie (Thermal Runaway) gar nicht erst entstehen.

## Batterieschaum minimiert Gewichtsbelastung

Das gilt natürlich umso mehr für damit verbundene weitere Reaktionen (thermische Propagation) wie Entzündungen oder Explosionen. Der Batterieschaum minimiert zugleich die Gewichtsbelastung von Batteriemodulen, absorbiert äußere Umwelteinflüsse und reduziert Stöße, Lärm und Vibrationen. Fahrzeuge und Geräte, die mit EV Protect 4006 SFR E ausgestattet sind, bieten ihren Insassen oder Nutzern hohe Sicherheit.

Batterien werden auch als Energiespeichersysteme (Energy Storage Systems) genutzt und für viele andere Geräte benötigt – unter anderem für Displays, E-Bikes, E-Motorräder, Kameramodule, Rasenmäher, Sensoren, Smart Surfaces, Staubsaugerroboter und Küchenmaschinen. Für die Konstruktion der Batterien bietet H.B. Fuller viele weitere Kleb- und Dichtstoffe. Unter der Reihe EV Bond, EV Seal, EV Therm und EV Protect sind alle Hochleistungsprodukte gebündelt, die bereits erfolgreich in der Batterieherstellung zum Einsatz kommen. So sind unter dem Begriff Bonding (Kleben) alle Kleb- und Dichtstoffe zusammengefasst, die für diverse Anwendungen beim Montieren von Batteriemodulen und Batteriepacks in Frage kommen. In die Bonding-Reihe fällt beispielsweise der hochfeste und elastische 2-K PUR-Klebstoff EV Bond 300. Mit ihm lassen sich „cell-to-module“-Konzepte ebenso hervorragend befestigen wie MICA- oder EMI Folien. Unter den Bereich Protection (Schutz) fallen alle Produkte, die die Sicherheit von Batterien erhöhen. Sie vergießen, verkapseln, beschichten das Batteriegehäuse crashfest, schützen es zu 100% vor Feuchtigkeit oder verhindern das Ausbreiten eines Brandes wie der oben erwähnte Batterieschaum EV Protect 4006 SFR E. Im Bereich Sealing (Abdichten) geht es um flüssige Dichtmassen, Abdichtungen,

Flanschdichtungen sowie Form-in-Place-Dichtungslösungen (FIP). Speziell für das Abdichten von Batterien hat H.B. Fuller den EV Sea 200 entwickelt. Eine wiederablösbare Dichtung ist der 1-K Hotmelt EV SEAL 500. Ein thermisch leitfähiger Klebstoff ist der MMA Strukturklebstoff EV Therm 420, der unter den Bereich Thermal Management (Wärmemanagement) fällt und die Wärme von Batterien wegtreibt. Insbesondere beim Cold-Plate-Bonden, wo Batteriezellen auf eine Kühlplatte geklebt werden, bietet dieser Klebstoff eine hohe Durchschlagsfestigkeit.

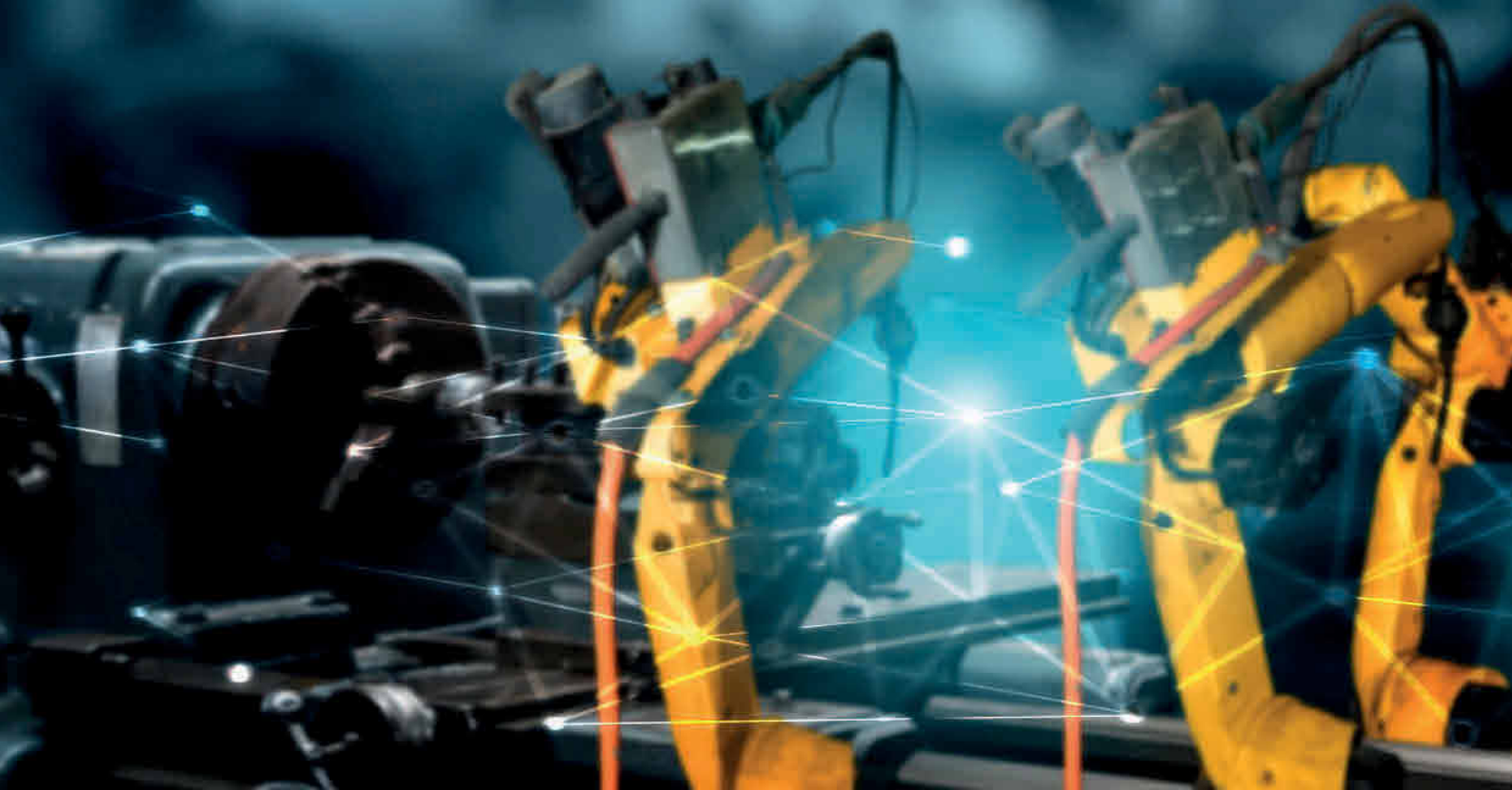
Mit seinen Klebstoffen schützt und sichert H.B. Fuller Batterien im Hochvoltbereich vor mechanischer Beschädigung, Überhitzung, Kurzschluss und Akku-Brand. Letzteres sollte unbedingt vermieden werden, weil Lithium-Ionen-Batterien im Brandfall eine hohe thermische Energie freisetzen und toxische Rauchgase entwickeln. Die Schlagfestigkeit und der thermische Runaway-Schutz von Kleb- und Dichtstoffen ist daher ein entscheidender Sicherheitsfaktor in der Batterie-Konstruktion.

## Komplexe Zellengeometrie erfordert passenden Kleber

Aber auch die komplexe Geometrie der Zellen erfordert multifunktionale Hochleistungsprodukte, die für ausreichend Stabilität und Langlebigkeit sorgen. Um Klebstoffe in Produktionsprozessen in einer möglichst kurzen Zykluszeit auftragen zu können, müssen Dosierleistung und Geschwindigkeit so verknüpft sein, dass ein gleichmäßiger Klebstoffauftrag möglich ist. All das gewährleisten die Kleb- und Dichtstoffe von Ruderer in Zusammenarbeit mit H.B. Fuller. Sie lassen sich automatisch dosieren und optimieren mit ihrer geplanten Aushärtung jeden Produktionsprozess. Ob beim Abdichten und Kleben modularer Batteriekonzepte oder ganzer Batteriepacks – die maßgeschneiderten Speziallösungen von Ruderer sind regelrechte Senkrechtstarter, die Kontaminationen und mögliche Fehlfunktionen einer Batterie dauerhaft unterbinden und deren Sicherheit langfristig maximieren. ■

### Kontakt

Ruderer Klebetechnik GmbH  
85604 Zorneding  
Tel. (0 81 06) 24 21 – 0  
info@ruderer.de  
www.ruderer.de



**Bild 1:** Ein virtuelles Abbild der Automatisierungsanwendung ermöglicht das Aufdecken möglicher Störszenarien und kostengünstige Optimierungen. Foto: Blue Planet Studio@shutterstock.com

Schneller zur lauffähigen Applikation

# Virtuelle Inbetriebnahme mit dem digitalen Zwilling

Im Zuge der Digitalisierung von Produktionsprozessen ist der digitale Zwilling in aller Munde.

Im Kontext der deutschen Initiative „Plattform Industrie 4.0“ wird er oftmals mit der Asset Administration Shell (AAS) gleichgesetzt. Ein digitaler Zwilling kann aber mehr als eine AAS sein. Wird das Interagieren der einzelnen Komponenten einschließlich ihres Verhaltens simuliert, erhält der Anwender das digitale Abbild einer kompletten Automatisierungsapplikation.

**TEXT:** Rudolf Braun, Henning Heutger, Andreas Bucher-Brauer



**D**er Fertigungsbereich befindet sich im Wandel. Aufgrund der Forderung nach immer kürzeren Inbetriebnahmezeiten, höherer Flexibilität und steigender Qualität bei einer gleichzeitigen Senkung des Energieeinsatzes und der Emissionen ist eine stetig wachsende Zahl an digitalen Lösungen für den gesamten Lebenszyklus von Produkten sowie Produktionsprozessen und -ressourcen/-anlagen notwendig. Zu diesem Zweck werden digitale Zwillinge verwendet. Bei der Asset Administration Shell (Verwaltungsschale) handelt es sich um eine Umsetzung des industriellen digitalen Zwillings. Sie beinhaltet sämtliche wesentlichen Eigenschaften und Fähigkeiten, jedoch auch Konfigurationen und Zustandsinformationen von Automatisierungskomponenten. Die AAS lässt sich somit als digitales Abbild über deren kompletten Lebenszyklus nutzen.

Beim digitalen Zwilling geht es um eine digitale Darstellung der Komponenten eines Fertigungssystems, ihre Interaktionen sowie ihr Verhalten. Der digitale Zwilling kommt unter anderem zur Simu-

lation und Analyse des Produktionssystems zum Einsatz. Bei seiner Verwendung entstehen Lösungsansätze, um zum Beispiel das Verhalten eines Fertigungssystems unter verschiedenen Betriebsbedingungen nachzubilden und potenzielle Störszenarien zu erkennen, bevor sie in der realen Welt auftreten. Daher erweist sich die virtuelle Inbetriebnahme als einer der entscheidenden Anwendungsfälle eines industriellen digitalen Zwillings, insbesondere in komplexen Produktionssystemen. Dabei wird eine virtuelle Umgebung zum Testen einer Maschine, eines Systems oder des gesamten Fertigungsprozesses genutzt, ohne dass diese real vorhanden sein müssen. Der Test kann rein virtuell vor der Integration von Hardwarekomponenten stattfinden ebenso wie begleitend zur Integration unter Einbeziehung bereits eingebundener Hardwarekomponenten.

Der Fokus der virtuellen Inbetriebnahme geht allerdings darüber hinaus, weil diese das dynamische Zusammenspiel der am Produktionsprozess beteiligten Komponenten simuliert. Die virtuelle Inbetriebnahme bietet eine Reihe von Vorteilen. So ist es kosteneffizienter, ein

virtuelles Modell des Fertigungssystems noch vor dessen realer Vollendung zu prüfen. Die virtuelle Inbetriebnahme ermöglicht das sichere Testen von Produktionsprozessen und -systemen, ohne Mensch, Maschine und Umwelt zu gefährden. Außerdem kann sie dazu beitragen, Fehler frühzeitig zu detektieren und kostengünstiger zu beheben. Das verbessert die Qualität des Endprodukts und verkürzt ferner die Anlaufzeit.

### Tool zum Realisieren einer virtuellen Inbetriebnahme

Bei der RF::Suite der EKS InTec GmbH handelt es sich um ein renommiertes Software-Tool zum Realisieren einer virtuellen Inbetriebnahme im Maschinen- und Anlagenbau. Aufgrund ihres modularen und skalierbaren Ansatzes lässt sich die RF::Suite unter Einsatz unterschiedlicher Applikationen flexibel verwenden und erfüllt die täglichen Anforderungen einer virtuellen Nachbildung eines physischen Fertigungssystems. Das Software-Tool hat sich speziell in der Automobilbranche als fester Bestandteil im Entstehungsprozess eines Produktionssys-



**Bild 2:** Die virtuellen Inbetriebnahme mit der RF::Suite der EKS InTec GmbH: ein typischer Anwendungsfall des digitalen Zwillings. Foto: Phoenix Contact

tems etabliert. Aufgrund von automatisierten Abläufen und Vorgehensweisen erlaubt die RF::Suite den Anwendern eine effiziente Durchführung der virtuellen Inbetriebnahme (**Bild 2**).

## Vorteile über die virtuelle Inbetriebnahme hinaus

Durch die weitere Nutzung während des Anlagenbetriebs bietet der digitale Zwillings des Fertigungsprozesses über die virtuelle Inbetriebnahme hinaus zusätzliche Vorteile. Er lässt sich beispielsweise zur Unterweisung des Bedien- und Wartungspersonals einsetzen.

Die Mitarbeitenden eignen sich dabei durch integrierte Lernmethoden im virtuellen Schulungssystem erste Erfahrungen an, noch bevor sie das erste Mal an der realen Anlage tätig sind. Die Realitätsnähe ist zwar unerlässlich, kann aber unabhängig von der Steuerungshardware des Produktionssystems sichergestellt werden, sofern die tatsächliche Steuerungslogik zur Anwendung kommt.

Hinter der PLCnext Technology von Phoenix Contact verbirgt sich ein offenes Ecosystem für aktuelle und zukünftige Automatisierungsanforderungen. Die Technik ermöglicht die Kombination von Automatisierungsaufgaben und IIoT-An-

sprüchen in einem Gerät. Abgesehen von der Steuerungshardware umfasst das Ecosystem die modulare Softwareplattform PLCnext Engineer, den digitalen Marktplatz PLCnext Store, die informative PLCnext Community sowie die Option einer systemischen Cloud-Integration (**Bild 3**).

Die innovative Firmware-Architektur setzt auf einer Linux-Plattform auf und ermöglicht dem Anwender die Nutzung von IEC61131-3-Code sowie von zahlreichen Hochsprachen – etwa C, C++ und C# – und Regelalgorithmus-Modellen aus Matlab Simulink zum Ablauf im Echtzeitkontext einer deterministisch arbeitenden SPS. Ein Steuerungsprogramm kann dabei aus lediglich einer oder einem beliebigen Zusammenspiel der aufgelisteten Programmiersprachen bestehen. Die Anwender entwickeln also in der von ihnen präferierten Umgebung, was die Codeerstellung deutlich beschleunigt. Darüber hinaus erlaubt die offene PLCnext-Plattform eigene Erweiterungen der Anwender um Linux-basierte Komponenten wie ein Datenmanagement oder zusätzliche Kommunikationsprotokolle. Auch diese funktionalen Erweiterungen lassen sich in verschiedenen Programmiersprachen – zum Beispiel Python oder Java – sowie mit unterschiedlichen Technologien umsetzen: vom Einsatz von Open-Source-basierten Programmen bis zur Ausführung von Container Images.

## Virtuelles System testet physikalische Steuerung

Im Rahmen einer virtuellen Inbetriebnahme bieten sich verschiedene Möglichkeiten der Steuerungsrealisierung an. In der Vergangenheit wurde vermehrt ein Hardware-in-the-Loop-Konzept (HiL) genutzt, in dem eine reale Hardwaresteuerung zur Anwendung kommt. In einem solchen Konzept wird die physikalische Steuerung, die das zu simulierende und zu testende Anwenderprogramm zum Ablauf bringt, mit einem virtuellen Automatisierungssystem verbunden. Auf diese Weise sollen ungewolltes Verhalten korrigiert, mögliche Optimierungspotenziale erkannt und die Funktion des Produktionssystems sichergestellt werden. Damit beide Systeme gut miteinander interagieren können, ist eine nahtlose Kopplung ohne weiteren Programmieraufwand notwendig. Mit der RF::Suite

## VORTEILE DER VIRTUELLEN INBETRIEBNAHME

Bei der virtuellen Inbetriebnahme handelt es sich um eine Technik, bei der eine virtuelle Umgebung verwendet wird, um ein Produktionssystem zu testen, bevor der eigentliche Fertigungsprozess startet. Dieses Vorgehen bietet zahlreiche Vorteile, beispielsweise:

- eine Reduzierung der Kosten, denn das Testen und Optimieren eines virtuellen Modells ist im Vergleich zu einem realen Modell wirtschaftlicher.
- eine Zeitersparnis, weil sich die virtuelle schneller als eine reale Inbetriebnahme durchführen lässt.
- ein Erhöhen der Sicherheit, weil Prozesse und Systeme im Rahmen einer virtuellen Inbetriebnahme sicher überprüft werden können, ohne dass es zu gefährlichen Situationen kommt.
- ein Verbessern der Qualität, denn eine virtuelle Inbetriebnahme kann dazu beitragen Fehler frühzeitig zu erkennen und zu beheben, was die Güte des Endprodukts steigert.
- die Nutzung des virtuellen Modells für die Schulung des Bedienpersonals im Umgang mit dem Produktionssystem.





**Bild 3:** PLCnext Technology, das offene Ecosystem als Grundlage zum Lösen von Automatisierungs- und IIoT-Aufgaben. Foto: Egorov Artem@Shutterstock.com

werden dazu alle erforderlichen Informationen aus dem PLCnext Engineer Projekt ausgelesen, um dann die passende Simulation des projektierten physischen Systems generieren zu können.

### Simulation des Anwenderprojektes

Neben der Simulation des angeschlossenen Automatisierungssystems ist eine Simulation des Anwenderprojektes, das später auf einer Steuerungshardware ausgeführt werden soll, ebenfalls hilfreich. So lassen sich schon während der Entwicklung des Programmcodes sowie ohne verfügbare Steuerungshardware erste Testscenarien und Codeverbesserungen durchführen. Mit der PLCnext Engineer Simulation kann der Anwender sein Projekt bereits auf dem Engineering-PC in einer virtuellen Umgebung konfigurieren, ausführen und testen. Der IEC61131-3-Code lässt sich dabei zusammen mit Matlab-Simulink-Modellen und Hochsprachenkomponenten, die mit anderen Entwicklungsumgebungen erstellt wurden, simulieren. Als zusätzliche

Funktionen sind zudem die Webvisualisierung in vollem Funktionsumfang, das webbasierte Management sowie eine OPC-UA-Serververbindung eingerichtet und einsetzbar.

Damit nun eine von den installierten Hardwarekomponenten des Fertigungssystems vollständig losgelöste Simulation umgesetzt werden kann, bedarf es einer Steuerungssimulation mit Anbindung an das virtuelle Automatisierungssystem. Mit der Weiterentwicklung der PLCnext Engineer Simulation wird es so möglich sein, das simulierte Anwenderprogramm über die konfigurierte I/O-Kommunikation mit der Simulation des physischen Systems zu betreiben. Ist das gesamte Automatisierungssystem virtuell nachgebildet, handelt es sich um eine Software-in-the-Loop-Realisierung (SiL). Der digitale Zwilling wird also nicht nur für einzelne Komponenten, sondern für das komplette zu automatisierende System erschaffen.

Aufgrund einer virtuellen Inbetriebnahme im Entstehungsprozess eines Fertigungssystems ergibt sich abgesehen von den Zeit- und Kostenvorteilen weiterer Nutzen. Es wird beispielsweise ein digita-

les Abbild generiert, das über den gesamten Lebenszyklus für verschiedene Szenarien herangezogen werden kann – von Fehleranalysen über kontinuierliche Optimierungen und Erweiterungen bis zu Mitarbeiterschulungen. Aus dem verbesserten Zusammenspiel von PLCnext Engineer und der RF::Suite resultiert eine Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten für diesen digitalen Zwilling der Automatisierungsanwendung. ■

**Rudolf Braun**  
ist Product Manager PLCnext Controls

**Henning Heutger**  
ist Master Project Manager PLCnext Technology  
beide Phoenix Contact Electronics GmbH  
Bad Pyrmont;  
[www.plcnext-community.net/](http://www.plcnext-community.net/)

**Andreas Bucher-Brauer**  
ist Head of Digital Services EKS InTec GmbH  
Weingarten  
[www.eks-intec.de/vibn.html](http://www.eks-intec.de/vibn.html)

# Effiziente Methoden für die Fahrzeugaußengeräusch-Entwicklung und -Homologation



**Bild 1:** Versuchsaufbau für die Außengeräusch-Untersuchung eines Brennstoffzellenfahrzeuges auf dem IPEK-Akustikrollenprüfstand mit Mikrofonarray (links), akustischer Kamera (re. oben) sowie Software-Ausgabe der akustischen Kamera (re. unten) [2]. Foto: Verfasser

Bei der Entwicklung und Produktion neuer Fahrzeuge existieren heutzutage viele Vorschriften und Gesetze, die die Hersteller vor neue oder sich ändernde Herausforderungen stellen. Somit steigt der Bedarf an neuen Methoden, welche bereits frühzeitig im Produktentwicklungsprozess, bei einer Betrachtung auf Komponentenebene unterstützen. Durch diese können ungünstige Einflüsse von Teilsystemen des Fahrzeugs auf das Gesamtsystem früher identifiziert und gegebenenfalls vermieden werden. Im Bereich der Lärmemission von Fahrzeugen, sind insbesondere die komplexen Schallübertragungspfade von Komponente zum Außengeräusch eine große Herausforderung. Dadurch werden Vorhersagen über die akustischen Auswirkungen von beispielsweise Bauteiländerungen auf das Gesamtsystem erschwert. Eine abschließende Bewertung und Beurteilung ist daher oft erst nach der Entwicklung des Gesamtfahrzeugs möglich ist. Änderungen und Optimierungen zu diesem Zeitpunkt gehen in der Regel mit hohem Aufwand und Kosten einher. Das IPEK –

Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) arbeitet deshalb im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projektes an effizienten Methoden zur NVH-gerechten Entwicklung neuer Antriebskomponenten im Gesamtfahrzeugkontext. Relevante Optimierungspotenziale ergeben sich dabei unter anderem im Bereich der Homologation von Fahrzeugen bezüglich des Außengeräuschs. Für die Homologation von Kraftfahrzeugen darf deren abgestrahltes Geräusch während einer Vorbeifahrt einen durch den Gesetzgeber definierten Grenzwert nicht überschreiten. Das Vorbeifahrtsgeräusch kann unter Laborbedingungen in einer akustischen gedämmten Halle bei der sogenannten simulierten Vorbeifahrt untersucht werden (Bild 1, li.). Für die Messungen auf dem Prüfstand werden jedoch große Akustikhallen benötigt, deren Bau mit sehr hohen Kosten verbunden sind. Daher gibt es für dieses Verfahren den Ansatz, den Messaufbau so zu skalieren, dass die Messungen auch in kleinen Hallen durchgeführt

werden können, um somit Baukosten und Aufwand bei den Versuchen zu verringern. Voraussetzung dafür ist, dass die Hauptschallquellen des Fahrzeugs auf einen repräsentativen Punkt, dem sogenannten akustischen Zentrum, zusammengefasst werden. Auf dieses Zentrum kann dann das gesamte Messverfahren skaliert werden. [1] Zur Bestimmung der Hauptschallquellen des Fahrzeugs kommt im Rahmen des Forschungsprojektes die am IPEK vorhandene akustische Kamera zum Einsatz (Bild 1, re. oben). Mit deren Hilfe können die Einzel-Schallquellen des Fahrzeugs, zum Beispiel Reifen, Elektromotor, Getriebe oder Brennstoffzellensystem, identifiziert, lokalisiert und quantifiziert werden (Bild 1, re. unten). Im Verlauf des Projektes wurde eine Methode zur Berechnung des akustischen Zentrums aus diesen Teilschallquellen entwickelt. Dazu werden die Positionen der Schallquellen mit deren Beitrag zum Gesamtgeräusch in Verhältnis gesetzt und miteinander verrechnet (ähnlich Schwerpunktsatz). Dank der akustischen Kamera

kann somit zu jedem Zeitpunkt eines Fahrmanövers der Beitrag der Einzelschallquellen ermittelt und für die Berechnung berücksichtigt werden. [2] Im Verlauf des Projekts wurde außerdem eine Methode entwickelt, mit deren Hilfe die identifizierten Einzel-Schallquellen virtuell „ausgetauscht“ oder neue Schallquellen hinzugefügt werden können. Damit können Änderungen an Komponenten, beispielsweise im Rahmen einer Produktgenerationsentwicklung, am physischen Restfahrzeug der vorherigen Generation simuliert und deren akustische Auswirkung auf das Gesamtfahrzeuggeräusch untersucht werden. Somit können schon frühzeitig im Produktentwicklungsprozess Vorhersagen über das Fahrzeugaußengeräusch getroffen werden, ohne auf teure Prototypen zurückgreifen zu müssen. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 426490586

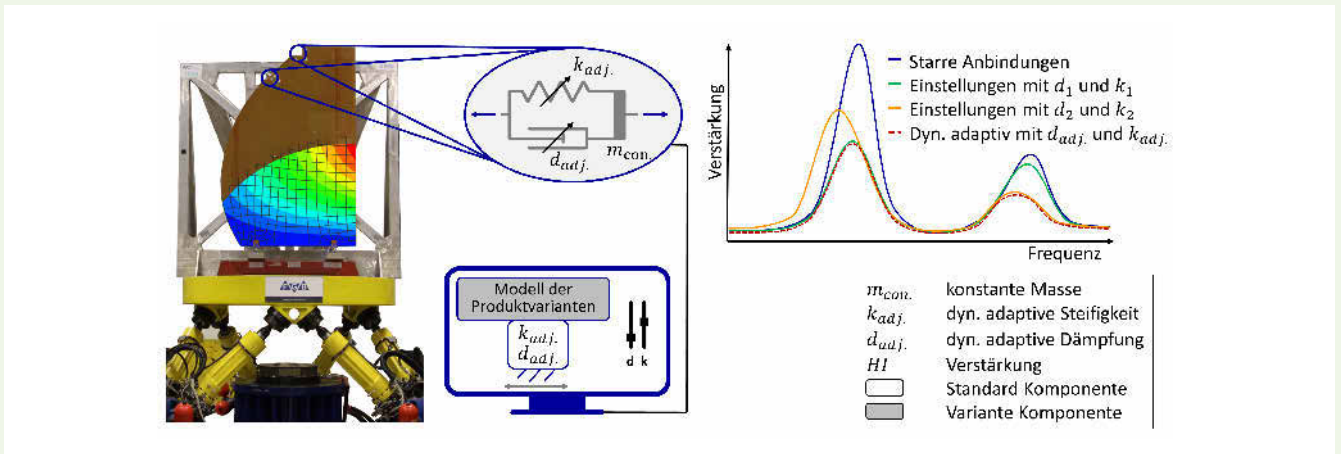
## Literatur

- [1] Robens, G., Ein Handlungssystem zur Skalierung der simulierten Vorbeifahrt mittels Mikrofonarray für eine effiziente Validierung in kleinen Halbfreifeldräumen im Fahrzeugentwicklungsprozess, IPEK Forschungsbericht Band 61, Hrsg.: o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers, ISSN 1615-8113
- [2] Weber, Y., Behrendt, M., Gohlke, T., Albert, A., Method for Localisation of Sound Sources and Aggregation to an Acoustic Center, Inter-Noise, Washington, 2021

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.  
**Albert Albers**  
**Yannik Weber**, M. Sc.  
IPEK – Institut für  
Produktentwicklung  
Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT)

# Anpassbare Impedanzelemente zur Schwingungsreduzierung von Flugzeugstrukturen

## Nachweis und Anwendung auf Schwingungsprüfständen



**Bild 1:** Im dem Projekt wurden einstellbare Impedanzelemente erforscht, um nachgiebige Randbedingungen beim Testen und Validieren von physischen Produkten abzubilden. *Grafik:Verfasser*

Flugzeuge sind dynamischen Belastungen ausgesetzt, welche hohe Beanspruchungen in Leichtbaustrukturen, wie Kabinenelementen, herbeiführen. Ein sicherheitsrelevanter Auslegungsfall bei Kabineninterieur ist insbesondere der so genannte Windmilling-Lastfall, bei dem sich eine oder mehrere Turbinenschaufeln in Folge eines Schadens während des Fluges lösen. Die abgeschaltete Turbine wird weiter durch den Luftstrom angetrieben und durch die resultierende Unwucht eine Schwingung erzeugt. Dieses führt zu einem fremderregten Aufschwingen des gesamten Flugzeugs und kann zu einer Gefährdung der Passagiere und Versagen der Flugzeugstruktur führen. Ein sicherer Weiterflug und folgende Landung sind nach Luftfahrtspezifikation EASA CS25 zu gewährleisten. Um das dynamische Verhalten von Leichtbaustrukturen zu untersuchen, werden diese in einem definierten Frequenzbereich angeregt und das resultierende Verhalten der Struktur analysiert. Hierzu sind eine Vielzahl an Versuchen mit unterschiedlichen Kabinenelementen und Strukturen notwendig.

Die Herausforderung bei der Untersuchung von Produktfamilien der Flugzeugkabine ist der erhebliche Aufwand in deren Untersuchung und Zertifizierung, weshalb in der Praxis Produktfamilien von Kabinenelementen nur mit starren Anbindungen zwischen den jeweiligen Produktvariante und Prüfstand abgebildet werden. Eine gezielte Änderung der Schnittstelleneigenschaften, wie deren Steifigkeit und Dämpfung, bietet das Potential, das Schwingungsverhalten von Strukturen positiv zu beeinflussen und Aufschwingen signifikant zu reduzieren. Eine Erweiterung der Systembetrachtung über die Schnittstelle hinaus geht jedoch mit einem enorm steigenden Test- und Auslegungsaufwand der hierfür notwendigen Vielzahl an auszuliegenden Schnittstellen, Rüstzeiten und Versuchsdurchläufe je zu untersuchender Produktvariante einher. Im DFG geförderten Projekt „AIProVE – Adjustable Impedance Elements for Product Validation in Compliant Environments“ wurden einstellbare Impedanzelemente in Kooperation mit dem IPEK vom

KIT und dem pd|z der ETH Zürich erforscht, um nachgiebige Randbedingungen beim Testen und Validieren von physischen Produkten abzubilden. Anpassbare Impedanzelemente sind Maschinenelemente bestehend aus separat einstellbaren Federelement und separat einstellbaren Dämpferelement, welche als Schnittstellenelement in der Versuchstechnik eingesetzt werden. Der Einsatz von anpassbaren Impedanzelementen als Schnittstellen erweitert die zu untersuchende Systemgrenze um die Anbindungsstellen und kann daher zu ganzheitlich optimierten dynamischen Systemen führen. Die Verwendung von anpassbaren Impedanzelementen als Schnittstellen reduziert den Versuchsaufwand, da die Anpassung der Schnittstelleneigenschaften manuelle Verhaltensanpassung ermöglicht, ohne Rüstzeiten zum Austausch der Schnittstellen. Damit ermöglichen sie die schwingungsoptimierten Systeme auf Prüfumgebungen umzusetzen. Eine automatische Verstellung im Versuchsbetrieb würde es

ermöglichen eine Vielzahl an Versuchskombinationen, resultierend aus Produktvarianten und Schnittstelleneigenschaften, deutlich effizienter umzusetzen. Damit wäre es möglich, Kennfelder des Schwingungsverhaltens über Schnittstelleneigenschaften zu untersuchen und damit Untersuchungen ganzheitlich schwingungsoptimierter Produktfamilien zu ermöglichen. Eine Anpassung der Schnittstelleneigenschaften an die jeweilige optimale Resonanz kann im Betrieb umgesetzt werden und damit eine Schwingungsreduzierung abhängig von der Anregungsfrequenz erreicht werden. Der Schritt zu solchen multistationär einstellbaren Schnittstellen für die Versuchstechnik weist weiteren Forschungsbedarf auf, womit auch der Weg in die reale Anwendung unter deren Betriebsbedingungen möglich wird.

Prof. Dr.-Ing. **Dieter Krause**  
**Emil Heyden**, M.Sc.  
 Institut für Produktentwicklung  
 und Konstruktionstechnik (PKT)  
 Technische Universität Hamburg  
 (TUHH)



# Defense-in-Depth als neues Paradigma der sicherheitsgerechten Produktentwicklung: interdisziplinäre, bedrohungsbewusste und lösungsorientierte Security

I. Gräßler, E. Bodden, D. Wiechel, J. Pottebaum

**INHALT** Der verlässliche Betrieb von technischen Produkten wird zunehmend durch bewusste Angriffe bedroht. Vollständige Sicherheit ist dabei nicht möglich, durchschlagende Angriffe sind unvermeidbar (Assume Breach). Dies erfordert einen Paradigmenwechsel in der sicherheitsgerechten Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme hin zu Defense-in-Depth. Systeme müssen so ausgelegt werden, dass sie auch bei gezielten Angriffen möglichst hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit gewährleisten. Der hier beschriebene Lösungsansatz erweitert das Systemmodell um Angriffsszenarien und Verteidigungslinien. Diese werden am Beispiel eines industriellen Schließsystems zur Anlagensicherheit erläutert. Entwickler werden sensibilisiert, Angriffe systematisch zu berücksichtigen und interdisziplinär Verteidigungselemente gegenüber Bedrohungen und Angriffen zu spezifizieren.

## Defense-in-Depth as a new paradigm of security-oriented product engineering: interdisciplinary, threat-aware and solution-oriented security

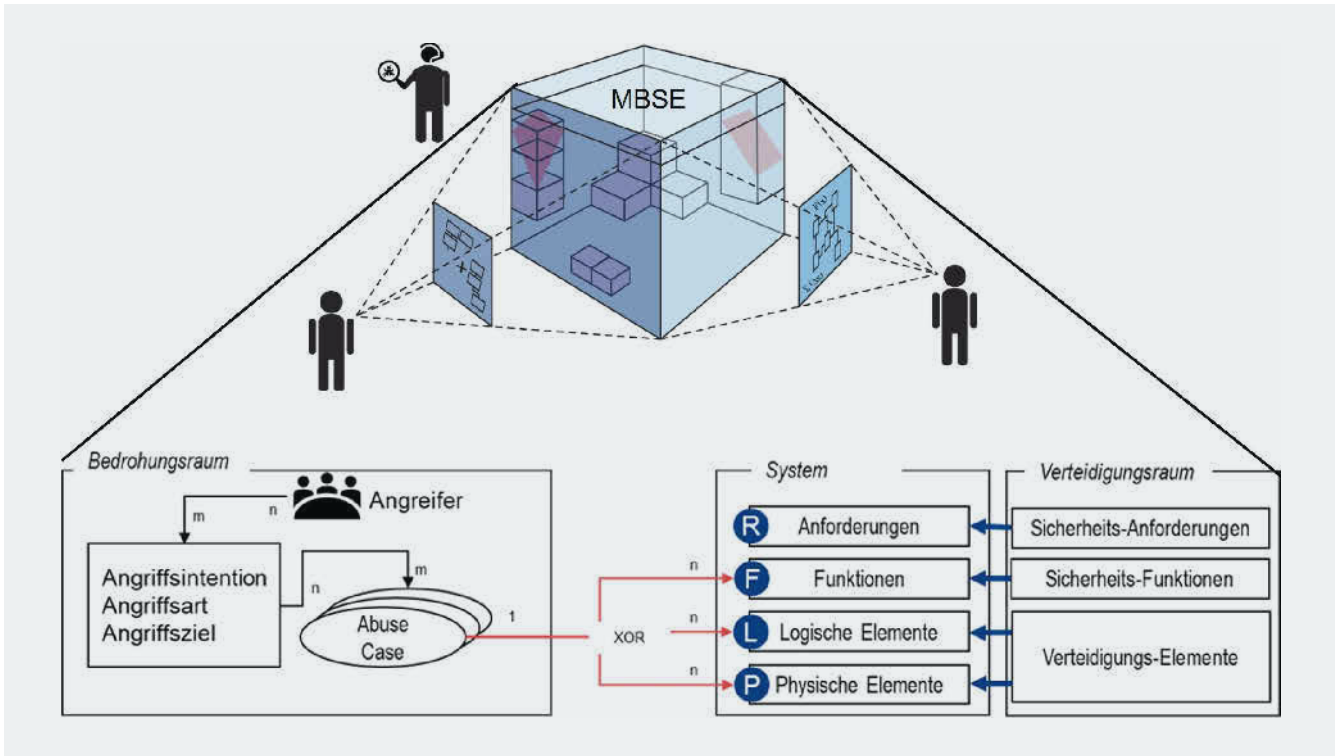
**ABSTRACT** The reliable operation of technical products is increasingly threatened by deliberate attacks. Complete security is not possible, striking attacks are unavoidable (assume breach). This requires a paradigm shift in security-oriented engineering of mechatronic and cyber-physical systems towards Defense-in-Depth. Systems need to be engineered in a way that full reliability and security are ensured even in case of targeted attacks. The solution approach described here expands the system model to include attack scenarios and lines of defence. It is applied to an industrial locking system for plant security as an example. Developers are sensitised to systematically consider attacks and to specify interdisciplinary defence elements against threats and attacks.

## 1 Motivation

Gefährdungssituationen auf Grund von bewussten Angriffen werden beim sicherheitsgerechten Konstruieren [1] zwar angedeutet, ihre Besonderheiten jedoch nicht detailliert. Offensichtlich wird das auch im Bereich der Anlagensicherheit [2, 3]: In der aktuell geltenden EU-Maschinenrichtlinie [4] sind bewusst herbeigeführte Gefährdungen lediglich in Bezug auf „Fehlanwendungen“ vorgesehen und damit nicht Teil der Auflagen an Anlagenbauer. Die Gefahr von Angriffen ist dabei in der Industrie weithin bekannt. In einer Studie des VDMA [5] berichtet etwa die Hälfte der Befragten bereits von finanziellen Schäden, etwa 30 % verzeichnen Produktionsausfälle. Von externen „Hacker-Angriffen“ ist heutzutage aus verschiedensten Unternehmen zu hören. Vor allem können IT-Angriffe auf Maschinen und Anlagen wirken [6]. Gefährdungen können allerdings nicht nur über die IT, sondern auch über physische Angriffe auf maschinenbauliche Komponenten erfolgen. Die Sicherheit gegenüber Angriffen (Security) umfasst die IT-Sicherheit, sollte aber beispielsweise auch im Sinne des Objektschutzes verstanden und deshalb nicht auf IT verkürzt werden. Security erweitert die funktionale Sicherheit (Safety) um den Schutz vor Ausfall, Know-how-Abfluss und

Spionage sowie Manipulation von Maschinen, Anlagen und Industriedaten [5]. Sie muss als globale Anforderung in der Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Gesamtsysteme [7] verstanden werden.

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen von Sicherheit im Allgemeinen und Security im Speziellen aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen zusammengetragen und Schnittstellen identifiziert. Das Konzept „Defense-in-Depth“ beschreibt die Philosophie einer mehrschichtigen oder abgestuften Verteidigungsstrategie [8]. Es folgt der Annahme, dass durchschlagende Angriffe auf Systeme grundsätzlich möglich sind. Dies betont die Sicherheitsstrategie „assume breach“: In der Entwicklung eines Systems wird angenommen, dass vollständige Security niemals erreicht werden kann. Eine Ursache ist beispielsweise, dass sich Verhaltensweisen von Angreifern über der Zeit verändern. Handlungsbedarf in Bezug auf Defense-in-Depth wird in Abschnitt 3 strukturiert und ein Lösungsansatz anhand von Systemmodellerweiterungen konzeptuell beschrieben. Dieses Konzept wird in Abschnitt 4 auf ein Fallbeispiel angewendet. Dabei wird neben der Safety auch die Security einer Anlage in einem Cyber-Physischen Produktionssystem (CPPS) unter anderem durch ein Schließsystem gewährleistet. Ingenieure erhalten in



**Bild 1.** Bedrohung und Verteidigung *Grafik: Verfasser*

der Entwicklung von Security-Maßnahmen Entscheidungsunterstützung in der Bewertung potenzieller Gefährdungssituationen und können geeignete Gegenmaßnahmen systemisch auswählen und in die Disziplinen herunterbrechen.

## 2 Grundlagen

Das Systemmodell gilt im Model-Based Systems Engineering (MBSE) für alle beteiligten Ingenieure als zentrales Entwicklungsartefakt [9]. In einem Systemmodell werden Entwicklungsartefakte miteinander verknüpft. Dabei werden Abhängigkeiten von Anforderungen über Funktionen sowie die logische Systemarchitektur bis hin zu „physischen“ Systemelementen berücksichtigt (AFLP bzw. englisch RFLP). Auf dieser Basis sind beispielsweise Analysen von Ursache-Wirk-Zusammenhängen möglich [10]. Anforderungen wie die erwartete Sicherheit eines Systems werden zunächst problemorientiert und lösungsneutral erhoben. Defense-in-Depth kann dann als Funktion spezifiziert und durch Elemente in der logischen Systemarchitektur sowie deren Implementierung in einzelnen Komponenten wie konstruierten Bauteilen oder programmierter Software erfüllt werden.

Eine Bedrohung umfasst variable Einflussfaktoren zur Beschreibung einer beabsichtigten Handlung, welche zur Manipulation oder Schädigung des Gesamtsystems führen. Die Bedrohung ist entsprechend als spezielle Form der Gefährdung zu verstehen, die die Security eines Systems direkt betrifft. Der Grad der Anfälligkeit eines Systems gegenüber Bedrohungen wird als Vulnerabilität bezeichnet. Eine Verteidigung umfasst Elemente der Systemstruktur oder des -verhaltens, welche schädigende Handlungen abwehren. Sie bewirken die Resilienz eines Systems im Sinne seiner Widerstandsfähigkeit gegenüber Bedrohungen. Die Elemente und Variablen der Bedrohung und Verteidigung können in einem Systemmodell maschineninterpretier-

bar abgebildet werden, indem die Systems Modeling Language (SysML) um neue Modellelemente und Abhängigkeiten erweitert wird. **Bild 1** zeigt eine schematische Einordnung von Bedrohung und Verteidigung in MBSE. Aufbauend auf Grundprinzipien wie dem Zusammenwirken von Systemelementen innerhalb einer definierten Systemgrenze können diese für eine integrierte Betrachtung und Analyse der Security und, indirekt, deren Wirkung auf die Safety komplexer technischer Systeme genutzt werden.

Dabei gilt Assume breach: „assume and accept the eventual failure of security and safety“ [11]. Beispielsweise kann eine verlässlich funktionierende Anlage als „Hintertür“ dienen, um die Produktion einer Systemkomponente zu manipulieren. Dies kann nach der Integration der Systemkomponente in ein übergeordnetes System zu einem Ausfall seiner Funktionalität führen oder sogar einen späteren Angriff zur Kompromittierung weiterer Systemkomponenten ermöglichen. Neben Misuse Cases [12] müssen Abuse Cases [13] systematisch hergeleitet, modelliert und analysiert werden. Diese können anschließend mit Entwicklungsartefakten verknüpft werden, um die Verteidigungslinien des Systems frühzeitig zu bewerten und zusätzliche Abwehr-Funktionalitäten zu implementieren. Die präventiv betrachteten bzw. antizipierten Misuse und Abuse Cases decken eine Vielzahl von Bedrohungsszenarien zur Vermeidung „blinder Flecken“ ab. Erforderlich ist ein durchgängiges Konzept, um Bedrohungen systematisch zu analysieren und Auswirkungen zu reduzieren.

## 3 Paradigma „Defense-in-Depth“

Die Evolution der Entwicklung sicherheitsgerechter Produkte erfordert die Umsetzung des Paradigmas „Defense-in-Depth“ [14]. Der Handlungsbedarf wird im Folgenden in vier Elementen aufgeteilt. Die Aufteilung zeigt **Bild 2**: Auf Basis einer Angreifer-

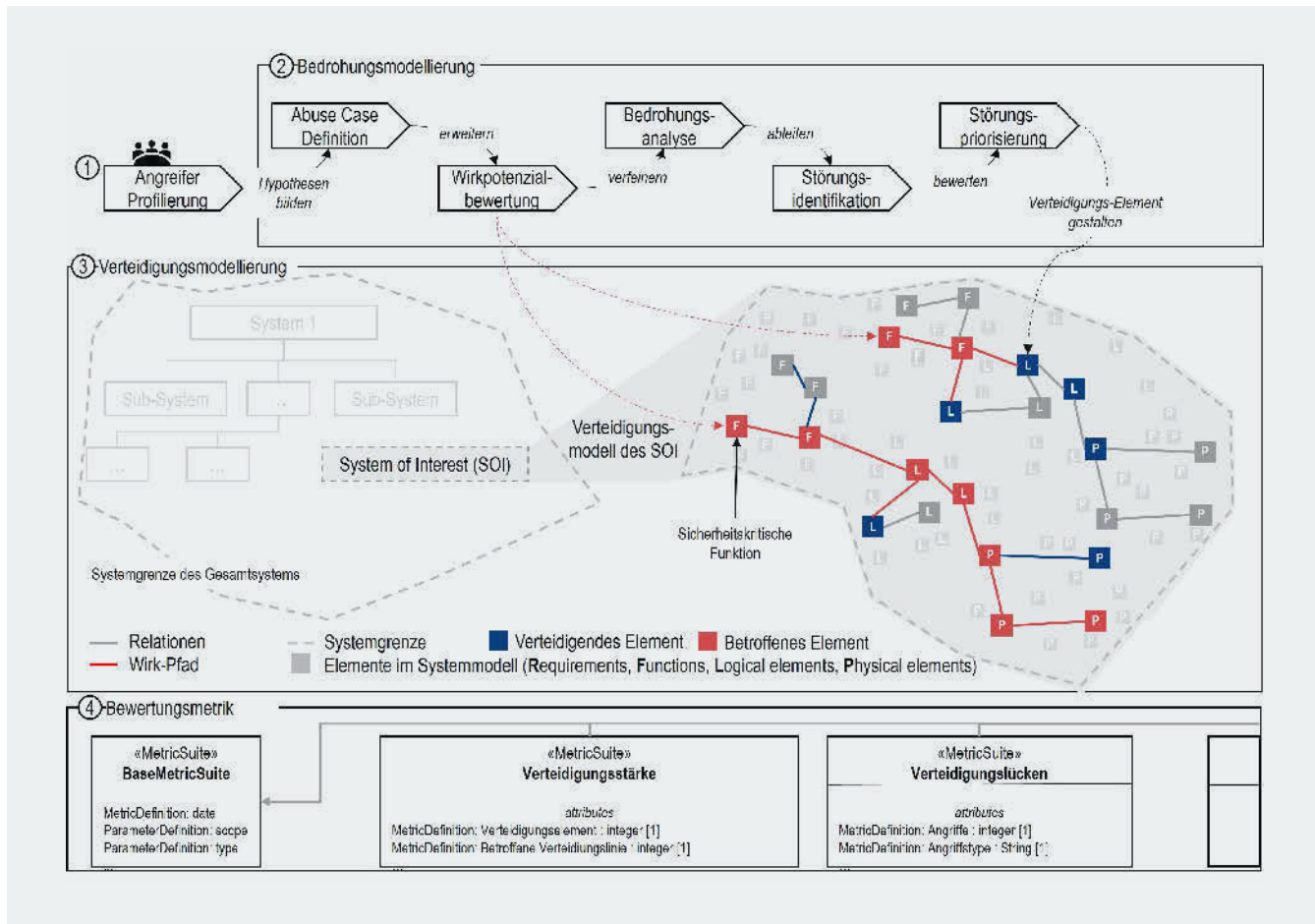


Bild 2. Darstellung des Defense in Depth Handlungsbedarfs Grafik: Verfasser

Profilierung (1) ist die vorausschauende Bedrohungsmodellierung (2) im Umfeld eines System of Interest (SOI) erforderlich. Die Verteidigungsfunktion muss durch die Verteidigungsmodellierung (3) im Systemmodell erfolgen. Eine Bewertungsmetrik (4) kann auf diesen Modellerweiterungen Defense-in-Depth handhabbar machen.

### Handlungsbedarf Angreiferprofilierung

Angreifer können in Abgrenzung zu anderen Stakeholdern anhand von drei Merkmalen charakterisiert werden: Angriffstention, Angriffsart und Angriffsziel. Die Angriffstention be-

schreibt Zweck oder Hintergrund eines Angriffs, beispielsweise die Erzwingung eines Systemstillstands, die beabsichtigte Herbeiführung von Personenschäden oder die Schädigung des Firmen-Images. Die Angriffsart beschreibt die Beschaffenheit eines Angriffs, beispielsweise ob eine tatsächliche Beschädigung einer Komponente angestrebt wird oder vielmehr die Abwandlung von Systemverhalten. Der Angriffspunkt beschreibt das initial betroffene Systemelement, aus dem sich eine Wirkkette als resultierender Angriffspfad entlang verknüpfter Systemelemente im Systemmodell ergibt. Eine Möglichkeit zur Abbildung von Angreifertypen ist die Gestaltung und Verwendung von Personavorlagen [15].

### Handlungsbedarf Bedrohungsmodellierung

Die Profilierung möglicher Angreifertypen bildet die Grundlage für die Analyse des Bedrohungsraums. Ausgehend von der Profilierung der Verursacher werden Hypothesen aufgestellt, um Missbrauchsfälle (Abuse Cases) je Angreifertyp herzuleiten. Einem Verursacher können ein oder mehrere Abuse Cases zugeordnet werden. Angelehnt an die Inhalte eines SysML Use Cases werden für einen Abuse Case zunächst fünf Merkmale festgelegt: Name, Ziel im Kontext, Verursacher-Profil, Trigger und Aktionen bzw. Schritte. Diese werden erweitert um eine Wirkpotenzialbewertung, die analog zur Formulierung von Anforderungen natürlichsprachlich und ggf. schablonenbasiert abgebildet wird. Die

**DEFENSE-IN-DEPTH**  
 Mehrschichtiger Verteidigungsansatz, um ein System durch interdisziplinäres Zusammenwirken von Verteidigungselementen gegenüber bewussten Angriffen zu schützen und bei Annahme erfolgreicher Angriffe resilient zu entwickeln.

**ASSUME BREACH**  
 Annahme, dass ein System nie vollständig sicher ist und in der Entwicklung trotz spezifizierter Verteidigungselemente erfolgreiche Angriffe angenommen werden müssen.

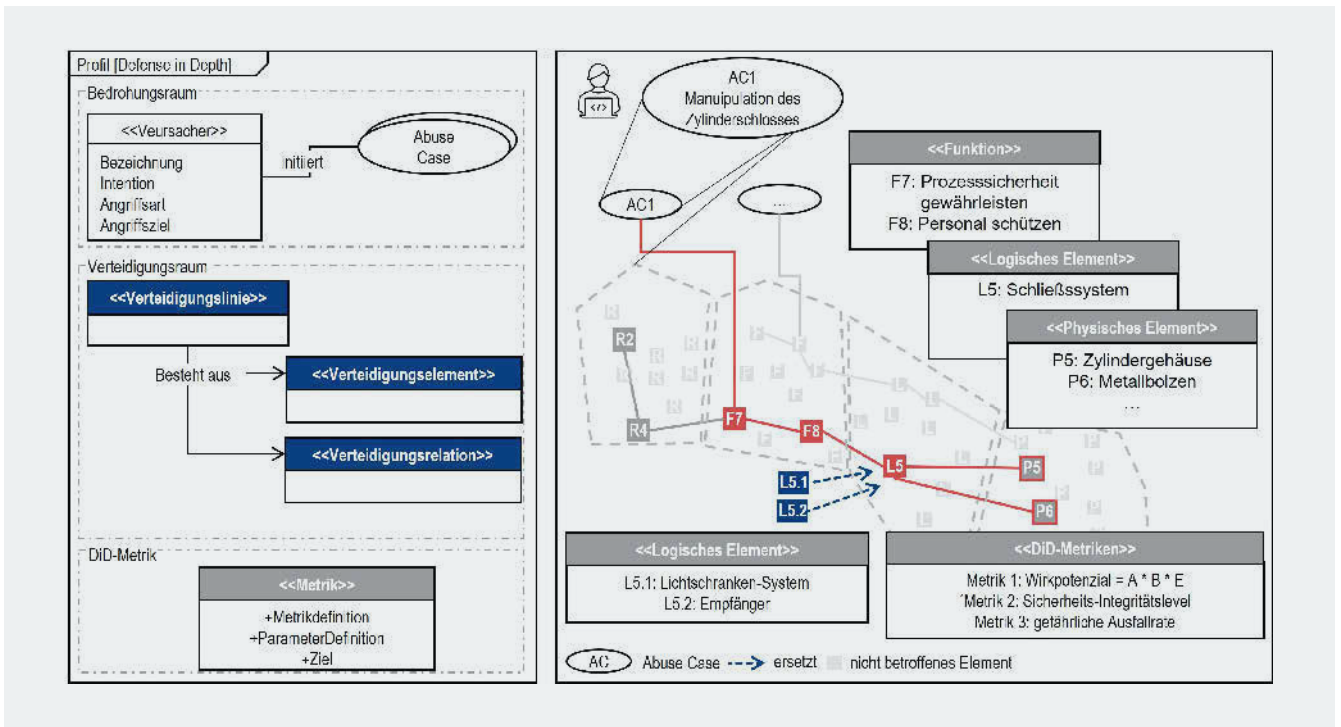


Bild 3. SysML Profil zur Abbildung des Defense-in-Depth Handlungsbedarfs. Grafik: Verfasser

Abuse Cases dienen anschließend im weiteren Entwicklungsprozess der Ableitung von Systemanforderungen durch Entwickler.

### Handlungsbedarf Verteidigungsmodellierung

Ausgehend von dem identifizierten Bedrohungsraum müssen Lösungen zur Verteidigung abgeleitet werden. Eine Verteidigungslinie besteht aus interdependenten Modellelementen, entlang derer ein Angriff eine Wirkung in einem System erzielt. Modellelemente der Verteidigungslinie können a) explizit entwickelt und auf funktionaler, logischer und physischer Ebene abgebildet werden oder b) implizit durch die Detaillierung der physischen Elemente vorliegen. Beispiele für explizit vorgesehene Verteidigungselemente für die Sicherung von Anlagen sind ein elektronisches Schließsystem aus Aktuatoren sowie ein mechanisches Zylinderschloss an der Tür der Schutzeinhausung. Angreifer sind gemäß üblicher Definitionen des Systems Engineerings [16] Teil des Kontexts eines Systems. Ein Angriff kann als Eindringen über die definierte Systemgrenze hinweg verstanden werden. Die Summe der Modellelemente, die explizit oder implizit Verteidigungsfunktionen übernehmen, bilden die Verteidigungsgrenze des Systems. Sicherheitskritische Systemelemente müssen demnach entlang von Verteidigungslinien hinter Verteidigungsgrenzen liegen.

### Handlungsbedarf Bewertungsmetrik

Analog zur funktionalen Sicherheit muss die Bewertung der Anforderungserfüllung auch die Sicherheit gegenüber Bedrohungen umfassen. Bewertungsmetriken im Bereich der IT-Security sind i. d. R. relativ formuliert: Wie tief kann ein Angreifer eindringen? Wie viele Elemente „widersetzen sich“? Wie häufig muss jemand attackieren? Wie viele Versuche sind erforderlich, um dann

bis zu welchem Ziel vorzudringen? Die Berechnung der Messgrößen beruht auf der Identifikation betroffener Modellinformationen. Exemplarische Modellinformationen, die zur Bewertung von Verteidigungslinien und -grenzen genutzt werden, sind Traceability-Pfade entlang von Partialmodellen, explizite Annotationen an Modellelementen oder Abuse Cases als Repräsentation eines Angriffs. Die Metriken können in dem Systemmodell abgebildet werden, in SysML [17] beispielsweise durch das Modellelement <<MetricSuite>>. Mit dem Modellelement lassen sich numerische Evaluationen in Bezug auf Modellelemente durchführen.

Die konzeptionelle Verknüpfung der drei Handlungsbedarfe wird in Bild 3 dargestellt und entlang eines RFLP-Wirkpfads visualisiert. Die Wirkpotenzialbewertung während der Bedrohungsmodellierung wird basierend auf einem Verteidigungsmodell durchgeführt. Innerhalb des Verteidigungsmodells werden RFLP-Artefakte des System of Interest miteinander vernetzt. Anhand von spezifischen Wirkpfaden und definierten Metriken können von einem Angriff ausgehende Auswirkungen auf Verteidigungslinien bewertet werden.

## 4 Anwendung am Beispiel Anlagensicherheit

Als Fallbeispiel wird ein Angriff auf ein Schließsystem beschrieben, welches für die sicherheitsgerechte Nutzung einer eingehausten Anlage (SoI) eines Cyber-Physischen Produktionssystems (CPPS) eingesetzt wird. Die eingehauste Anlage wird als potenzielles Angriffsziel innerhalb des CPPS betrachtet und muss – über die Gewährleistung von Safety hinaus – gegen potenzielle Angriffe abgesichert werden. Das Schließsystem ist ein Sub-System der eingehausten Anlage und besteht aus mechanischen Elementen (z. B. Zylindergehäuse, Zylinderkern, Stiftfedern, Metallbolzen), E/E-Elementen (z. B. Kontakten, Sicherheitsschalter)

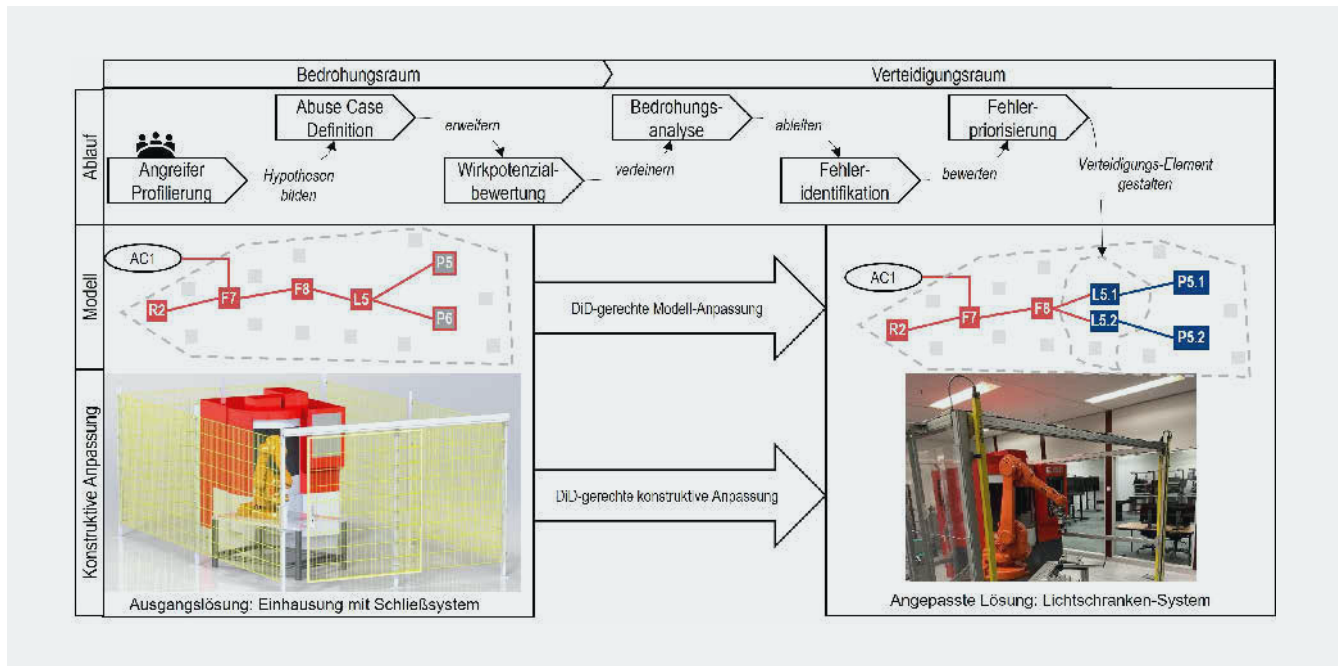


Bild 4. Konzeptuelle Anwendung: Erweiterung der Safety einer Anlage um Defense-in-Depth Grafik: Verfasser

sowie Software-Komponenten (Sicherheitssteuerungssystem). Die eingehausten Anlagen sind ein Einarmroboter und eine Fräsmaschine, für die Interaktionen mit dem Maschinenführer vorgesehen werden müssen. Die konzeptionelle Umsetzung erfolgt innerhalb des Smart Automation Labs im Heinz Nixdorf Institut [18] sowie der Analyse von Abhängigkeiten im SysML-basierten Systemmodell.

Zunächst wird die Angreiferprofilierung mithilfe von Personavorlagen [15] durch ein Expertenteam durchgeführt. Dazu werden drei Typen von Angreifer identifiziert: der IT-Hacker, der externe Anlagen-Saboteur und der interne Spion. Durch eine SysML Profil-Erweiterung wird ermöglicht, die Personas als <<Verursacher>> im Systemmodell abzubilden (Bild 4). Anschließend werden Abuse Cases je Angreifertyp hergeleitet und modelliert, z. B. die „Manipulation des Zylinderschlosses“ (AC1). Für eine Wirkpotenzialbewertung wird AC1 mit der initial betroffenen Funktion „Anlage verschließen“ (F7) des SoI verknüpft. Von F7 aus wird der Wirkpfad entlang der RFLP-Elemente analysiert, um weitere betroffene Elemente zu identifizieren. Anschließend werden Fehlermöglichkeiten und potenzielle Auswirkungen eines Angriffs identifiziert, systematisch bewertet und priorisiert. Eine mögliche Auswirkung von AC1 durch einen externen Anlagen-Saboteur ist „Beschädigtes Schloss verhindert Zugang“, „beschädigtes Schloss verhindert Flucht“ oder „beschädigtes Schloss verhindert Entkommen aus Gefahrenbereich“. Zur Quantifizierung des Wirkpotenzials werden in Anlehnung an die Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse (FMEA) die Kennwerte Auftretenswahrscheinlichkeit (A), Bedeutung (B) und Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) abgeschätzt und multipliziert. Die quantifizierten Auswirkungen werden den mechanischen und den E/E-Elementen des Systems per Annotation zugeordnet. Im Fallbeispiel ist das Schließsystem (L5) mit den physischen Elementen Zylindergehäuse (P5) und Metallbolzen (P6) betroffen. Aufgabe der Konstrukteure ist es entweder, das Wirkpotenzial der Fehlermöglichkeiten zu reduzieren, oder das

System mit neuen Verteidigungselementen zu gestalten. Daher wird untersucht, inwiefern die Fehler durch die Anpassung oder Ergänzung existierender Lösungselemente verhindert werden können. Ein Lichtschranken-System wird entlang der Arbeitsbereiche der Maschinen angebracht (L5.1). Das Lichtschranken-System reguliert durch Lichtstrahlen den Zugriffsschutz auf die Maschinen. Zusätzlich werden die Shopfloor-Mitarbeiter mit Empfängern (L5.2) ausgestattet, welche Signale zur Authentifizierung und Autorisierung an das Lichtschranken-System senden. Die identifizierten priorisierten Fehlermöglichkeiten haben auf die neuen Verteidigungsstrukturen kein Wirkpotenzial, wodurch die neue Verteidigungslinie dem betrachteten Angriff standhält und die Security des gesamten CPPS erhöht wird. Zur weiteren Quantifizierung der Verteidigungsstrukturen können Defense-in-Depth-Metriken definiert und als Ergänzungen zu bereits existierenden Sicherheitsmetriken dienen. Beispiele existierender Sicherheitsmetriken im Anlagenbau sind Sicherheits-Integritätslevel oder die gefährliche Ausfallrate [19].

## 5 Zusammenfassung

Die funktionale Sicherheit ist essenzieller Bestandteil der Entwicklungsmethodik mechatronischer und cyber-physischer Systeme. Aus der Annahme von Assume Breach wird im Beitrag das Paradigma der Defense-in-Depth hergeleitet. Handlungsbedarfe werden aufgezeigt und mit ersten Lösungsansätzen im MBSE bedient. Dazu werden die Konzepte von Bedrohungs- und Verteidigungsraum eingeführt. Im Fallbeispiel des Schließsystems wird im Kontext der Anlagensicherheit gezeigt, dass unterschiedliche Partialmodelle, Berechnungsansätze und Methoden disziplinübergreifend und -spezifisch einbezogen werden müssen. Die konzeptionelle Umsetzung zeigt die Notwendigkeit der durchgängigen Betrachtung von Defense-in-Depth. Die detaillierte Ausgestaltung der Handlungsbedarfe erfordert Forschungstätigkeiten, welche künftig in und zwischen den Disziplinen erbracht werden. ■





## Literatur

- [1] *Neudörfer A:* (2016) Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [2] *Hauptmanns U:* (2013) Prozess- und Anlagensicherheit. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [3] *Stephan U, Schulz-Forberg B:* (2020) Anlagensicherheit. VDI-Buch. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
- [4] Europäisches Parlament und Rat (2006) Richtlinie 2006/42/EG. Maschinenrichtlinie.
- [5] VDMA Competence Center Industrial Security (2019) Industrial Security im Maschinen- und Anlagenbau. Ergebnisse der VDMA-Studie und Handlungsempfehlungen.
- [6] DIN CEN ISO/TR (2020) DIN CEN ISO/TR 22100-4 Sicherheit von Maschinen – Zusammenhang mit ISO 12100 – Teil 4: Leitlinien für Maschinenhersteller zur Berücksichtigung der damit verbundenen IT-Sicherheits- (Cybersicherheits-) Aspekte ICS 13.110.
- [7] VDI/VDE (2021) Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme (2206). Beuth Verlag GmbH, Düsseldorf.
- [8] *Knapp ED, Langill JT:* (2015) About Industrial Networks Industrial Network Security. Elsevier, S 9–40.
- [9] *Delligatti L:* (2014) SysML distilled. A brief guide to the systems modeling language. Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ.
- [10] *Gräßler I, Wiechel D, Koch A-S, Preuß D, Oleff C:* (2022) Model-based effect-chain analysis for complex systems. In: Design Society (Hrsg) Proceedings of the Design Society. 17<sup>th</sup> International Design Conference. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [11] *Pompon R:* (Hrsg) (2016) IT Security Risk Control Management. Apress, Berkeley, CA.
- [12] *Alexander I:* (2003) Misuse cases: use cases with hostile intent. IEEE Softw. 20(1):58–66. doi:10.1109/ms.2003.1159030.
- [13] *Hope P, McGraw G, Anton AI:* (2004) Misuse and abuse cases: getting past the positive. IEEE Secur. Privacy Mag. 2(3):90–92. doi:10.1109/MSP.2004.17.
- [14] *Gräßler I, Bodden E, Pottebaum J, Geismann J, Roesmann D:* (2020) Security-Oriented Fault-Tolerance in Systems Engineering: A Conceptual Threat Modelling Approach for Cyber-Physical Production Systems. In: *Bartoszewicz A, Kabziński J, Kacprzyk J (Hrsg):* Advanced, Contemporary Control, Bd 1196. Springer International Publishing, Cham, S 1458–1469.
- [15] *Pruitt J, Grudin J:* (2003) Personas. Practice and theory. In: *Arnowitz J, Chalmers A, Swack T, Anderson R, Zapolski J (Hrsg):* Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences – DUX '03. ACM Press, New York, New York, USA, S 1–15.
- [16] *Gräßler I, Oleff C:* (2022) Systems Engineering. Verstehen und industriell umsetzen. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [17] *Gaskell JD, Harrison CN:* (2019) Improved System Engineering Technical Review's Entrance/Exit Criteria with Model Maturity Metrics 2019 International Symposium on Systems Engineering (ISSE). IEEE, S 1–8.
- [18] *Gräßler I, Pöhler A, Hentze J:* (2017) Decoupling of Product and Production Development in Flexible Production Environments. In: *Shehab E, Tomiyama T, Lockett H, Salonitis K, Roy R, Tiwari A (Hrsg):* Proceedings of 27<sup>th</sup> CIRP Design Conference, Bd 60. Elsevier Procedia, S 548–553.
- [19] DIN EN ISO (2021) DIN EN ISO 13849-1. Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (DIN EN ISO 13849-1). Beuth Verlag GmbH, Berlin. doi:10.31030/3271637.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Iris Gräßler**

Lehrstuhlinhaberin  
Tel. 05251 60 6275, iris.graessler@hni.upb.de  
www.hni.uni-paderborn.de/pe  
Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn  
Lehrstuhl für Produktentstehung  
Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

Foto: Universität Paderborn



Prof. Dr. **Eric Bodden**

Leiter des Fachgebiets  
Tel. 5251 60 6563, eric.bodden@hni.upb.de  
www.hni.uni-paderborn.de/sse  
Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn  
Fachgebiet Secure Software Engineering  
Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

Foto: Universität Paderborn

**Dominik Wiechel**, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Tel. 5251 60 6264, dominik.wiechel@hni.upb.de  
www.hni.uni-paderborn.de/pe

Dr.-Ing. **Jens Pottebaum**

Oberingenieur  
Tel. 5251 60 6258, jens.pottebaum@hni.upb.de  
www.hni.uni-paderborn.de/pe

Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn  
Lehrstuhl für Produktentstehung  
Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

# Wachstumsrückgang bei Prozessautomation und Sensorik

Nach zwei starken Jahren liegen die Umsätze bei den Mitgliedsunternehmen des ZVEI-Fachbereichs Messtechnik und Prozessautomatisierung (M+P) auch im Zeitraum Januar bis September 2023 einstellig über Vorjahr. Wie der Verband mitteilt, ist bei den globalen Auftragseingängen hingegen ein leichter Rückgang im mittleren einstelligen Bereich zu erkennen, der noch bis Anfang 2024 anhalten könnte. Die globalen Trends Elektrifizierung und Digitalisierung, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit sind laut ZVEI weiterhin einflussreiche Faktoren. Dadurch erwarten die Unternehmen ab Frühjahr wieder deutlich positive Impulse für die Branche. Etwa könne durch Digitalisierungslösungen, zum Beispiel der Namur Open Architecture (NOA), der großen Herausforderung des Fachkräftemangels begegnet werden. So können unter anderem Monitoring und Optimierung sowie die Wartung in verfahrenstechnischen Anlagen digitalisiert und effizienter gestaltet werden.

Dabei zeige sich, so der ZVEI weiter ein uneinheitliches Bild: Während bei Produkten und Lösungen aus dem Geschäftsfeld „Instrumentierung“ noch Wachstum zu erkennen ist, zeige sich der Bereich „Leittechnik“ bereits schwächer. Im Hinblick auf die Regionen kommen positive Signale aus dem US-amerikanischen Markt. Auch der asiatische Markt entwickelt sich zum überwiegenden Teil erfreulich. Insbesondere Indien sticht positiv heraus, China dagegen schwächelt. Auch das Europa- und insbesondere Deutschlandgeschäft zeigt sich eher schwach.

Auch die Branche der Sensorik und Messtechnik erwirtschaftete im zweiten Quartal ein Umsatzminus von 3 %, verglichen mit dem Vorquartal. Damit blieb die Branche hinter den Erwartungen von plus minus null zurück. Dies ergab die Mitgliederbefragung des AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V. (AMA) unter seinen rund 450 Mitglieder zur

wirtschaftlichen Entwicklung im zweiten Quartal.

Vergleicht man die Umsatzentwicklung des zweiten Quartals 2023 jedoch mit dem des zweiten Quartals des Vorjahres, stieg der Umsatz der Sensorbranche um plus 5 %. Bei den Auftragseingängen verzeichneten die AMA-Mitglieder den Angaben zufolge im zweiten Quartal 2023 einen Rückgang von 5 %, verglichen mit dem Vorquartal.

Es zeigen sich, so AMA weiter, Unterschiede in der Umsatzentwicklung zwischen großen und kleineren Unternehmen, wobei größere Unternehmen einen stärkeren Umsatzrückgang verzeichneten als kleinere AMA-Mitglieder. Die Absatzmärkte in den Bereichen Sensorik und Messtechnik sowie Elektrotechnik entwickelten sich vergleichsweise gut. Die Absatzmärkte im Energiesektor und in der Bahntechnik gestalteten sich im zweiten Quartal schwieriger.

[www.zvei.org](http://www.zvei.org) / [www.ama-sensorik.de](http://www.ama-sensorik.de)

## Vorschau 01/02 – 2024



Die Transportroboter von ek robotics transportieren bei Warema Sonderlastträger mit einem Gewicht bis zu 4.500 kg. Foto: ek robotics

### Transportroboter

Seit 2022 ist am neuen Produktionsstandort der Warema Renkhoff SE ein umfangreiches Fahrerloses Transportsystem (FTS) von ek robotics im Einsatz. Mit insgesamt vier verschiedenen Fahrzeugtypen sorgt das FTS für eine optimale Prozessgestaltung der Produktion und Logistik.

### Fachaufsatz

Für die Kraftübertragung in Getrieben ist das Zahnprofil der beteiligten Zahnflanken maßgeblich. Wird für die Übertragung eine abweichende kinematische Verkettung der Übertragungselemente verwendet, muss eine neue Profilkurve berechnet werden. Gezeigt wird dies anhand eines neuartigen Schubkurbelgetriebes.

## KI HÄLT MASSIV EINZUG IN CHINA

„Während viele Bürobeschäftigte in europäischen Firmen mit KI-Tools wie ChatGPT und Google Bard experimentieren, hält Künstliche Intelligenz in chinesischen Unternehmen auf breiter Front Einzug“ hat Karlheinz Zuerl, CEO der German Technology & Engineering Corporation (GTEC), festgestellt. „In Europa versucht vor allem die mittlere Managementebene die Vorteile von KI für sich zu nutzen, aber in China ist Künstliche Intelligenz beim Topmanagement angekommen. Ein Großteil der chinesischen Firmen folgt einem von der Unternehmensspitze vorgegebenen KI-Fahrplan“, berichtet Zuerl, dessen Unternehmen das China-Geschäft für viele westliche Unternehmen auf- und ausbaut oder bei Bedarf saniert.

GTEC-Chef Zuerl: „Das Topmanagement in China geht in weiten Teilen davon aus, dass KI, Big Data, Robotik und andere Aspekte der digitalen Transformation ihr Geschäft fundamental beeinträchtigen werden. Viele haben schlichtweg Angst davor, dass ihr Unternehmen binnen weniger Jahre vom Markt verschwinden könnte, wenn sie nicht massiv in die neuen Technologien und allen voran in Automation und Künstliche Intelligenz investieren.“ Nach Analyse Zuerls gelten die unübersehbaren Erfolge beim Robotereinsatz in der Produktion dem chinesischen Management als Blaupause für KI-Anwendungen. Zuerl: „Automatisierung ist das große Thema in China. In immer mehr Fabriken werden menschliche Arbeitskräfte durch Industrieroboter ersetzt oder ergänzt, um die Produktionskosten zu senken, die Qualität zu erhöhen und die Produktionsmengen zu steigern. KI stellt in diesem Zusammenhang einen wichtigen Schritt auf dem Weg zu autonomen Produktionsanlagen dar.“ Laut Zuerl wird KI in China derzeit fast flächendeckend über beinahe alle Sektoren hinweg eingeführt. China wolle die KI-Nation Nummer eins auf der Welt werden.

Ausländischen Firmen empfiehlt der CEO der German Technology & Engineering Corporation ein schrittweises Vorgehen bei der KI-Einführung in China. So sollten europäische Unternehmen zunächst ihre eigene firmenweite KI-Strategie entwickeln. Erst im zweiten Schritt ist nach Zuerls Einschätzung eine Implementierung in China angebracht – allerdings mit den dort verfügbaren KI-Tools. „Die in Europa verwendeten KI-Algorithmen aus amerikanischer Entwicklung bewähren sich in China nicht“, warnt Zuerl davor, ChatGPT und andere US-geprägte sogenannte Large Language Models (LLM) nach China zu bringen. Als wichtigste KI-Modelle in China nennt der Asien-Experte ERNIE (Enhanced Representation through kNowledge Integration) von Baidu, AliNLP von Alibaba und NeuralM von Tencent.

Für international tätige Unternehmen bestehe eine große Herausforderung darin, KI-Systeme aus unterschiedlichen Herkunftsregionen unter einen Hut zu bringen. Dies sei es Aspekt, den nach seiner Erfahrung „noch kaum jemand aus dem Management auf dem Radar habe.“

GTEC hilft nach eigenen Angaben westlichen Unternehmen, Herausforderungen in Asien zu bewältigen. Der Schwerpunkt liege dabei auf der Geschäftsentwicklung, dem Auf- und Ausbau von Niederlassungen und Produktionsstätten, sowie Sanierungs- und Turnaround-Maßnahmen.



Karlheinz Zuerl, CEO der German Technology & Engineering Corporation (GTEC). Foto: GTEC

## Kunststoff-Wissen für die additive Fertigung

Das Buch richtet sich an Unternehmen, die thermoplastbasierten 3D-Druck in ihre Fertigungsprozesse integrieren möchten und Know-how in der Auswahl geeigneter Kunststoff-arten aufbauen müssen. Es stellt die für die additive Fertigung relevanten Thermoplaste und deren verfahrensspezifische Besonderheiten sowie vielfältige Einsatzgebiete vor. Inhalte:

- Funktionsprinzip und Aufbaustrategie der thermoplastbasierten additiven Fertigungsverfahren, im Speziellen Fused Layer Modeling (FLM) und Selektives Lasersintern (SLS)
- Einteilung und Formulierung von thermoplastischen Polymerwerkstoffen
- Mechanische, thermische und chemische Eigenschaften von Thermoplasten, die für den Einsatz berücksichtigt werden müssen
- Werkstoff-, design- und verfahrensspezifische Besonderheiten von Thermoplasten für eine erfolgreiche Verarbeitung
- Stützmaterialien, Multimaterialverfahren, faserverstärkte Bauteile
- Biobasierte oder -abbaubare Thermoplaste, Recycling von Thermoplasten
- Empfehlungen für Arbeits- und Umweltschutz sowie Produktsicherheit

Praktische Beispiele machen dieses Buch zu einem Ratgeber für alle, die 3D-Druck einsetzen und dafür fundierte Kenntnisse in der Werkstoffauswahl benötigen.

A. Fischer, D. Achten, M. Launhardt: *Kunststoff-Wissen für die additive Fertigung*. Carl Hanser 2023. 488 S., ISBN: 978-3-446-46488-9, 129,99 Euro.



**Kunststoff-Wissen für die additive Fertigung** – Eigenschaften, Verarbeitung und Einsatzgebiete von Thermoplasten – 488 Seiten – 129,99 Euro. Foto: Hanser Verlag



**Bild 1:** Julian Weller (v.) und Dr.-Ing. Sebastian von Enzberg (li.) vom Fraunhofer IEM nehmen den intelligenten Planungsassistenten mit Pascal Pöhler von Schulte Kartonagen in den Testbetrieb. Foto: Fraunhofer IEM

### Effiziente Produktionsplanung

## KI reduziert Aufwand bei Schulte Kartonagen

Welcher Liefertermin steht wann an? Wie aufwendig muss die Maschine umgerüstet werden? Ist das benötigte Material bereits geliefert? Um die Reihenfolge verschiedener Kundenaufträge optimal zu planen, müssen Produktionsplaner eine Vielzahl von Faktoren kennen und einschätzen. Bei Schulte Kartonagen hat ab sofort ein intelligenter KI-Assistent alle Faktoren im Blick – und macht Vorschläge für die effiziente Planung der Produktion.

Gefördert wurde die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IEM und den Universitäten Paderborn und Bielefeld im it's OWL-Projekt Arise.

**D**er Verpackungsspezialist Schulte Kartonagen bearbeitet pro Woche etwa 300 unterschiedliche, teils höchst individuelle Kundenaufträge. Ob Faltpapier, Palettencontainer oder Schwergutverpackung: Bisher planten die Mitarbeiter:innen jeden Kundenauftrag manuell und setzten dabei auf ihre Erfahrung. Die kluge Nutzung von KI-Algorithmen schafft nun deutliche Arbeitsentlastung: Der intelligente Assistent automatisiert sowohl die Reihenfolgenplanung von Produktionsauf-

trägen als auch die Belieferung der entsprechenden Maschinen mit den nachhaltigen Wellpappformaten.

### 25 % weniger Aufwand in der Vorplanung

Die Planer können so auch kurzfristige, individuelle Aufträge schnell und effektiv in die Wege leiten – in Zeiten von Materialknappheit und angespannter Personalsituation ein großer Vorteil. Und auch neue, noch unerfahrene Mitarbeiter:innen können mit dem Assistenten

schneller selbständig die Produktionsplanung übernehmen. „Durch die Vorplanung der KI-Lösung fangen unsere Produktionsplaner:innen nicht mehr bei null an, sondern können sich auf die Anpassung der tagesaktuellen Änderungen fokussieren. In Zukunft wird der Algorithmus jeden Tag dazulernen. Unsere Planer:innen können ihren Aufwand für die Vorplanung dann signifikant reduzieren,“ erläutert Schulte-Prokurist Pascal Pöhler die Vorteile der innovativen Lösung, die bereits prototypisch in den Betrieb genommen wurde.



**Bild 2:** Liefertermin, Umrüstung, Materialien und Mitarbeitende: Um die Reihenfolge von Kundenaufträgen optimal zu planen, müssen Produktionsplaner bei Schulte Kartonagen eine Vielzahl von Faktoren einschätzen können. Foto: Fraunhofer IEM

Aktuell liefert der Prototyp eine gute Grundlage zur Produktionsplanung. Mit fortschreitender Nutzungsdauer wird das KI-Modell dazulernen und die Präferenzen der Produktionsplaner:innen noch besser verstehen. Dann bleibt den Mitarbeiter:innen mehr Zeit für die Organisation und Abwicklung sehr kurzfristiger, eiliger Aufträge sowie zur Sicherung der Datenqualität im gesamten Produktionsablauf.

## Expertenwissen quantifizierbar machen

Um der Schulte-Produktionsplanung einen intelligenten Assistenten zur Seite stellen zu können, trugen die Wissenschaftler:innen von Fraunhofer IEM, Universität Paderborn und Universität Bielefeld die Daten bisheriger, manueller Produktionsplanungen zusammen und ermittelten, welche Auswirkungen sie auf Produktion und Produktqualität hatten. Auch Änderungen in bisherigen Prozessen und Abläufen wurden dokumentiert und analysiert. Der Fokus des Fraunhofer IEM lag auf der passgenauen Integration der Lösung in die Produktionsplanung von Schulte. „Ein KI-Modell kann erst dann erfolgreich eingesetzt werden, wenn es perfekt in die unternehmensindividuellen Prozesse eingebunden ist. Dabei ist es mit der Anschaffung einer Software allein

nicht getan. Unternehmen müssen ihre KI-Lösung vielmehr strukturiert und strategisch in die eigenen Prozesse integrieren. Unser Projekt mit Schulte Kartonagen zeigt, dass auch kleine und mittlere Unternehmen hier erfolgreich sein können“, erläutert Julian Weller, Data-Science-Spezialist am Fraunhofer IEM.

## Zum Forschungsprojekt Arise

Im it's OWL Forschungsprojekt ARISE (März 2020 bis August 2023) entwickelten das Fraunhofer IEM, die Universitäten Paderborn und Bielefeld und Schulte Kartonagen Methoden und Werkzeuge zur Planung und Umsetzung von KI in der Produktionsplanung. Eine Spezifikationstechnik beschreibt nun die Wirkzusammenhänge von Anwendungsfällen in der Produktion, quantifiziert diese mit geeigneten Metriken und spezifiziert die vorhandene und benötigte Datengrundlage sowie die benötigten KI-Methoden. ■

### Kontakt

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM  
33102 Paderborn  
M.Sc. Julian Weller  
www.iem.fraunhofer.de

## Praxisleitfaden

### Produktsicherheitsrecht

Was es mit Produktsicherheitsgesetz (ProdSG), Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG), Maschinenrichtlinie, Risikobeurteilung, Benutzerinformation, Konformitätsnachweis und CE-Kennzeichnung auf sich? Es handelt sich um rechtliche Begriffe, mit denen Hersteller, aber auch Einführer und Händler technischer Produkte vertraut sein sollten. Dieser Praxisleitfaden führt durch den Richtlinien-dschungel und bietet folgende Inhalte:

- die Grundlagen des Produktsicherheitsrechts und der Produkthaftung
- ein Leitfaden für Praktiker, der zeigt, was zu tun ist, um ein unter Sicherheitsgesichtspunkten rechtskonformes Produkt auf dem Markt bereitzustellen
- eine durchgängige Dokumentation zu allen wesentlichen Maßnahmen des Leitfadens am Beispiel eines mobilen Hebezeugs (Multilift)
- reale Fallbeispiele aus der Rechtsprechung, die klarmachen, welche Konsequenzen Verstöße gegen das Produktsicherheitsrecht haben können

In der vierten Auflage wird die 2021 veröffentlichte Fassung des Produktsicherheitsgesetzes sowie die neue EU-Marküberwachungsverordnung 2019/1020 berücksichtigt, die bei fast allen Non-Food-Produkten Anwendung findet und insbesondere die Online-Händler und -Plattformbetreiber in die Pflicht nimmt.

Volker Krey, Arun Kapoor: *Praxisleitfaden Produktsicherheitsrecht*. Carl Hanser 2023. 418 Seiten, ISBN:

978-3-446-47343-0, 59,99 Euro.



**Praxisleitfaden Produktsicherheitsrecht** – 418 Seiten – 59,99 Euro. Foto: Hanser Verlag

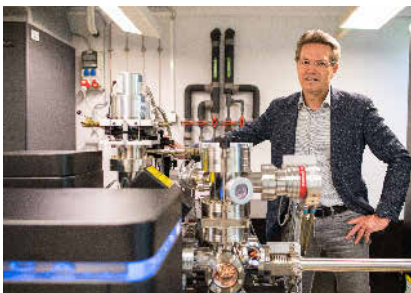
## Preisgekrönte Materialforschung

# Sicherheit und Verschleiß elektrischer Kontakte in Autos

In modernen Autos werden inzwischen weit mehr als 2.000 Steckverbindungen verbaut. Diese Kontakte sollten ausdauernd und ohne kleinste Unterbrechung funktionieren. Dazu hat der Materialforscher Frank Mücklich ein Laserverfahren entwickelt, das die Oberflächen der elektrischen Kontakte wesentlich stabiler und verlustärmer macht. Dafür wurde er mit dem Albert-Keil-Preis des Verbandes der Elektrotechnik (VDE) ausgezeichnet.

**D**er Großteil der Defekte am Auto liegt heute im elektrischen System. Wenn die Autoelektronik eine solche Fehlermeldung anzeigt, liegt dies häufig nicht etwa an Defekten in komplizierten Schaltkreisen, sondern an einer der zahlreichen Steckverbindungen, die durch Temperatur- oder Feuchtigkeitsänderung oder Vibration unterbrochen wurde – manchmal nur Bruchteile von Sekunden. „Mit unserem Verfahren konnten wir den Kontaktwiderstand drastisch senken, nämlich um bis zu 80% im Vergleich zu elektrischen Kontakten mit herkömmlichen technischen Oberflächen. Angesichts der mehr als 2000 Steckkontakte in einem Mittelklassewagen lässt sich damit die Funktionssicherheit insgesamt wesentlich erhöhen. Die Signale werden dadurch auch bei widrigen Wetterbedingungen wie hoher Luftfeuchtigkeit oder enormer Hitze oder Kälte zuverlässig übertragen,“ sagt Frank Mücklich, Professor für Funktionswerkstoffe der Universität des Saarlandes.

Der Materialforscher hat mit seinem Team ein Verfahren entwickelt, das sich direkte Laser-Interferenz-Strukturierung (DLIP – Direct Laser Interference Patterning) nennt und zu einer biomimetischen, mikrotopographischen Oberflächenstrukturierung führt. Dabei werden mit mehreren gebündelten Laserstrahlen, die sich wellenartig überlappen, mikroskopisch feine und symmetrische Muster auf einer Materialoberfläche erzeugt. Diese rufen wiederum mikroskopisch feinste, periodische Höhenstrukturen im Mikrometerbereich hervor, sind also winziger als ein menschliches Haar, und werden in einer



**Materialwissenschaftler Frank Mücklich** im Labor für Atomsondentomographie der Universität des Saarlandes.

Foto: Oliver Dietze/Universität des Saarlandes

technologisch effizienten Geschwindigkeit von bis zu einem Quadratmeter pro Minute aufgetragen. „Diese präzise Oberflächenstrukturierung führt dazu, dass die Steckverbindungen zuverlässiger funktionieren, auch bei mehrfachem Öffnen und Schließen bei den regelmäßigen Inspektionen in einer der weltweiten Werkstätten“, erklärt Mücklich.

„Wir haben diese Lasertechnologie über viele Jahre mit Partnern weiterentwickelt und zur Marktreife gebracht, so dass sie heute in den schnellen Prozessen der industriellen Massenanfertigung technologisch effizient eingesetzt werden kann“, erklärt Frank Mücklich, der das Material Engineering Center Saarland (MECS) als Steinbeis-Forschungszentrum an der Universität des Saarlandes leitet. Für diese neuartige Technologieplattform hat er zudem mit Partnern die SurFunction GmbH gegründet, um das Verfahren in die industrielle Anwendung zu bringen. Für die Herausforderungen der Elektromobilität hat der Materialfor-

scher aber noch weitere Technologien parat.

Mit verschiedenen 3D-Analysetechniken kann Frank Mücklich mit seinem Team alle Veränderungen der inneren Struktur von Materialien beispielsweise durch das Schalten elektrischer Kontakte und der damit verbundenen hohen Stromdichte quantitativ darstellen. „Wir erkennen dadurch auf der Mikro-, Nano- und atomaren Skala, wie sich das innere Gefüge eines Werkstoffs unter mechanischer und auch elektrischer Belastung verändert. Durch die hohen Ladeleistungen im Elektromobil werden die elektrischen Kontakte und die Ladeinfrastruktur stark beansprucht. Wir können nun quantitativ nachvollziehen, was sich bei den Materialvorgängen im Innern verändert bis hin zum elektrischen Widerstand. Dies wird helfen, elektrische Bauteile zu entwickeln, die wesentlich robuster und langlebiger sein werden“, erklärt der Saarbrücker Forscher. Für die Energiewende mit stark wachsendem Anteil von Elektrofahrzeugen sei dies ein wesentlicher Faktor und noch entscheidender für die Verlässlichkeit und Funktionssicherheit autonomer Fahrzeuge. ■

### Kontakt

Universität des Saarlandes  
66123 Saarbrücken  
Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe der  
Universität des Saarlandes/Steinbeis-  
Forschungszentrum Material Engineering  
Center Saarland (MECS)  
Prof. Dr. Frank Mücklich  
[frank.muecklich@uni-saarland.de](mailto:frank.muecklich@uni-saarland.de)

# Jetzt Konstruktion upgraden: Mit dem E-Paper- Abonnement

Für nur  
75,60 EUR  
inkl. MwSt.



Sie wollen jederzeit und überall Zugriff auf Konstruktion, Deutschlands älteste Konstruktionszeitschrift und Organ der VDI-Gesellschaften Produkt- und Prozessgestaltung und Materials Engineering? Dann sichern Sie sich jetzt zusätzlich zu den 9 Konstruktion-Printausgaben pro Jahr auch Ihr Abo-Upgrade E-Paper: 75,60 EUR inkl. MwSt.

Ihre Vorteile: Downloadfunktion, Volltext-Suche, Lesezeichen, mobiloptimiertes Design, Zugriff auf das Archiv.



**Technikwissen für Ingenieur\*innen - jetzt bestellen:**

[ingenieur.de/abo-konstruktion](http://ingenieur.de/abo-konstruktion)

# Immer auf dem neuesten Stand: Mit VDI Fachmedien-Newsletter

Alle Newsletter kostenfrei

Sie wollen als Ingenieur oder Ingenieurin immer auf dem neuesten Stand sein, wenn es um zukunftsweisende und praxisnahe Fachinformationen geht. Oder wenn Sie für Ihre berufliche Tätigkeit Expert\*innenwissen aus Wissenschaft und Forschung, aus Wirtschaft und Produktion benötigen. Dann nutzen Sie jetzt die kostenfreien VDI Fachmedien-Newsletter mit ihren brandaktuellen Online-Beiträgen der Zeitschriften: **Bauingenieur, BWK, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, HLH, Konstruktion, Logistik für Unternehmen, Technische Sicherheit, UmweltMagazin, VDI-Z, wt Werkstattstechnik online.**



**Technikwissen für Ingenieur\*innen - jetzt auswählen und bestellen:**

[ingenieur.de/news](https://ingenieur.de/news)