



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

06 | 2023

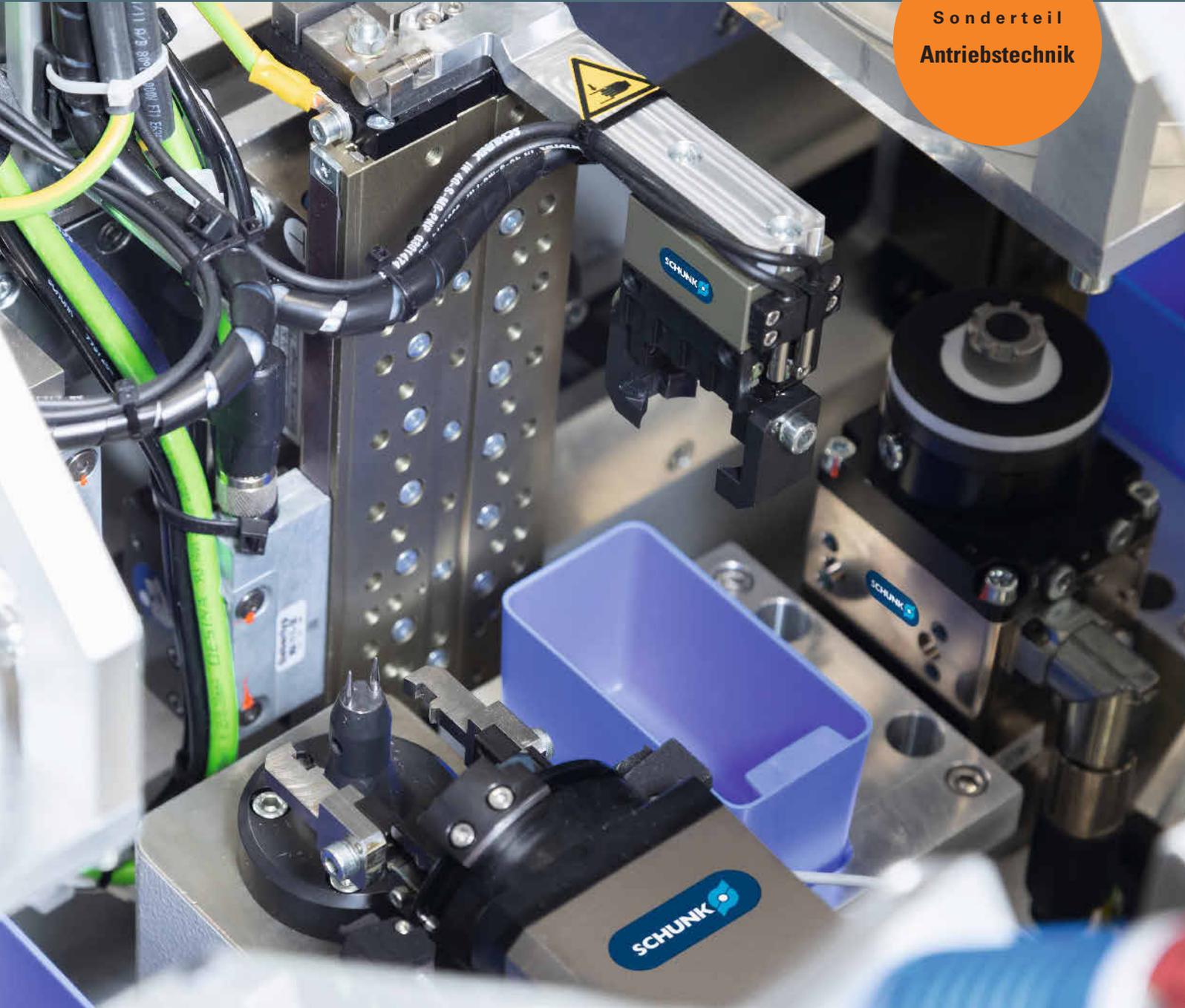
konstruktion-online.de

VDI Fachmedien

Konstruktion

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

Sonderteil
Antriebstechnik



TITELTHEMA: AUTOMATISIERUNG

NETZWERKSICHERHEIT

Vorsorgeuntersuchung
vermeidet Ausfälle
in industriellen Netzwerken

DRUCKGERÄTEKONSTRUKTION

Gesetzliche Vorgaben,
harmonisierte Normen und
technische Regelwerke

KUNSTSTOFFE

Biokunststoffe
werden attraktiver
für die Industrie

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

Die „Big 4“ der Automatisierung

Ob demografischer Wandel, Fachkräftemangel, Resilienz, Nachhaltigkeit, zunehmende Personalisierung der Produktion – die Liste gewichtiger gesellschaftlicher wie wirtschaftlicher Argumente für mehr Automatisierung gerade in einem Hochlohnland wie Deutschland ließe sich noch um einige Punkte fortsetzen. Einige Unternehmen haben deshalb schon vor Jahren auf eine automatisierte Fertigung gesetzt, andere, darunter viele mittelständisch geprägte Unternehmen, denken vermehrt darüber nach, wägen ab, suchen nach passenden Lösungen ...

Egal ob schon lange dabei oder noch zögernd: Die aktuellen technischen Entwicklungen gerade im Umfeld der angewandten Forschung bringen allen produzierenden Unternehmen nennenswerte Vorteile bei der Planung, dem Einsatz und der Optimierung von Automatisierungslösungen. Treiber dafür sind die folgenden „Big 4“.

Als erstes ist die Automatisierung der Automatisierung zu nennen, mit der Ingenieure bei der Planung und Auslegung von Robotersystemen unterstützt werden. Die Engineering-Aufwände zu senken ist entscheidend, weil sie einen Großteil der Kosten für eine neue Anwendung verursachen. Der Roboter selbst schlägt dabei nämlich meist nur mit etwa einem Viertel bis Fünftel aller Kosten zu Buche und ist somit nur die Spitze des Eisbergs. Der Großteil entfällt auf Peripherie, Softwareentwicklung, Integration und Inbetriebnahme. Wichtig ist deshalb eine frühzeitige Absicherung des Automatisierungskonzepts. Denn werden im Planungsprozess Fehler begangen, rächen sich diese im Projektverlauf. Das können höhere Kosten sein oder auch das Verpassen des „Start of Production“. Schließlich lässt sich Hardware mit heutigen Lieferzeiten nicht „mal eben“ neu bestellen. Je früher Fehler in der Planung vermieden werden, desto leichter lassen sie sich korrigieren. Wie in der Automobilindustrie ist „Frontloading“ die Lösung: Neue Angebote, die auf Künstlicher Intelli-

genz (KI) basieren, beispielsweise eine virtuelle Machbarkeitsanalyse für Griff-in-die-Kiste-Anwendungen, sind Teil dieses automatisierten Engineerings.

Das genannte Stichwort KI führt auch schon direkt zum zweiten Treiber, nämlich den KI-basierten autonomen Systemen. Dabei geht es insbesondere um den intelligent orchestrierten Betrieb von Roboterflotten. Das können mobile Roboter sein, die mithilfe von zentral erfassten und ausgewerteten Sensordaten aus der Einsatzumgebung optimale Routen planen, Leerfahrten vermeiden und keine Stillstände wegen Blockaden haben. Das können aber auch stationäre Roboter sein, die dank einer kamerabasierten Optimierungssoftware ihre Performance steigern. Befinden sich in einer Produktion beispielsweise zehn Roboter und es steht die Frage im Raum, ob

Trotz aller Fortschritte in KI und Digitalisierung werden wir aber auch eine Renaissance der Hardware erleben.

man einen elften anschaffen sollte, so können datenbasiert Produktivitätspotenziale von bis zu zehn Prozent gefunden werden. Damit lassen sich die vorhandenen Roboter in ihrem Handeln optimieren und der elfte lässt sich einsparen.

Als dritter Treiber gilt die KI-basierte Steuerung oder die Laufzeitsoftware. Früher waren Roboter fest programmiert, was in repetitive Bewegungen mündete. Heute erzeugen Roboter ihre Bahnen online und KI-basiert. Der Nutzen davon ist vielfältig: Beispielsweise können Roboter unterschiedlichste Objekte ohne zusätzliche Programmierung greifen. Beim Griff-in-die-Kiste können Enthakungen erkannt

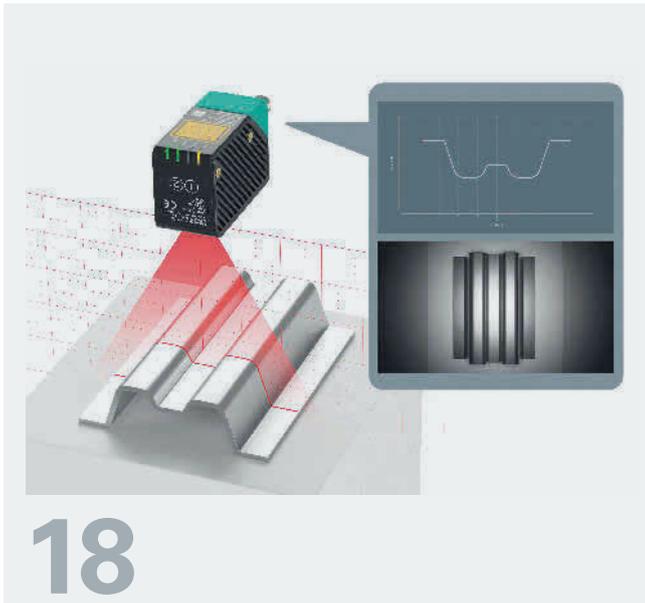
und Bahnen ad hoc so geplant werden, dass die Objekte sich enthaken. Und für das Cobot-basierte Schweißen passt sich die Roboterahn in Echtzeit an die Bauteiltoleranz an und erkennt Features wie Nahtanfang und -ende. Das ist insbesondere für mittelständisch geprägte Unternehmen relevant, für die sich hohe Integrationsaufwände bei kleinen Losgrößen nicht rentieren.

Nicht zuletzt treibt das Thema der Mensch-Roboter-Kollaboration die Automatisierung. Dabei geht es weniger darum, die tatsächliche Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter umzusetzen. Denn diese ist aus Sicherheitsgründen oft schwieriger als zunächst gedacht. Dennoch haben die Cobots, also kleine kompakte Industrieroboterarme, viel Wind in den Markt gebracht. Im Gegensatz zu den klassischen Industrierobotern haben Cobots Vorteile wie die Ortsflexibilität, den geringeren Bedarf an Peripherie, zum Beispiel Zäunen und einer einfachen Inbetriebnahme, weil sie intuitiv bedienbar sind. Daher finden sich Cobot-Anwendungen häufig an Arbeitsplätzen, die bisher nicht automatisiert waren. Ihre Einführung ist das Ergebnis von KVP-Projekten.

Dieses Quartett an Treibern für die Automatisierung wird noch viel von sich reden machen – und vielen Unternehmen helfen, Produktivitätspotenziale in der Fertigung zu erschließen. Trotz aller Fortschritte in KI und Digitalisierung werden wir aber auch eine Renaissance der Hardware erleben. Sei es in flexiblen, neuartigen Greifern oder auch perspektivisch in humanoiden Robotern. ■



Dr. Werner Kraus leitet am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung die Abteilung „Roboter- und Assistenzsysteme“.
Foto: Fraunhofer IPA
Tel. (07 11) 9 70 10 49
werner.kraus@ipa.fraunhofer.de



18

Prüfprozesse— Ein Laserprofilsensor ermöglicht hochgenaue Qualitätskontrollen über Höhenprofile und verfügt darüber hinaus über eine zusätzliche 2-D-Flächenbildausgabe. (Foto: Pepperl+Fuchs)



IW2

Anwendungsgerechte Edelstahlrohre — Unzählige Bereiche sind auf den Einsatz anwendungsbezogen ausgelegter Edelstahlrohre angewiesen. Die Bandbreite an Edelstählen ist dabei groß. (Foto: Viega)

Editorial

3 WERNER KRAUS: Die „Big 4“ der Automatisierung

Aktuelles

6 Branchen-News
10 VDI-GPP: Nachrichten aus der VDI-Fachgesellschaft GPP

**Titelthema
Automatisierung**

12 TITEL Automatisierungsmodule für die schnelle Prüfung von Gleichtaktdrosseln
16 KONFIGURATOR Greifer jetzt selbst konfigurieren
18 QUALITÄTSKONTROLLE Laserprofilsensor für hochgenaue Prüfprozesse
22 VORSORGEUNTERSUCHUNG Stabile Netze für Industriemaschinen

**Sonderteil
Antriebstechnik**

30 ELEKTROMOTOREN Energiesparen mit bürstenlosen DC-Motoren
34 AUTOMATISIERUNG Präzisionsgetriebe für Industrieroboter
36 PRESSEANSTEUERUNG Servomotoren von Servo-Hub-Pressen präzise ansteuern
39 ROBOTIK Sichere und zuverlässige Bremsen
40 INTEGRIERTE SENSORIK Messende Kupplungsnahe

Digitalisierung

57 SYSTEMLÖSUNGEN Komponenten und Systeme für die Fabrik von morgen

Produktentwicklung

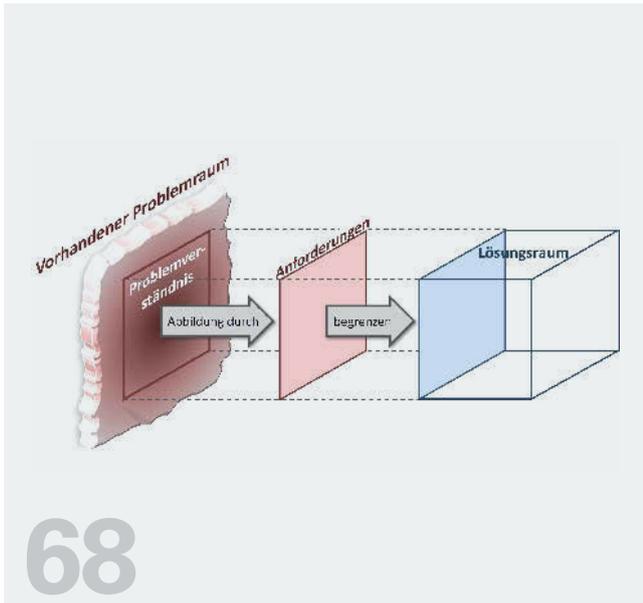
60 RAHMENBEDINGUNGEN Konstruktion von Druckgeräten

**Fachteil
Ingenieur-Werkstoffe**

IW2 Anwendungsgerechte Edelstahlrohre
IW5 Branchen-News
IW6 Aluminiumstrangguss wird optimiert
IW8 Schlanker Lackierprozess
IW11 Biokunststoffe werden attraktiver
IW13 Nachhaltigkeitspreis der VDI-GME
IW14 Simultan Beschichten und Zerspanen

WiGeP

66 WINDENERGIE Entwicklung einer Modellkette für die Verschleißprognose von Planetenradgleitlagern in Windenergieanlagen



68

Produktentwicklung – In diesem Beitrag wird der Zusammenhang zwischen der Entwicklungsmethodik und der Generierung radikaler Produktinnovationen untersucht. (Grafik: HAW Hamburg)

Forschung, Wissenschaft, Innovation

68 PRODUKTENTWICKLUNG

F. Kopenhagen, C. H. Wecht

Warum das nächste iPhone wieder nicht aus Deutschland kommt: Der Zusammenhang zwischen Entwicklungsmethodik und radikalen Produktinnovationen *

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.

75 Forschung und Technik aktuell

Rubriken

8 Impressum

38 Vorschau

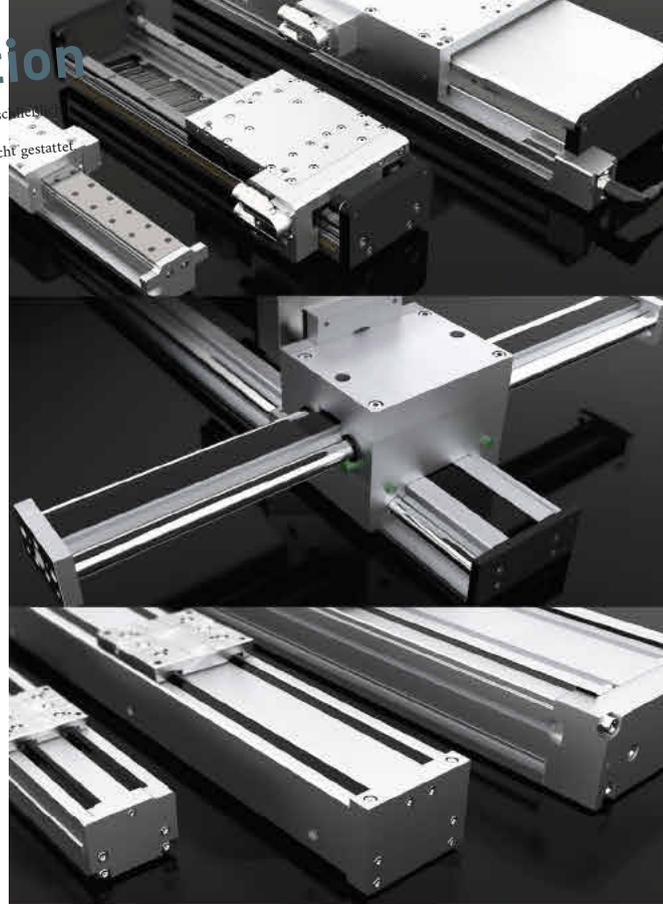
21, 25, 26, 27, 28 Neue Produkte



Automatisierung

Schunk hat für Vacuumschmelze eine Anlage zur automatischen Prüfung von Gleichaktrosseln mit Automatisierungs-Komponenten ausgestattet. Herzstück und Pulsgeber der anspruchsvollen Pick-and-Place-Applikation ist der horizontal verfahrenende Lineardirektantrieb LDT mit dreifachem X-Profil, Linearmotor und Rollenführung. Schunk deckt alle Aufgaben komplett ab, vom Achsantrieb für den Transport über das Greifen, Drehen und Umsetzen.

Weitere Informationen: www.schunk.com



Für viele Gebiete: Linearantriebe

Passend für Ihre Anwendung:

- Bis zu 260 kg Handhabungsgewicht bei Spindelantrieben
- Bis zu über 6m Hub bei Zahnriemenantrieben
- Bis zu 5 m/s und einer Genauigkeit von $\pm 5 \mu\text{m}$ bei Direktantrieben
- Einzelne Ausführungen auch für Reinräume

... mehr auf ief.de

 **automatica**

Halle A5 / Stand 203



Handhabung weitergedacht.

Siebert E. Lapp gestorben

Er war eine große Unternehmerpersönlichkeit und hatte noch so viel vor. Im April starb Siebert E. Lapp (70) bei einem tragischen Verkehrsunfall, den er nicht verschuldet hat.

Mit seinem sicheren Gespür für Technik und Innovation hat Siebert E. Lapp die Lapp Gruppe zu einem Unternehmen mit Weltruf geformt. Sein Leben war geprägt von Leidenschaft, unternehmerischem Weitblick und der Fähigkeit, elektrotechnische Trends zu erkennen und erfolgreich in nachhaltige Kundenmehrwerte umzusetzen. „Mein Vater war für mich immer ein Vorbild. Er war mein kluger Ratgeber und meine Stütze. Sein plötzlicher Tod hat eine große Lücke gerissen. Wir werden sein Lebenswerk in seinem Gedenken weiter fortsetzen“, sagt Matthias Lapp, Sohn und Vorstandsvorsitzender der Lapp Gruppe.

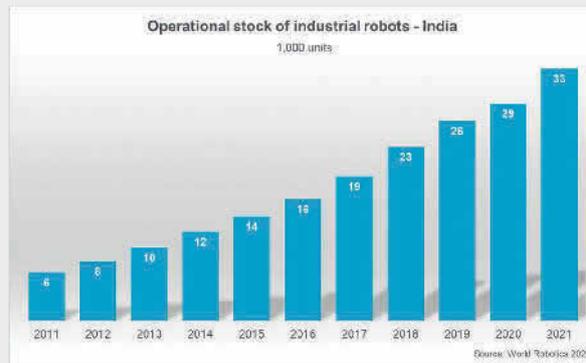
Siebert E. Lapp lernte zunächst Werkzeugmacher und studierte nach seinem Wehrdienst Maschinenbau an der Hochschule in Esslingen. Nach mehreren Auslandspraktika und dem erfolgreichen Studienabschluss als Wirtschaftsingenieur übernahm er seit 1980 Verantwortung im Familienunternehmen und trieb dort maßgeblich die Internationalisierung voran. Von 2015 bis 2022 gab er in der Rolle als Aufsichtsratsvorsitzender wichtige Impulse für die erfolgreiche Weiterentwicklung der Lapp Gruppe. Im Oktober 2022 übergab er diese Position an seine Nichte Katharina Lapp.

Siebert E. Lapp hinterlässt eine Ehefrau, zwei erwachsene Söhne und drei Enkel. www.lapp.com/de/de/



Siebert E. Lapp starb im Alter von 70 Jahren. Foto: Lapp

India's operational stock of industrial robots hit all time high



In Indien hat sich der operative Bestand an Industrie-Robotern innerhalb von 5 Jahren mehr als verdoppelt. Grafik: IFR

INDIEN VERZEICHNET ROBOTER-BOOM MIT ALLZEIT-HOCH

Der Absatz von Industrie-Robotern in Indien hat mit 4.945 installierten Einheiten einen neuen Rekord erreicht. Das ist ein Anstieg von 54 % im Vergleich zum Vorjahr (2020: 3.215 Einheiten). Gemessen an den jährlichen Installationen rangiert Indien nun weltweit an zehnter Stelle. Dies sind die Ergebnisse des statistischen Jahrbuchs World Robotics der International Federation of Robotics (IFR).

„Indien zählt zu den am schnellsten wachsenden Industrienationen weltweit“, sagt Marina Bill, Präsidentin der International Federation of Robotics. „Innerhalb von fünf Jahren hat sich der operative Bestand an Industrie-Robotern mehr als verdoppelt und erreichte im Jahr 2021 insgesamt 33.220 Einheiten. Seit 2016 entspricht das einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 16%.“ Gemessen an den Produktionszahlen des verarbeitenden Gewerbes ist Indien heute die fünftgrößte Volkswirtschaft weltweit, heißt es weiter. Nach Angaben der Weltbank belief sich die Wertschöpfung des indischen verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2021 auf 443,9 Mrd. USD. Das entspricht einem Anstieg von 21,6% im Vergleich zum Vorjahr.

Die Automobil-Industrie bleibt laut IFR der größte Kunde für die Robotik-Industrie in Indien mit einem Marktanteil von 31% im Jahr 2021. Die Zahl der Installationen habe sich mit 1.547 Einheiten mehr als verdoppelt (+ 108%). Die General Industry wird in Indien von der Metallindustrie mit 308 Einheiten (- 9%) angeführt, gefolgt von der Gummi- und Kunststoffindustrie mit 246 Einheiten (+ 27%) und der Elektro-/Elektronikindustrie mit 215 Einheiten (+ 98%).

Das langfristige Potenzial für die Robotik in Indien lässt sich, so IFR weiter, mit einem Vergleich zu China besonders verdeutlichen: Indiens Roboterichte in der Automobil-Industrie, also die Anzahl der Industrie-Roboter pro 10.000 Beschäftigte, erreicht im Jahr 2021 insgesamt 148 Einheiten. Chinas Roboterichte lag 2010 noch bei 131 Einheiten und stieg bis 2021 auf 772 Einheiten sprunghaft an.

Die indische Regierung unterstützt das Wachstum des Industriesektors als einen der wichtigsten Faktoren, die das Bruttoinlandsprodukt (BIP) beeinflussen. Wie der Internationale Währungsfonds berichtet, liegt das BIP des Landes heute mit rund 3 Billionen USD weltweit an fünfter Stelle, Kopf-an-Kopf mit Großbritannien und Frankreich – hinter Deutschland, Japan, China und den USA.

Das verarbeitende Gewerbe dürfte auch von den Initiativen der Regierung profitieren, die Wettbewerbsfähigkeit und Attraktivität Indiens für Investoren zu steigern. Das Production-Linked-Incentive-Programm (PLI) läuft beispielsweise bis zum Jahr 2025. Subventioniert werden damit Unternehmen, die in Indien Produktionskapazitäten in Abnehmerbranchen für Robotik schaffen. Dazu zählen beispielsweise die Automobil-, Metall-, Pharma- und Lebensmittelindustrie.

www.ifr.com

Gifa, Metec, Thermprocess und Newcast als starke Plattform für energieintensive Metallurgie-Industrie

Vom 12. bis 16. Juni 2023 wird Düsseldorf zum Zentrum der internationalen Gießerei- und Metallurgieindustrie: Die Weltleitmesse Gifa, Metec, Thermprocess und Newcast, die alle vier Jahre stattfinden und zusammen das gesamte Spektrum von Gießereitechnik, Gussprodukten, Metallurgie und Thermprozess-technik abdecken, sind gerade in diesem Jahr bei den energieintensiven Branchen besonders gefragt, führt der Veranstalter aus, denn die derzeitigen Herausforderungen befeuern die Digitalisierung in der Metall-technologie und ihre Suche nach nachhaltigen und zukunftsweisenden Lösungen. Wie die Messe Düsseldorf mitteilt, greifen mehr als 2.000 Aussteller aus über 50 Ländern globale Trends auf und zeigen in zwölf Messehallen die gesamte Bandbreite an aktuellen Techniken und Produkten. Die Hot Topics der „Bright World of Metals“ lauten: Dekarbonisierung der metallurgischen Industrie, ecoMetals, Kreislaufwirtschaft, Digitalisierung, additive Fertigungsverfahren sowie E-Mobilität und automobiler Leichtbau.

„Angesichts des aktuellen Branchenumfelds stehen uns im Juni eine zukunftsweisende Gifa, Metec, Thermprocess und Newcast bevor“, erläutert Malte Seifert, Director der vier Messen bei der Messe Düsseldorf GmbH. Mit dem Klimaschutzplan 2050 der EU fasse die metallurgische Industrie gerade jetzt heiße Eisen an und brauche mehr denn je eine starke Kommu-



Die „Bright World of Metals“ konnten mit 2360 Ausstellern im Jahr 2019 mit einem Rekordergebnis glänzen. Foto: Messe Düsseldorf/Constance Tillmann

nikationsplattform für den weltweiten Austausch, so Seifert. Das Aussteller-Feedback zeige, dass das Treffen im Juni auf den vier Technologiefachmessen ein absolutes Highlight sein werde. Neben Topmarken wie Heinrich Wagner Sinto, Oskar Frech, Vesuvius (Gifa), Dihag Holding, Primemetal, SMS group (Metec), Heunisch, Kutes Metal, Thoni Alutec (Newcast) oder zum Beispiel Aichelin, Electrotherm und WS Wärmeprozess-technik (Thermprocess) werden in Düsseldorf so gut wie alle nam-

haften Unternehmen vertreten sein und mit Innovationen und Ideen die große Transformation angehen.

Zur besseren Orientierung sind die Hallen nach Fachmessen und Angebotsschwerpunkten aufgeteilt:

Gifa: Halle 10 bis 13 und 15 bis 17

Metec: Halle 1, 4 und 5

Thermprocess: Halle 9

Newcast: Halle 13 und 14

www.gifa.de

www.metec.de

Ein Plus an Performance:

Gehäuselose Motoren revolutioniert.

Hohes Drehmoment

Integrierbarkeit

Dynamik



Flexibilität

Konnektivität

Unsere cyber® kit line eröffnet Ihnen neue Freiheiten bei der Maschinenkonzeption:

- + 3 Baulängen je Baugröße
- + 60V & 600V Design
- + 2 massenträgheitsoptimierte Hohlwellenvarianten
- + Integrierte Temperatursensoren
- + Optionale Hall-Sensoren

IMPRESSUM

Konstruktion

ISSN 0720-5953, 75. Jahrgang 2023

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
(Sprecher der Herausgeber)
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
konstruktion@vdi-fachmedien.de

Redaktion VDI-GPP

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung
Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf
Telefon: +49 211 6214-218
Fax: +49 211 621497-218
gpp@vdi.de

Redaktion Fachteil Ingenieur-Werkstoffe

Organ der VDI-Gesellschaft Materials Engineering (VDI-GME)
Dipl.-Ing. Annedore Bose-Munde
Telefon: +49 361 78944695
info@bose-munde.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

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

Sarah-Madeleine Simon
Telefon +49 211 6103-166
ssimon@vdi-fachmedien.de

Anzeigenverkauf

Verlagsbüro Günter Forster
Sauerbruchstr. 54b, 81377 München
Telefon: +49 89 8404-145
Fax: +49 89 8401-688
Mobil: +49 173 3840222
GunterForster@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

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

Auflage IVW-geprüft



Manuelle Schrauborte mit KI automatisieren

Die Deprag Schulz GmbH u. Co. KG (Deprag) aus Amberg und das Berliner Unternehmen Micropsi Industries haben ihre Kooperation bekannt gegeben. Im Rahmen der Partnerschaft bieten die Unternehmen den Angaben zufolge gemeinsam eine automatisierte Schraublösung an, die mit Varianzen an Fertigungsplätzen umgehen kann.

„Wir freuen uns, mit einem so traditionsreichen Hersteller wie Deprag zu kooperieren und vom enormen Erfahrungsschatz im Bereich Schraubtechnik profitieren zu können“, kommentiert Dominik Bösl, CTO von Micropsi Industries, die Kooperation. „Mit der gemeinsamen Lösung stellen wir uns einer branchenübergreifenden Herausforderung: der Schraubmontage. Mit der Kooperation liefern wir unseren Kunden eine robuste und rentable Automatisierungslösung und forcieren unser Ziel, den Zugang zu Automatisierung weiter zu erleichtern.“

Die Zusammenarbeit bringe die Schraubtechnik von Deprag mit dem Robotersteuerungssystem Mirai von Micropsi Industries zusammen. Der Einsatz künstlicher Intelligenz ermögliche Mirai-Robotern, komplexe Aufgaben in der Produktion robust zu bewältigen, die sonst nicht oder nur sehr schwer und unrentabel zu lösen wären. Ein Mirai-gesteuerter Roboter könne auf seinen Arbeitsbereich reagieren und seine Bewegungen in Echtzeit korrigieren.

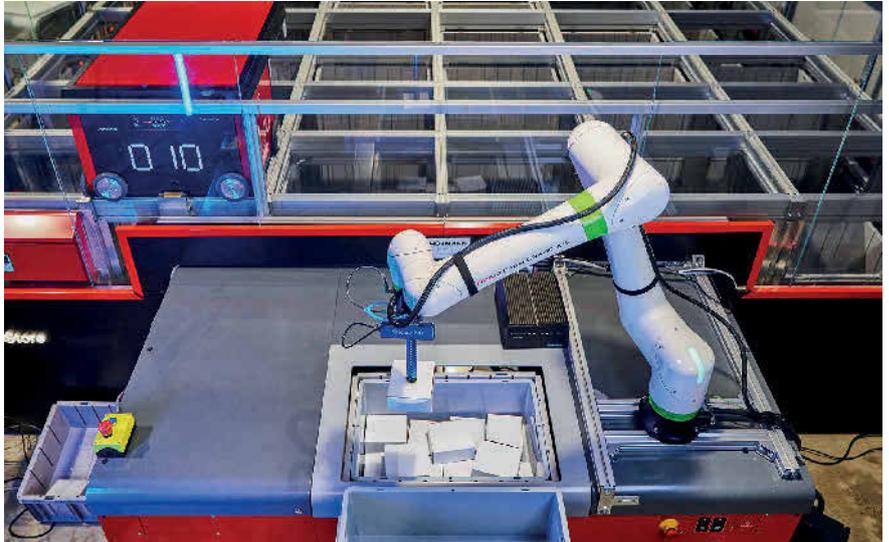
„Die intelligente Steuerung Mirai von Micropsi Industries ist eine ideale Erweiterung für unser Automationsportfolio“, sagt Daniel Guttenberger, Produktmanager für Schraub- und Zuführtechnik bei Deprag. Die intelligente Schraublösung von Deprag und Micropsi Industries ermögliche den Ausgleich von Lage- und Winkeltoleranzen sowie Fertigungstoleranzen im Bauteil. Auch das dynamische Arbeiten am bewegten Band sei erstmals robust möglich. Die Lösung eigne sich für die Montage verschiedenster Produkte und Komponenten.
www.deprag.com

Automatica 2023: Die Prozesskette der Digitalisierung

Auf der Automatica (27. bis 30. Juni 2023) sollen Besucher aus erster Hand erfahren, wie Digitalisierung und KI die Produktion effizienter, sicherer und nachhaltiger machen können. „Betrachtet man den Entwicklungssprung, den diese Zukunftstechnologien innerhalb nur eines Jahres vollzogen haben, wird schnell klar, mit welcher Dimension wir es hier zu tun haben. Es geht um eine neue Ära der Automation mit gewaltigem Impact auf die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen“, betont Patrick Schwarzkopf, Geschäftsführer VDMA-Fachverband Robotik + Automation.

Bildverarbeitungssysteme – zu sehen auf den Messeständen von ifm, Cognex und vielen weiteren Anbietern – liefern Echtzeitbilder der Umgebung und die neuesten Modellgenerationen lernen mit Hilfe von KI, die Umwelt immer besser zu interpretieren. Das beschleunigt, wie es weiter heißt, den Automationsprozess nicht nur, es erlaubt auch eine individuelle Anpassung jedes einzelnen Bewegungsablaufs an die aktuellen Gegebenheiten – zum Beispiel bei Pick and Place-Prozessen.

Für diese Aufgabe wird zum Beispiel ifm 3D-Sensoren vorstellen, die nach dem „Time of flight“-Prinzip der Laserlaufzeitmessung arbeiten und auf der Datenebene unkompliziert in die Software-Lösung des Anwenders integriert werden können. Natürlich ist auch der vielzitierte digitale Zwilling live auf der Messe zu erleben, unter anderem auf dem Stäubli Messestand. Dort steht er direkt neben einer realen Demozelle, in der ein Scara-Roboter die Handhabung von Batteriezellen übernimmt. Dabei können sich die Fachbesucher selbst davon überzeugen, wie einfach Optimierungen oder Anpassungen auf-



Der Einsatz von KI bringt erhebliche Vorteile wie an dieser Stelle beim smarten Kommissionieren im Warenlager. Foto: robominds

grund virtueller Inbetriebnahme vorweggenommen werden können, ehe sie tatsächlich risikolos und fehlerfrei auf die reale Anwendung übernommen werden. Einen anderen „use case“ für den digitalen Zwilling will Festo vorstellen und damit demonstrieren, wie der Maschinenbau die Entwicklungszyklen beschleunigen kann. Gerhard Borho, Digitalisierungsvorstand bei Festo: „Wir arbeiten intensiv daran, unsere Automatisierungskomponenten mit einem ‚digital twin‘ auszustatten.“ Komponenten werden so weit wie möglich virtuell entwickelt, noch bevor die erste Hardware hergestellt wird – bis ins Testing und in die Systemintegration hinein. Eine Reihe weiterer Hersteller, darunter Unternehmen wie Micropsi Industries und robominds wollen Standardroboter für KI-Anwendungen qualifizieren. Wie einfach das gelinge, will robominds mit dem robo-

brain zeigen: dem Gehirn, das industriellen Robotern menschliche Intelligenz verleiht. „Mit dem robobrain Starter-Kit und maßgeschneiderten Bundles präsentieren wir ready-to-use Lösungen für Prozesse wie (De-)Palettieren, Kommissionieren, Maschinenbeladung oder das Probenhandling im Labor“, verrät Christian Fenk, CSO von Robominds. Mit welcher Innovationskraft Großkonzerne diese Zukunftsthemen vorantreiben, wird unter anderem Siemens aufzeigen, heißt es weiter. Unter dem Slogan „Accelerate Transformation“ zeige das Unternehmen seine ganze Bandbreite an Lösungen im Bereich KI und Digitalisierung. Anhand konkreter Applikationsbeispiele soll den Besuchern vermittelt werden, wie einfach die reale mit der digitalen Welt zu verknüpfen ist. automatica-munich.com/de/

Bremsentechnologie 4.0 für höchste Ansprüche

ROBA®-servostop® — kompakte, leistungsdichte Sicherheitsbremse für Robotergelenke

 **mayr**[®]
Ihr zuverlässiger Partner



Besuchen Sie uns auf der automatica, Halle B6 Stand 317  www.mayr.com

Ausgezeichnete Wertanalyse

Der VDI hat auf dem Wertanalyse Praxistag am 25. April 2023 in Waldkirch den VDI Value Management Award vergeben. Dieses Jahr überzeugte das Team rund um Dipl.-Ing. Werner Seitz des Unternehmens motan holding gmbh.

Im Rahmen des ausgezeichneten Projekts „Wertanalytische Überarbeitung eines gravimetrischen Misch- und Messsystems“ wurden nicht nur Kosten reduziert, sondern auch großer Wert auf die Nutzensteigerung der Produkte für verschiedene Zielgruppen gelegt. Der Erfolg des Projekts hat dazu beigetragen, die Wertanalyse im Unternehmen stabil zu verankern.

Es handelt sich laut Expertenjury um ein Projekt mit Vorbildcharakter, das sauber und vollständig gemäß dem in der Richtlinie VDI 2800 dargestellten Arbeitsplan durchgeführt und dokumentiert wurde. Das Vorgehen fand methodisch sehr breit gefächert statt. Umfangreiche und unterschiedliche Werkzeuge wurden eingesetzt, zum Beispiel kaufentscheidende Kriterien, Wettbewerbsbenchmark, Preis-Nutzenanalyse oder QFD. Auch die Darstellung des Projekts ist vorbildlich. Neben den formalen Anforderungen hat es der Jury gefallen, dass im Kontext der Funktionsanalyse explizit einzelne Funktionen beschrieben wurden. Schön, dass auch ausgewählte Ergebnisse („Highlights“) herausgehoben wurden.

Der Fachbereich Value Management/Wertanalyse verleiht jährlich im Rahmen des Wertanalyse-Praxistags den VDI Value Management Award. Mit diesem Preis werden Unternehmen, Verwaltungen, Behörden oder Dienstleister in Deutschland ausgezeichnet, die durch Fachwissen, interdisziplinäre Zusammenarbeit, Mut und nicht zuletzt mit Hilfe der systematischen Vorgehensweise der Wertanalyse bezie-



Verleihung des VM Awards 2023 – v.l.n.r.: Dr.-Ing. Jörg Marchthaler (Vorsitzender des Fachbeirats Value Management/Wertanalyse), Dr. Niels Syassen (Mitglied des Vorstands Sick AG), BE David Tasch (motan Group) und Dipl.-Ing. Sebastian Meindl (Tagungsleiter). Foto: Hein

hungsweise des Value Management einen besonderen Fortschritt ihrer Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen erreichen konnten. Auch können Beiträge ausgezeichnet

werden, in denen Methoden geschildert werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung von VM/WA leisten.
www.vdi.de/wertanalyse

VDI LinkedIn Gruppe „Wertanalyse/Value Management“

Wertanalyseexpertinnen und -experten aufgepasst: Der VDI hat eine neue LinkedIn-Gruppe. Das Netzwerk zum Thema Wertanalyse und Value Management finden Sie im VDI. Wer rund um dieses Themenfeld auch online auf dem Laufenden bleiben und sich mit anderen austauschen will, ist in der Social Media Gruppe herzlich willkommen.





Neuer VDI-Fachausschuss „Entwicklung ressourceneffizienter Produkte und Systeme“. Foto: Bela Geletneky/Pixabay

Expertise in der Entwicklung ressourceneffizienter Produkte und Systeme gesucht

Die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Produkten und Systemen sind mit dem Einsatz von natürlichen Ressourcen (unter anderem Primärrohstoffe, Energieressourcen, Wasser, Fläche) verbunden. Die Produktentwicklung spielt dabei eine wesentliche Rolle. Sie nimmt wesentlichen und direkten Einfluss auf die Inanspruchnahme von Ressourcen über den gesamten Produktlebensweg hinweg durch Entscheidungen zum Beispiel bei der Konzeptionierung, Materialwahl, Konstruktion und Fertigungsprozessauswahl oder bei Möglichkeiten der Entsorgung. Eine methodische Produktentwicklung kann die ganzheitliche Entwicklung ressourceneffizienter Produkte und Systeme maßgeblich unterstützen.

Im VDI gründet sich aktuell ein neuer Fachausschuss mit dem Ziel, eine VDI-Richtlinie zu erstellen. Entwickelnden Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes soll damit eine systematische Vorgehensweise zur Entwicklung ressourceneffizienter technischer Produkte an die Hand gegeben werden.

Es werden insbesondere noch Expertinnen und Experten aus der Industrie gesucht, die den neuen Fachausschuss durch ihre Perspektiven vervollständigen. Wenn Sie Interesse haben, schreiben Sie uns bitte mit kurzen Angaben zu Ihrem fachlichen Hintergrund unter

gpp@vdi.de

Neu erschienen: Richtlinie VDI 2809 – Prozesse gestalten mit Wertanalyse

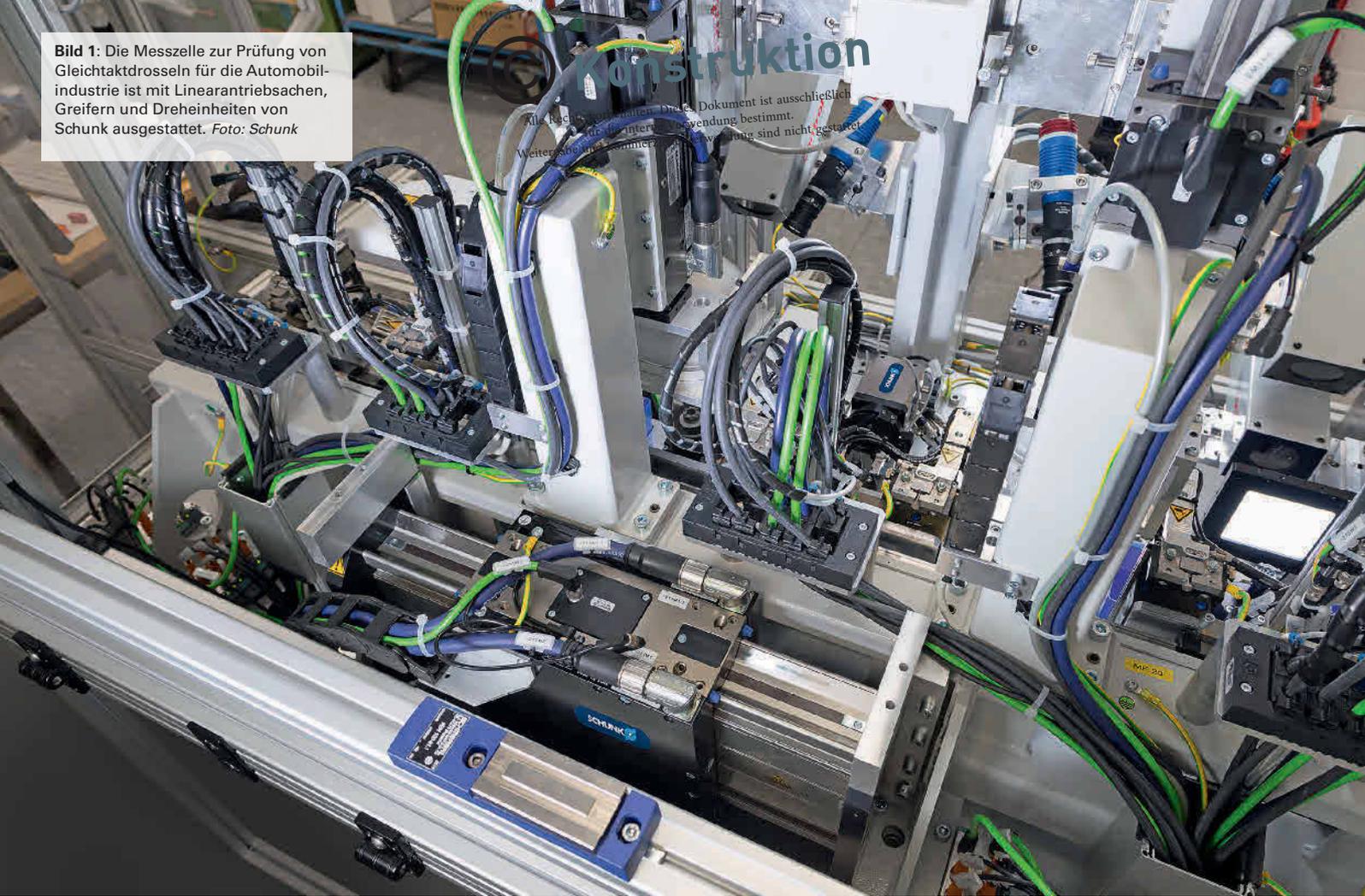
Klassischerweise wird Wertanalyse mit Reduzierung von Produkt-herstellkosten in Verbindung gebracht. Aufgrund ihrer Anwendungsneutralität eignet sich diese Methode aber für viel mehr. Die Richtlinie zeigt, wie mithilfe von Wertanalyse auch Effizienzsteigerungen – und damit Kostenreduzierungen – in Prozessen realisiert werden können. Bei der Gestaltung von Prozessen mithilfe von Wertanalyse finden häufig andere Werkzeuge Verwendung als bei der Wertsteigerung von Produkten.

Die Richtlinie ist ein Praxisleitfaden, der beschreibt, wie sich die Analyse eines Prozesses von einem Produkt unterscheidet, und in dem Werkzeuge beschrieben werden, die unterstützend in der täglichen Arbeit einsetzbar sind. Sie ist als neuer Weißdruck mit aktualisierten Literaturhinweisen erschienen und löst die VDI 2809 Blatt 1 von 2017 ab.

www.vdi.de/2809

Herausgeber der Richtlinien ist die VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (VDI-GPP). Sie können beim Beuth Verlag (Telefon +49 30 2601-2260) bezogen werden. Online-Bestellungen sind unter www.vdi.de/2809 und www.beuth.de möglich. VDI-Mitglieder erhalten 10 Prozent Preisvorteil auf alle VDI-Expertenempfehlungen und -Richtlinien. Sie können in vielen öffentlichen Auslegestellen kostenfrei eingesehen werden.

Bild 1: Die Messzelle zur Prüfung von Gleichtaktdrosseln für die Automobilindustrie ist mit Linearantriebsachsen, Greifern und Dreheinheiten von Schunk ausgestattet. Foto: Schunk



Automatisierungsmodule für Messzelle

Schnelle Prüfung von Gleichtaktdrosseln

Vacuumschmelze, Hersteller von magnetischen Legierungen und Bauteilen, hat eine neue Anlage zur automatischen Prüfung von Gleichtaktdrosseln mit Schunk-Komponenten ausgestattet. Die anspruchsvolle Pick-and-Place-Applikation ist durch Schnelligkeit, Präzision und Leistungsstärke gekennzeichnet. Herzstück und Pulsgeber der Pick-and-Place-Zelle ist der horizontal verfahrenende Lineardirektantrieb LDT mit dreifachem X-Profil, Linearmotor und Rollenführung. Schunk deckt alle Aufgaben komplett ab, vom Achsantrieb für den Transport über das Greifen, Drehen und Umsetzen.

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

Mit mehreren Linearantrieben, Greifern und Dreheinheiten hat Schunk als Automatisierungsspezialist eine komplexe und hochdynamische Mess- und Prüfzelle beim Unternehmen VAC Vacuumschmelze ausgestattet. Aufgrund des des breiten Produktportfolios und der applikationsspezifischen Typenvarianz bei allen Schunk-Modulen konnte der Anwender eine Komplettautomatisierung aus einer Hand realisieren. Vorrangige Ziele waren eine hochpräzise Teilpositionierung, eine sehr schnelle Taktfolge und die Kompaktheit der Anlage. Aufgrund der Erfahrungen in der Lineardirektantriebstechnologie sowie der breiten Palette an Greifern sowie Dreh- und Schwenkmodulen konnte Schunk sie erfüllen (Bild 1).

Geprüft werden Gleichtaktrosseln des Herstellers Vacuumschmelze. Diese Bauteile mit 2 cm Durchmesser bestehen aus einem weichmagnetischen Kern in einem Gussgehäuse aus glasfaserverstärktem Compoundmaterial (Bild 2). Die Drosseln sind wesentliche Bauelemente in EMI-Filtern zur Beseitigung von Störströmen in elektrischen Geräten. Die in diesem Fall konkret zu prüfenden Module werden im Electric Power Assisted System (EPAS) eingesetzt und sind Teil der elektrischen Servolenkung in Fahrzeugen. Bei der Drosselfertigung kann es zu Materialunregelmäßigkeiten kommen – beispielsweise können sich beim Eintreten des äußerst spröden Magnetkerns Absplinterungen lösen, die sich später im Fahrzeug freisetzen und zu Kurzschlüssen führen, was unbedingt zu vermeiden ist. Jegliche Splitter, Läsionen, Ablagerungen oder Kleberreste an der komplex gestalteten Gehäuseoberfläche sind daher zu detektieren. Bislang erfolgte die Prüfung manuell. Weil zum einen das Durchsatzvolumen stetig steigt – es sind täglich fast 20.000 Drosseln zu prüfen – und zum anderen eine Null-Fehler-Produktion erreicht werden soll, erfolgt der optische und elektromagnetische Prüf- und Messprozess jetzt automatisch auf der „OEP V063“ von Vacuumschmelze.

Hohe Anforderungen an Taktzeit und Anlagenlayout

Die Compoundhülle der Drossel mit einer ungleichförmig zylindrischen Oberflächenkontur ist ein hochkomplex geformtes Bauteil, das aufgrund etlicher



Bild 2: Komplexe Prüfteile: Optisch und elektrisch werden diese Gleichtaktrosseln mit zwei Zentimeter Durchmesser gemessen. Sie dienen der Beseitigung von Störströmen in elektrischen Geräten, konkret in der elektrischen Servolenkung in Fahrzeugen. Foto: Schunk

Ecken, Kanten, Einkerbungen und Vorsprünge höchste Anforderungen an die automatische Bilderkennung stellt. So folgte zunächst eine Machbarkeitsstudie, ob und wie sich ein derart unregelmäßig geformtes Gehäuse messen lässt – obendrein in einer sehr fordernden Taktzeit. Weil die Zelle in das Vacuumschmelze-Werk in Malaysia integriert werden soll, wo die Drosselherstellung und -prüfung erfolgt, waren straff formulierte Randbedingungen zu erfüllen. Die Zellenkonzeption und -auslegung übernahm die Cadtech Konstruktions & Schulungs GmbH in

Aschaffenburg nach den Vorgaben von Vacuumschmelze. Dass Schunk die Automatisierungskomponenten liefern soll, stand von Anfang an außer Frage. „Wir hatten bereits sehr gute Erfahrung mit Modulen und Antrieben von Schunk“, bestätigt Gregor Reinke, Ingenieur Automations- und Datentechnik bei Vacuum-schmelze. „Daher stand für uns fest, auch bei dieser neuen Prüfzelle wieder Produkte von Schunk zu verwenden, zumal die Leistungsvorgaben und der eingeschränkte Platz in der Anlage aus unserer Sicht nur Schunk-Module zuließen.“



Bild 3: Die universelle Linearachse LDT mit dreifachem X-Profil, Linearmotor und Rollenmotor hat Schunk speziell für diese Anwendung als Sonderlösung mit 2 x 600 N Nennkraft ausgelegt. Foto: Schunk

So entstand eine Mess- und Prüfzelle als funktionaler Verbund von Linearachsen, Dreheinheiten und Greifern von Schunk, zwei optischen Prüfstationen, einer elektromagnetischen Messeinheit sowie der abschließenden Ausgabe- und Sortierstation. Herzstück und Pulsgeber der Pick-and-Place-Zelle ist der horizontal verfahrenende Lineardirektantrieb LDT mit dreifachem X-Profil, Linear-motor und Rollenführung (**Bild 3**).

Hochleistungsfähiger Direktantrieb

Schunk hat dieses Performance-Modul in seinem Werk in St. Georgen speziell für die konkrete Applikation aus taktzeittechnischen Gründen als Doppelmotor gebaut: Drei Magnetspuren jeweils auf der Vorder- und Rückseite bringen zusammen $6 \times 200 \text{ N}$ Nennkraft auf – insgesamt 1.200 N , die eine zu bewegende Masse von insgesamt rund 55 kg hochdynamisch und präzise antreiben. „Dieser hochleistungsfähige Direktantrieb war aufgrund der geforderten kurzen Taktzeiten für uns ohne Alternative“, stellt Philipp Strodt, Gruppenleiter Industrial Handling und Data Processing bei Vacuumschmelze, fest. „Mit klassischer Antriebstechnik hätten wir die gewünschte Dynamik nicht umsetzen können.“

Aus dem vorgelagerten Teilebunker werden die Gleichtaktrosseln über einen Vibrationswendelförderer ausgerichtet

DER ANWENDER

Das Unternehmen Vacuumschmelze GmbH & Co. KG mit Sitz in Hanau ist Hersteller von magnetischen Legierungen und daraus veredelten Produktlösungen, beispielsweise weichmagnetische Werkstoffe und Stanzteile, induktive Bauelemente und Kerne, Stromsensoren und Dauermagnete. Schwerpunktbranchen sind Automation und Antriebe, Automotive, Luftfahrt, Energie sowie Forschung und Medizintechnik. Das Unternehmen beschäftigt gut 4.300 Mitarbeiter in mehreren Produktionsstätten weltweit, die jeweils für die Herstellung bestimmter Produktgruppen optimiert sind.

www.vacuumschmelze.de

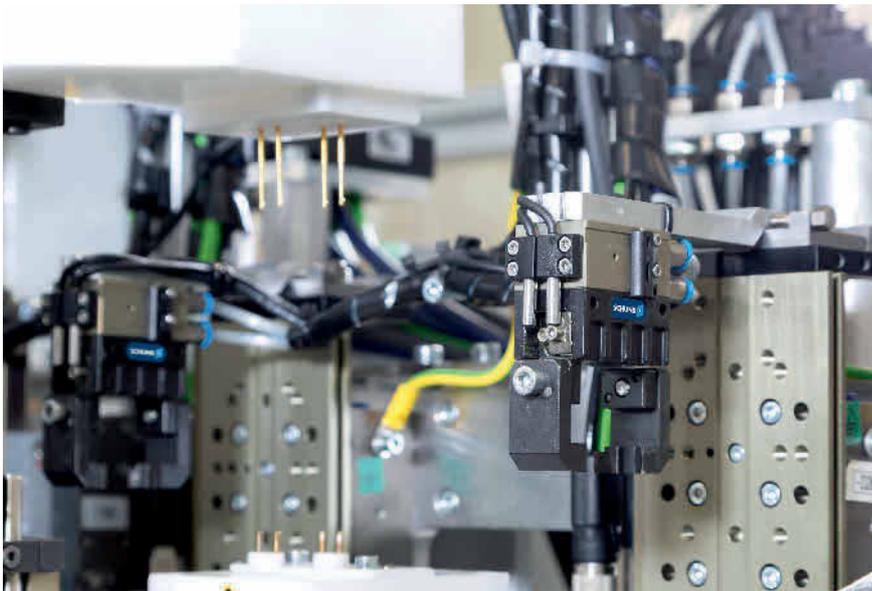


Bild 4: Der Parallelgreifer MPG-plus an einer der sieben Pick-and-Place-Stationen, montiert jeweils auf einer Kurzhubachse ELB mit Lineardirektantrieb. Foto: Schunk

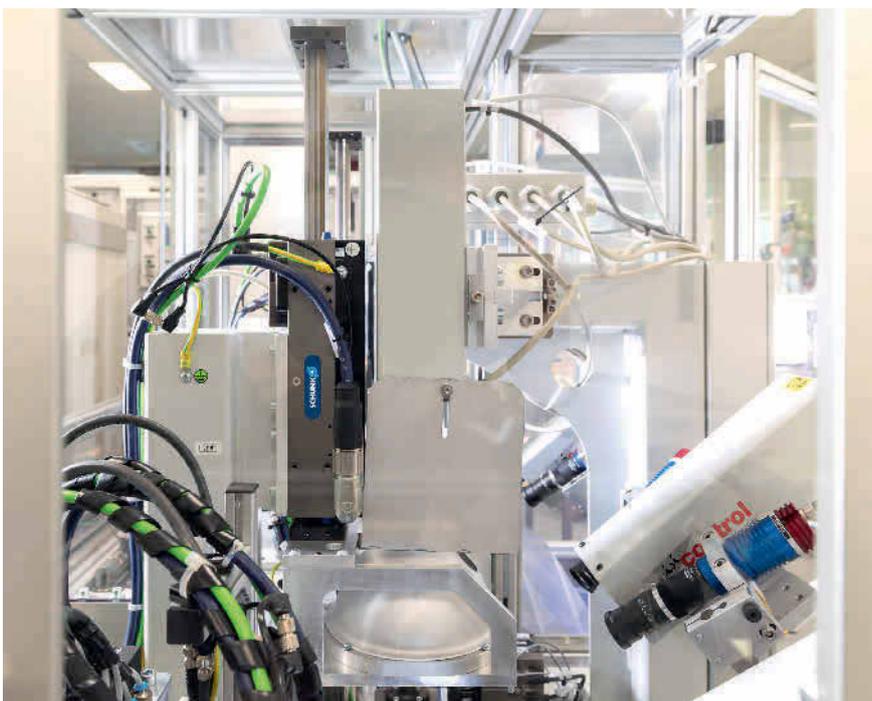


Bild 5: Die Zelle enthält zwei optische Prüfstationen mit jeweils zwei Kameras. An jeder Station verfährt ein Linearantrieb Typ LDK EL von Schunk eine Beleuchtungsglocke in vertikaler Richtung, unter der die Gleichtaktrosseln optisch geprüft werden. Foto: Schunk

und der Zelle zugeführt. Die Drosseln durchlaufen sieben Pick-and-Place-Stationen mit MGP-plus-Greifern an dynamischen und hochpräzisen ELB-Kurzhubachsen (**Bild 4**). Der Hauptantrieb LDT nimmt alle Stationen mit. Die Stationen eins, zwei und vier sind Werkstück-Drehstationen, ausgestattet jeweils mit einer

ERD-Dreheinheit. Die Station drei ist als Werkstück-Wendestation mit einem Greif-Schwenkmodul EGS auf einer ELB-Achse konstruiert. Die Stationen fünf bis sieben mit MGP-plus-Greifern auf ELB-Achsen positionieren die Drosseln für die elektromagnetische Prüfung und den anschließenden Auswurf in den Sorter.



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

Der Experte für innovative Bildverarbeitungslösungen visicontrol hat zwei optische Prüfstationen mit jeweils zwei Kameras und einer Spezial-Beleuchtungskuppel konzipiert (Bild 5). An Station eins greift zunächst ein MGP-plus Greifer die Drossel und setzt sie auf einen Dorn der ERD-Einheit, wo die erste Kamera-Inspektion während der Teiledrehung erfolgt. Von dort wird die Drossel abgeholt und auf den nächsten Dorn zur optischen Prüfung der Oberseite gesetzt. Dazu verfährt die Beleuchtungsglocke vertikal an einer LDK-Linearachse, die hochpräzise positioniert und keinesfalls nachschwingt – was das Bildergebnis gefährden würde. Anschließend erfolgt an Station drei die Teiledrehung um 180° durch das EGS-Greif- und Schwenkmodul, sodass anschließend die optische Prüfung der Drosselunterseite unter der zweiten Beleuchtungsglocke erfolgen kann. Der Prüfung liegen Referenzbilder zugrunde. Wenn der Prüfling optisch als fehlerfrei gilt, erfolgt inline die elektromagnetische Messung und abschließend die Prüfteilabgabe.

Komplettabdeckung aller Aufgaben

Schunk deckt bei dieser automatisierten Prüfanlage aufgrund der breiten Typen- und Baugrößenvarianz alle Aufgaben komplett ab, vom Achsantrieb für den Transport über das Greifen, Drehen und Umsetzen. „Unser Vorteil als Anwender ist, dass wir die komplexe Anlage dadurch optimal ausgestalten konnten und das technologische Know-how aus einer Hand erhalten“, erläutert Gregor Reinke. Insgesamt sind vier Drehmodule ERD mit Torquemotor von Schunk verbaut, sieben ELB-Kurzhubachsen mit Lineardirektantrieb und Kreuzrollenführungen, acht pneumatische Zwei-Finger-Parallelgreifer vom Typ MPG-plus mit leichtgängiger Wälzführung der Grundbacken, ein elektrisches Zwei-Finger-Parallel-Greif-Schwenk-Modul Typ EGS, ebenfalls mit wälzgeführter Grundbackenführung, zwei Linearachsen LDK zum Heben und

Senken der Beleuchtungsglocke sowie der Power-Antrieb LDT als Doppelmotor.

Unergonomische manuelle Prüfung wird überflüssig

„Wir konnten vor allem dank der hochdynamischen und präzisen Linearachsen unsere ambitionierte Taktzeitvorgabe realisieren“, resümiert Gregor Reinke. „Unser Ziel war es, den Prozess der massenhaften Drosselprüfung so zu automatisieren, dass wir zuverlässige und re-

produzierbare Ergebnisse bekommen und obendrein die langwierige und unergonomische manuelle Prüfung ersetzen. Das ist uns mit dieser Anlage gelungen.“ ■

Kontakt

SCHUNK SE & Co. KG
Sven Förg
Technical Sales and Project Engineering
Tel. (0 71 33) 03 – 26 47
sven.foerg@de.schunk.com
74348 Lauffen/Neckar



EDELSTAHLDÄMPFER STEIGERN DIE ANWENDUNGSVIELFALT

- Gesteigerte Leistungen durch vergrößerten Hub
- Mehr Auswahl dank Portfolio-Erweiterung
- Bis zu 5.650 Nm Energieaufnahme in kritischen Umgebungen
- Hochwertige Optik in effektiven Massenbereichen bis 63.700 kg

YOUR LOCAL SALES CONTACT:



The Leading Exhibition for Smart Automation and Robotics
June 27-30, 2023 | Munich

HALLE A5.518

JETZT NEU:
150 MM HUB,
M64 IN V4A



A STABILUS COMPANY



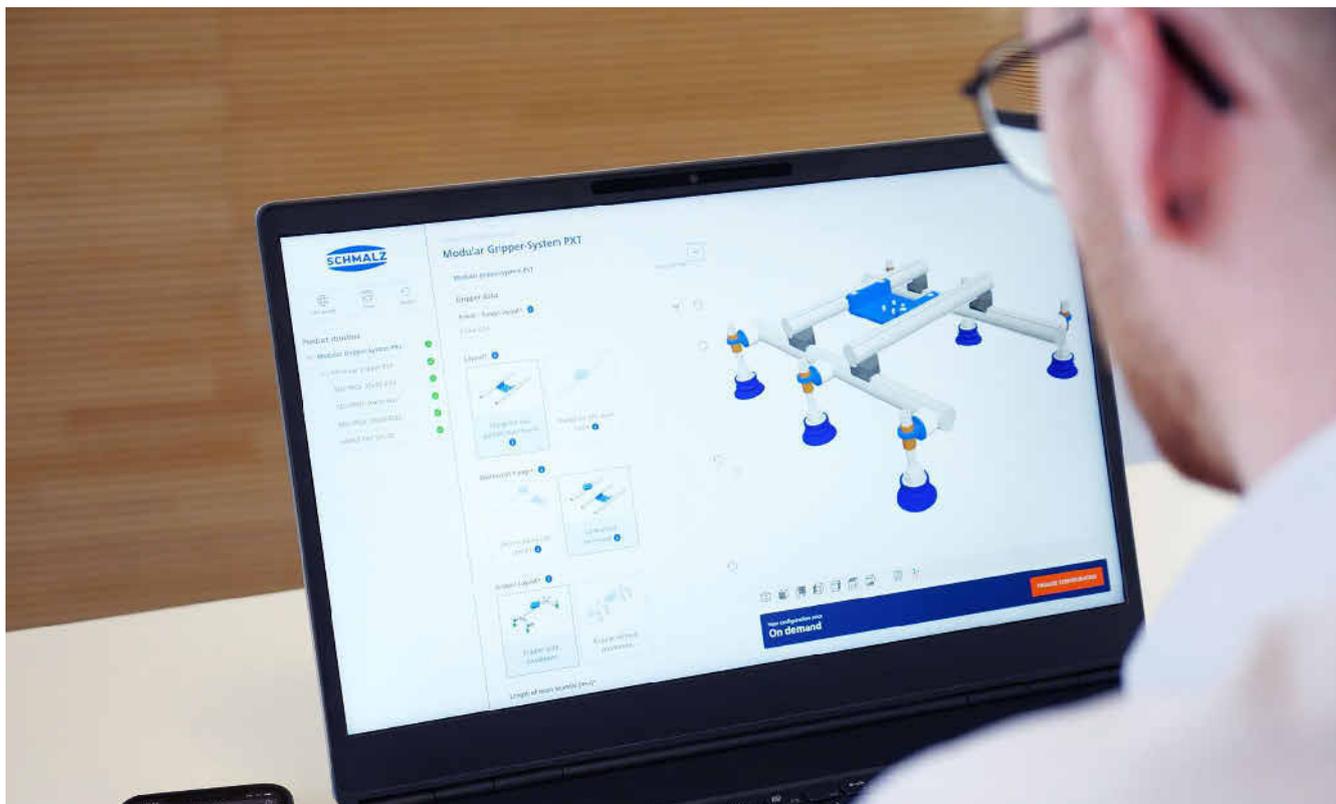


Bild 1: Der PXT-Konfigurator vereinfacht und beschleunigt die Zusammenstellung eines individuellen PXT-Greifers für Leichtbauroboter. Foto: J. Schmalz GmbH

Der Weg zum individuellen Greifer

Greifer jetzt selbst konfigurieren

Schmalz hat seinen neuen Konfigurator gelauncht: Seit Anfang Mai können nun auch Kunden direkt einen für ihre Anwendung passenden Greifer auf Basis des PXT-Greiferbaukastens gestalten. Der Vakuum-Experte erweitert mit dem neuen Online-Tool seine digitalen Services.

Um einen Greifer zusammenzustellen braucht es gute Programmierer und Greifer-Know-how. Schmalz vereint beides und programmierte kurzerhand einen neuen Konfigurator für seinen modularen Greiferbaukasten PXT.

Dieser beinhaltet jeweils vier verschiedene Verbindungstechniken, Anbindungselemente und Flanschtypen sowie zwei unterschiedliche Rohre, die längenvariabel sind. Das flexible System ermöglicht individuelle Greiferlösungen und vereinfacht die Automatisierung verschiedener Handling-Prozesse mit Leichtbaurobotern.

Der PXT-Konfigurator vereinfacht den Weg zum individuellen Greifer deutlich, führt Schmalz aus – sowohl für die Anwendenden aus dem Maschinen- und Anlagenbau als auch für den Vertrieb des Schwarzwälder Vakuum-Experten. Mithilfe der webbasierten Applikation kombiniert der User aus den

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

Basis-Bauteilen ein funktionierendes System – einfach, verständlich und schnell. Eine zeitaufwendige Auftragskonstruktion ist überflüssig. Nach wenigen Klicks sieht er eine digitale Version seines gewünschten Greifers und kann dessen CAD-Daten in seine Anlagenprojektierung direkt einbinden, heißt es weiter.

Der PXT-Konfigurator ermöglichte das Speichern oder Teilen von Projekten und liefert neben den CAD-Daten eine detaillierte Beschreibung des Greifers sowie eine Preisübersicht. Das finale Angebot erstellt dann der Schmalz Vertrieb persönlich. Die Qualität bleibt trotz des beschleunigten Ablaufs und der dadurch schnelleren Lieferung unverändert hoch. Zugleich schafft das Self-Service-Konzept Kapazitäten für komplexe Kundenanwendungen, die eine intensive und persönliche Beratung durch die Vertriebsprofis von Schmalz erfordern.

Der Vakuum-Experte lässt den Anwendenden nicht zum ersten Mal die Maus in die Hand nehmen und sein ge-



Bild 2: Auf Basis ausgesuchter Komponenten lässt sich der individuelle PXT-Greifer mit dem Konfigurator schnell zusammenstellen. Foto: J. Schmalz GmbH

wünschtes Produkt selbst gestalten. Nach der Möglichkeit, den Leichtbaugreifer SLG online selbst zu erstellen, erweitert der PXT-Konfigurator das Angebot der digitalen Services. ■

Kontakt

J. Schmalz GmbH
72293 Glatten
schmalz@schmalz.de
www.schmalz.com

BIN PICKING MIT REKORD-GESCHWINDIGKEIT

Um das Zusammenspiel von Greifer, Roboter, Kamera und Pick-Software zu perfektionieren, hat Schmalz das Schmalz Solution Kit entwickelt, dessen Clou das offene Operating System ivOS ist. Anbieter von Roboterzellen – seien es Maschinenbauer oder Integratoren – erhalten mit dem Kit eine Plug-and-Work-fähige Lösung, die schnell in jede Bin-Picking-Applikation integriert ist. Gleichzeitig ist das System so flexibel und offen, dass die Automatisierer es dennoch jederzeit an kundenspezifische Anforderungen anpassen können. Das mitgelieferte Engineering-Komplettpaket unterstützt sie dabei – es beinhaltet alle CAD-Daten, Schaltpläne, technische Auslegungen und vieles mehr.

Darüber hinaus sind Greiftechnik, 3D-Vision-Sensoren und eine spezifische Software-Konfiguration auf Wunsch Teil des Solution Kits. Ebenso ermöglicht Schmalz durch die Integration verschiedener Schnittstellen die Kommunikation zu Warehouse-Management-Systemen und zu verschiedenen Protokollen, um beispielsweise Daten in Echtzeit auszutauschen. Die Idee hinter dem Solution Kit ist nicht auf ein Anwendungsszenario beschränkt. Neben der Bin-Picking-Applikation arbeitet Schmalz an weiteren Pick-Varianten.

Wie das Bundle funktionieren kann, zeigt Schmalz mit seinem Pick Accelerator. Schmalz entwickelte eine Pilot-Anwendung als ersten Use Case. Der Technologiekonzern Körber integrierte diese Roboterzelle in die vorhandene Logistik am Hauptsitz von Schmalz selbst. Darin schaffen zwei Roboter 2.700 Picks pro Stunde. Die Roboter arbeiten simultan und können die Greifer innerhalb einer Sekunde wechseln, je nachdem, ob Schachteln, Fläschchen oder Beutel zu handhaben sind. Zwei 3D-Kameras blicken nach jeder Entnahme in die Kiste, die Pick-Software analysiert diesen Input, berechnet und steuert den nächsten Griff. Für den besten Pick stehen dem System verschiedene Greif-Algorithmen parallel zur Verfügung. Die Energieführung ist in den Greifer integriert, der mit seinen fünf Achsen in jede Ecke der Kiste reicht. So wichtig die einzelnen Komponenten sind, die dynamische Interaktion und die Flexibilität macht erst das Schmalz Solution Kit ivOS Pick-and-Pack möglich – durch das einzigartige Zusammenspiel von innovativer Greiftechnik, moderner 3D-Sensorik und neuesten Algorithmen zur Greifpunktermittlung.



Der Pick Accelerator schafft unter der Führung des Schmalz Solution Kits ivOS Pick-and-Pack 2.700 Picks pro Stunde. Foto: J. Schmalz GmbH

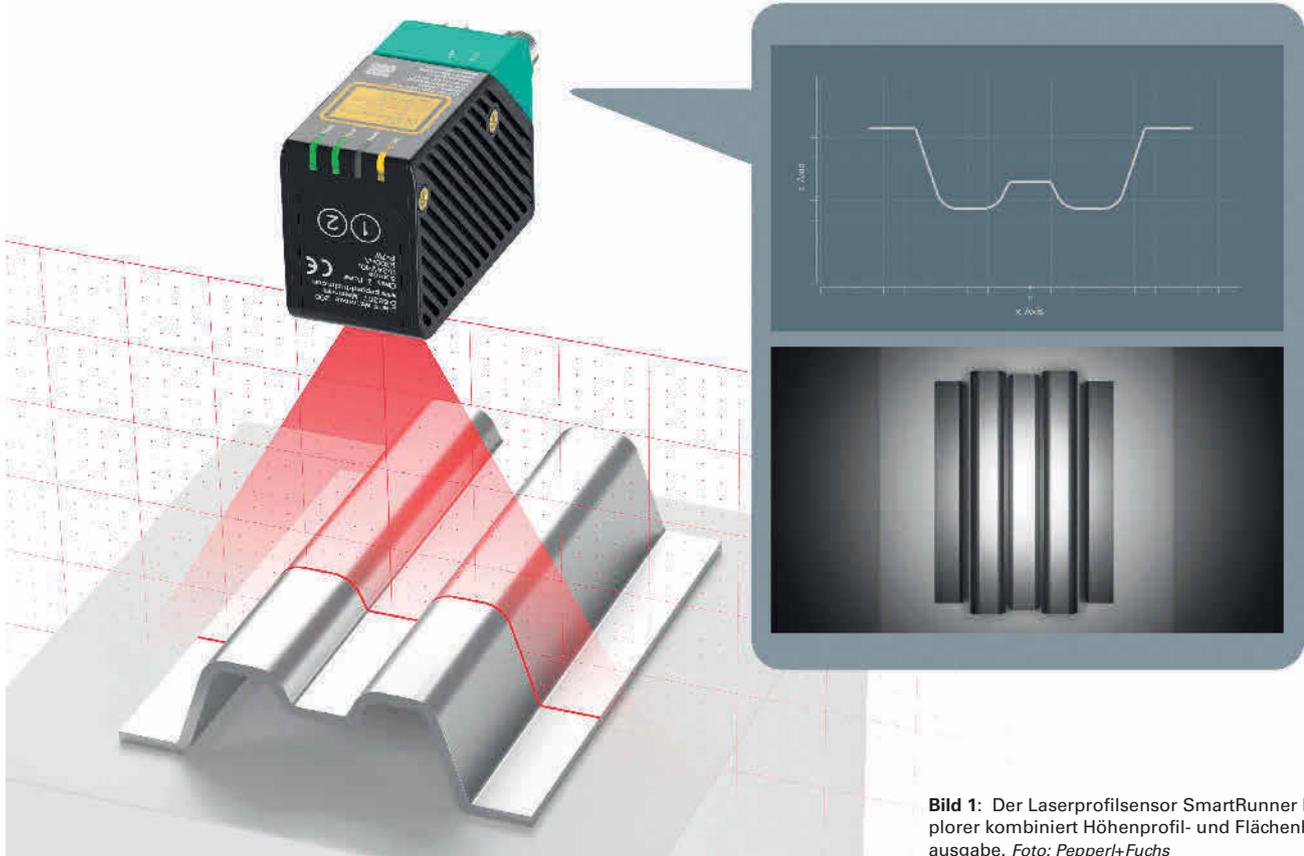


Bild 1: Der Laserprofilsensor SmartRunner Explorer kombiniert Höhenprofil- und Flächenbildausgabe. Foto: Pepperl+Fuchs

Bestens integrierbar durch Programmier-API, Ethernet TCP/IP-Schnittstelle und kleine Baugröße

Laserprofilsensor für hochgenaue Prüfprozesse

Der neue Laserprofilsensor SmartRunner Explorer erlaubt hochgenaue Qualitätskontrollen über Höhenprofile und verfügt darüber hinaus über eine zusätzliche 2-D-Flächenbildausgabe. Sie lässt sich für (Fehler)Dokumentationen, Sichtkontrollen vom Leitstand aus und vieles mehr nutzen. Als Rohdatengerät eignet sich der Sensor bestens zur Adaption an Spezialaufgaben, wobei standardisierte Hard- und Software-Schnittstellen für eine reibungslose Integration in Anlagen sorgen.

TEXT: *Tim Weis*

Ob beim Fertigen, Weiterverarbeiten oder in der Eingangskontrolle, überall gilt es, Qualitätsmerkmale sowie Positionen, Ausrichtungen oder die Anwesenheit von Produkten und Komponenten zu überprüfen. In etlichen Industrieprozessen, zum Beispiel in der Automobilindustrie, sind solche Aufgaben mit besonders hoher Präzision durchzuführen, ein ideales Anwendungsfeld für Laserprofilensoren wie den SmartRunner Explorer von Pepperl+Fuchs. Das Gerät erfasst Höhenprofile mit hoher Präzision und stellt die Ergebnisse als Weltkoordinaten zur externen Weiterverarbeitung zur Verfügung. Diese Rohdaten lassen sich mit dem Kunden-Know-how beliebig weiterverarbeiten, so dass Anwender ihre gewünschten Speziallösungen realisieren können.

Darüber hinaus liefert der Laserprofilensensor 2-D-Flächenbilder, die sich zu Dokumentations- und Diagnosezwecken nutzen lassen. Das ist besonders hilfreich, wenn Fehler im Betrieb auftreten. Vom Leitstand aus kann das Bedienpersonal kritische Situationen visuell beurteilen und mögliche Fehlerursachen zügig ermitteln. Das erspart Laufwege und Zeit.

Im Sensorgehäuse sind Laserdiode, Kamera, LED-Flächenbeleuchtung sowie die zugehörige Elektronik untergebracht. Der auf das Objekt projizierte Laserstrahl wird aus einem anderen Winkel von der Kamera erfasst, so dass die Auswerteeinheit die genaue Position jedes Bildpunkts über das Triangulationsprinzip berechnen kann. Das Laserlichtschnitt-Verfahren ist hochpräzise, zuverlässig und robust, es lässt sich auch durch Fremdlicht, spiegelnde (Metall-)Oberflächen und geringe Kontraste nicht beeinträchtigen.

Vermessung und Überprüfung von Blechen

Ein typisches Anwendungsbeispiel ist die Qualitätskontrolle bei automatischen Blechbiegeprozessen. Abkantpressen dienen dazu, Rohbleche in die gewünschten Formen zu bringen. Ein Verschleiß der Abkant-Werkzeuge oder anderer Maschinenteile kann nach und nach zu Präzisionsverlusten führen. Nach jedem Biegevorgang muss daher

sichergestellt werden, dass das Metall korrekt gestaltet ist und die geforderten Toleranzen einhält. Dazu entnimmt ein Roboter das Blech aus der Presse und positioniert es in einem Prüfplatz. Ein SmartRunner Explorer überprüft dort das Ergebnis an einer oder mehreren Stellen. Der Sensor erfasst das Höhenprofil des Bleches hochgenau und gibt die Daten in Weltkoordinaten über Ethernet an einen geeigneten Industrie-PC weiter. Via Prüf-Software vergleicht das System die Werte des Prüflings mit den hinterlegten Referenzdaten hinsichtlich korrekter Form, erlaubter Toleranzen oder weiterer Merkmale.

Mit der Höhenprofil-Analyse lassen sich durch eine vergleichbare Vorgehensweise zahlreiche Prüf-, Kontroll- und Vermessungsaufgaben rationell lösen, etwa bei Schweißnahtkontrollen oder für Volumenmessungen von Paketen und Schachteln mit Hilfe mehrerer Höhenprofilaufnahmen während der Bewegung.

Kompakte Bauweise erleichtert Einbau

Abgesehen von der reinen Detektionsleistung legen Maschinenbauer und Kontrakteure naturgemäß großen Wert darauf, dass sich Sensoren mechanisch und steuerungstechnisch einfach in ihre Anlagen integrieren lassen. Der SmartRunner Explorer ist mit Abmessungen von 38 mm × 85 mm × 55 mm für ein System dieser Leistungsklasse sehr kompakt gebaut und bietet zudem einen schwenkbaren Anschluß. Ein passender Einbau sollte damit überall möglich sein.

Zur Datenübertragung kommt standardmäßig Ethernet TCP/IP zum Einsatz. Als Programmier-Schnittstellen gibt es zum einen eine API für C# als NuGet Paket (DLL). Des Weiteren stehen Wrapper für die Programmiersprachen C und Python zur Verfügung. Ein Handbuch mit Beispielprogrammen ebnet Einstiegshürden.

Zum Parametrieren und Konfigurieren des SmartRunner dient der ‚Vision Configurator‘, eine Windows-Software mit intuitiver Benutzeroberfläche. Dabei lernt man Referenzobjekte ein, begutachtet Fehlerbilder, optimiert Aufnahme-Parameter oder wechselt zwischen manueller und automatischer Beleuchtungseinstellung.



WIR MACHEN IHRE MASCHINE SICHER

Sicherheitslösungen für Roboter

- Breites Produkt- und Leistungsspektrum, erfüllt ISO 10218-1 und ISO 10218-2
- Diverse Sicherheitskomponenten für die Zugangs- und Bereichsabsicherung
- Sicherheitsrelaisbausteine und Sicherheitssteuerungen für größere Roboteranlagen
- Umfangreiches technisches Know-how in allen Fragen der Robotersicherheit

www.schmersal.com



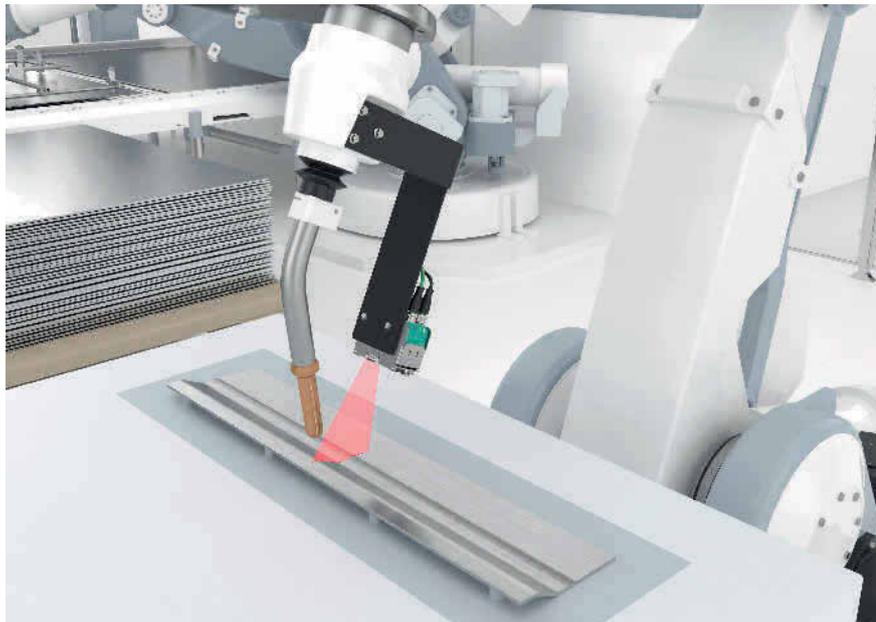


Bild 2: Anwesenheits- und Formüberprüfung von Schweißnähten. Foto: Pepperl+Fuchs

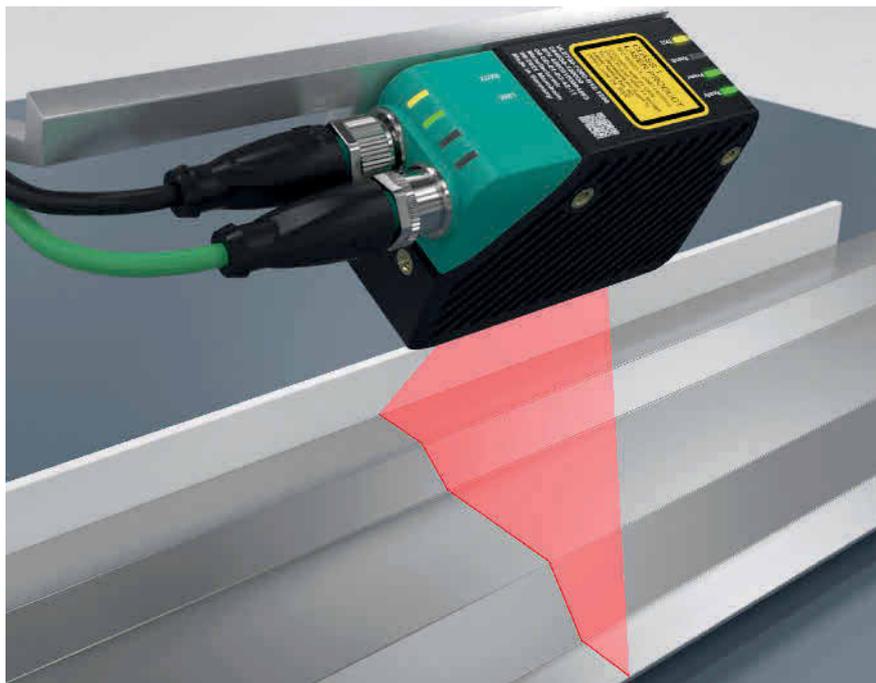


Bild 3: Formüberprüfung von Blechteilen nach dem Biegeprozess. Foto: Pepperl+Fuchs

Zur Familie der SmartRunner gehören außerdem der SmartRunner Matcher sowie der SmartRunner Detector. Im Gegensatz zum Explorer sind bei diesen Geräten die Auswertalgorithmen vorprogrammiert. Statt Rohdaten

liefern sie am Ausgang ein binäres Ja/Nein- oder Gut/Schlecht-Signal und lassen sich quasi nach dem Plug&Play-Verfahren in Betrieb nehmen. Während der Matcher auf Profilvergleiche optimiert ist, kommt der Detector bei

hochgenauen Überwachungsaufgaben zum Einsatz.

Anwendungsspezifische Laserprofilensoren

Pepperl+Fuchs bietet zwei Ausführungen des Explorers an. Für den Nahbereich gibt es Variante VLE350 mit 60 bis 350 mm Reichweite und einem maximalen X-Erfassungsbereich von 160 mm. Der Fernbereich von 100 bis 700 mm Reichweite und einem maximalen X-Erfassungsbereich von 345 mm wird vom VLE700 abgedeckt. Die Laserprofilensoren liefern 960 Wertepaare in 0,01-mm-Schritten bei einer Scanrate von 30 Hz. Aufgrund der Laserklasse 1 sind die Geräte augensicher, der Messlaser arbeitet jeweils mit rotem Licht von 660 nm Wellenlänge. Die Bildauflösung beträgt 1280 × 960 Pixel. Als Trigger-Optionen stehen Hardware-, Software- und Autotrigger zur Verfügung. Für Anwendungen rund um Schweißprozesse bietet der SmartRunner ein passendes Schweißschutzgehäuse mit auswechselbarem Ersatzglas. Diverse Haltewinkel sowie Kabel für Datenübertragung und Spannungsversorgung runden das Portfolio ab.

Fazit: Der SmartRunner Explorer erfasst Höhenprofile als hochgenaue Rohdaten in Weltkoordinaten. Als Besonderheit verfügt das Gerät zusätzlich über eine 2-D-Flächenbildausgaben, die wertvolle Dienste bei Dokumentationen oder bei Fehlersuchen leistet. Er eignet sich für zahlreiche industrielle Prüf- und Überwachungsaufgaben, bei denen Präzision und Prozesssicherheit im Fokus stehen und bei denen Anwender die Auswertung selbst gestalten wollen. ■

Dr. Tim Weis ist Produktmanager Industrial Vision Components bei der Pepperl+Fuchs SE
68307 Mannheim
www.pepperl-fuchs.com

Neue Scara-Roboter der GX-B-Serie

Die neuen Scaras der GX-B-Serie wurden gegenüber ihren Vorgängern, den bestehenden GX-Scaras, um neue, wichtige Sicherheitsfunktionen verbessert. Die GX-B bieten laut Epson Vorteile bei ihrer Installation und im Produktionslauf, weil sie nicht nur die Möglichkeit des Eingreifens eines Menschen in einen laufenden Arbeitsprozess verbessern, sondern aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und nochmals verbesserten Leistung die Kosten pro Zykluszeit senken.

Die neue Sicherheitsfunktion (SLS-Funktion) definiert laut Epson dabei innerhalb des Arbeitsraumes des Roboters bestimmte, nach Risiko einer Kollision abstufbare Sicherheitsareale. Je nach Aufenthaltsort eines sensiblen Objektes (beispielsweise die Hand eines Menschen) innerhalb eines dieser Bereiche werden automatisch vorher definierte Arbeitsgeschwindigkeiten für den Roboter eingestellt. Bewegt sich also nun beispielsweise etwas in einem dieser Areale, so verlangsamt die Maschine entsprechend, bis sie, bei Verletzung des sensibelsten Bereiches, schließlich stoppt.

Die Risikozonen variieren dabei mit der aktuellen Position des Roboters. Die SLS-Funktion wird aufgrund dieser flexiblen Handhabung der Sicherheitszonen die Stillstandszeiten von Arbeitszellen mit GX-B-Roboter erheblich verkürzen und deren Einrichtung beschleunigen. Auch können einzelne Maschinen und Elemente einer Station auf diese Weise mit geringeren Sicherheitsabständen aufgebaut werden und kommen unter Umständen auch ganz ohne Schutzzaun aus.

www.epson.de



Die GX-B bieten Vorteile bei ihrer Installation und im Produktionslauf. Foto: Epson



Im Fokus des Automatica-Auftritts von Yaskawa steht das umfassende Motoman-Portfolio an klassischen Industrierobotern im Tragkraftbereich von 0,5 bis 800 kg. Foto: Yaskawa Europe

Roboter für die smarte Automation

Mit der Motoman PL-Serie präsentiert Yaskawa auf der Automatica die aktuelle Generation von Hochleistungs-Palettierrobotern. Die Roboter werden zum automatischen Palettieren und Depalettieren eingesetzt. Entsprechende Anwendungsfelder finden sich in der klassischen Endverpackung und zunehmend auch in der Distributions-Logistik.

Die Schweißroboter der Serien Motoman AR und Motoman SP überzeugen, so das Unternehmen, bei Aufgaben im Lichtbogenschweißen und -schneiden oder beim Punktschweißen. Die ArcWorld-Familie stehe zudem für schlüsselfertige, kompakte und preiswerte Standardschweißzellen mit Motoman-Robotern und Sicherheitszubehör. Aufgrund des speziellen Designs kann die komplette Roboterzelle ganz einfach versetzt und bei Bedarf sofort wieder in Betrieb genommen werden. Zudem bietet Yaskawa eine technische Lösung zur Rückspeisung von Roboter-Bremseenergie in das Stromnetz. Alle größeren Motoman-Roboter der Baureihen ab ca. 50 kg Traglast und mit der aktuellen YRC1000-Robotersteuerung sind in der Lage, kinetische Energie aus Ab- und Seitwärtsbewegungen ins Netz zurückzuspeisen. Yaskawa auf der Automatica: Halle B6, Stand 502.

www.yaskawa.de

SICHERE POSITIONSERFASSUNG

FÜR MOBILE MASCHINEN

- Kleinste Safety-Multiturn-Drehgeber entwickelt für mobile Maschinen
- Schutzart bis IP6K9K
- E1-Zulassung (Kraftfahrtbundesamt)



60 YEARS SIKO

SIL2
Functional Safety
PLD

CANopen
safety easy to use

PURE.MOBILE

www.siko-global.com/p/wv3600mr



Bild 1: Beim Network Approval Service prüfen Expert:innen von Lapp die „Nervenbahnen“ der Maschine. Foto: Lapp

Vorsorgeuntersuchungen für industrielle Netze

Stabile Netze für Industriemaschinen

Der Stuttgarter Anbieter für Verbindungslösungen Lapp bietet neben Produkten auch zahlreiche Services – das Unternehmen versteht sich als ganzheitlicher Lösungsanbieter.

Zwei neue Services erweitern jetzt das Portfolio: Mit dem Lapp Network Approval Service bietet das Unternehmen eine Dienstleistung mit anschließendem Garantieverprechen.

Der Lapp Health Check Service unterstützt Kund:innen dabei, ihre Netzwerktechnik durch Verbesserungen langfristig robust und ausfallsicher zu machen.



Bild 2: Der Health Check Service gleicht einer Vorsorgeuntersuchung und kann in regelmäßigen Zyklen immer wieder in Anspruch genommen werden. Foto: Lapp

Die Smart Factory ist das Ideal vieler Unternehmen und auf dem Weg dahin nimmt die Vernetzung der Maschinen und Anlagen weiterhin zu. Schon heute ist eine funktionierende Netzwerktechnik einer der entscheidenden Faktoren für das Funktionieren eines Unternehmens: Fällt das digitale Nervensystem aus, stehen auch die Industriemaschinen still. Das kann schnell kostspielig werden und ist außerordentlich schädlich für nutzungsbasierte Geschäftsmodelle. IT- und OT-Cybersecurity wird so für die Industrie zu einem Trendthema, und das zurecht. Aber es braucht nicht immer Einflüsse von außen: Etwa 50 Prozent der Netzwerk-Ausfälle beruhen schlicht auf Fehlern oder Mängeln bei physikalischen Verbindungen.

Genau dort liegt die Expertise von Lapp. Schon heute bietet das Unternehmen neben entsprechenden Produkten über 110 verschiedene Services an – von Konfigura-

toren über kund:innenspezifische Kabel oder Konfektionen und digitale Self-Services auf der Website bis zu Just-in-time-Lieferungen. Brandneu im Lapp Portfolio ist der Network Approval Service, eine umfangreiche Abnahme der Konnektivität, die Lapp Expert:innen für eine vollständige Inbetriebnahme einer Maschine durchführen. „Beim Network Approval Service wird von uns wirklich jedes Kabel in die Hand genommen“, so Dr. Patrick Oliven, Senior Manager Business Development Services bei Lapp, einer der Köpfe hinter den neuen Services. Das Angebot richtet sich vor allem an Maschinenbauer:innen. „Wir haben in Gesprächen erkannt, dass es für unsere Kund:innen gegenüber ihren jeweiligen Endkund:innen schwierig ist, zu beweisen, dass eine komplexe Maschine optimal aufgebaut ist und viele Jahre störungsfrei in Betrieb sein wird“, so Oliven weiter. „In dem unsere authentifizierten Profinet Engineers die Maschine prüfen und anschließend zertifizieren, ist es für sie einfacher,

eine hohe Anlagenverfügbarkeit insbesondere durch eine optimale Konnektivitäts- und Netzwerktechnik zu garantieren.“

Risiko von Ausfällen wird minimiert

Entwickelt wurde der Network Approval Service aus dem Lapp Health Check Service heraus. Letzterer versteht sich wie ein Gesundheitscheck und unterstützt Kund:innen dabei, das Risiko von Ausfällen ihrer bestehenden Industriemaschinen aufgrund von Schwächen und Störungen in der Konnektivität zu minimieren und einen weiterhin wartungsarmen Betrieb sicherzustellen. Demnach werden meist ältere Maschinen untersucht, bei denen unklar ist, wie lange sie noch störungsfrei funktionieren werden oder Maschinen, bei denen eine Erweiterung oder Retrofit durchgeführt wurde und daher eine Leistungssteigerung sichergestellt werden soll. Kund:innen erhalten eine transparente Übersicht

über den Zustand und die Schwächen, gepaart mit Verbesserungsvorschlägen. Erste Unternehmen haben von den Dienstleistungen bereits profitiert: Bei allen bisher durchgeführten Prüfungen konnten schlummernde Schwachstellen gefunden werden. „Als Lösungsanbieter wollen wir partnerschaftlicher mit unseren Kund:innen zusammenarbeiten. Dabei geht es nicht nur um unsere einzelnen Komponenten, sondern um Mehrwerte für unsere Kund:innen, um ihnen in ihren Prozessen Arbeit und Risiko abzunehmen.“

Netze und Komponenten werden geprüft

Beim Network Approval Service prüfen qualifizierte Expert:innen von Lapp die „Nervenbahnen“ der Maschine, also die Profinet Netze und ihre Komponenten. Im Anschluss erhalten die Kund:innen ein Zertifikat, das die Qualität der Maschine und ihrer Verbindungstechnik bestätigt und für fünf Jahre verbindlich zugesagt sowie einen Bericht zur Netzwerkkommunikation und -konfiguration und zu den Diagnosemeldungen von Netzwerk und Geräten. Außerdem im Leistungsumfang: ein Kabelzertifizierungsbericht für die gesondert geprüften Leitungen und eine EMV-Checkliste. Sollte der Befund Schwachstellen entdecken, werden Abstellmaßnahmen vorgeschlagen, die für eine erfolgreiche Abnahme notwendig sind. „Das hat darüber hinaus zwei Vorteile“, so Olivan, „einerseits stärken wir auf diese Weise das Vertrauen in die Maschinen und Anlagen unserer Kund:innen. Indem wir den:die Kund:in vor Ort besuchen und uns Zeit für die Prüfung nehmen, lernen wir aber auch sie selbst, ihre Arbeit und ihre Bedarfe gründlich kennen und können uns und unser Portfolio noch präziser an Kund:innenbedürfnissen ausrichten.“

Der Lapp Health Check Service gleicht einer Vorsorgeuntersuchung und kann von Kund:innen in regelmäßigen Zyklen immer wieder in Anspruch genommen werden. Stoßen die Expert:innen auf einen Optimierungsbedarf wird dieser aufgezeigt und kann nachgerüstet werden. Das Gesamtpaket aus beiden Services – also vor Inbetriebnahme und regelmäßig während des Betriebs – macht die Anlagen robuster gegen Fehler und Stillstände, denn rund die Hälfte aller Ausfälle sind auf Verbindungsprobleme an Steckern, Kabeln und Switches zurückzuführen,



Dr. Patrick Olivan, Senior Manager Business Development Services: „Wir haben in Gesprächen erkannt, dass es für unsere Kund:innen gegenüber ihren jeweiligen Endkund:innen schwierig ist, zu beweisen, dass eine komplexe Maschine optimal aufgebaut ist und viele Jahre störungsfrei in Betrieb sein wird.“ Foto: Lapp

zum Beispiel wegen mechanischer oder umweltbedingter Belastung, Alterung, minderwertiger Produkte, falscher Erdung oder schlechtem Netzwerk.

Im Fokus: Mittelständische Maschinenbauer

Das Lapp Team aus zertifizierten Profinet-Ingenieuren nutzt für die beiden Services spezielle Geräte wie „Atlas 2“ von Procentec oder den „PN-Quicktester“ von Leotec und scannen damit das gesamte Maschinen-Netzwerk auf Schwächen und Fehler. Dazu kommt eine visuelle Kontrolle, mit der sie die anwendungsgerechte Auswahl von Produkten, die Konstruktion und den Zustand prüfen. Zielgruppe sind vor allem mittelständische Maschinenbauer oder Produktionsbetreiber, die für solche Fälle in der Regel kein eigenes Personal haben oder die Aufgabe aus Kapazitätsengpässen gerne abgeben. Somit kann Lapp diese Kund:innen bei der Inbetriebnahme unterstützen oder auch bei älteren Bestandsmaschinen in der Produktion den Health Check durchführen. Ziel ist es, Kund:innen und ihre Maschinen konstant zu begleiten und mit Fachwissen zu unterstützen, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.

Bei der NLT Automation GmbH, Weltmarktführer in der Automatisierung der Adjustage-Industrie, konnte sich der

Lapp Service bereits in der Praxis bewähren. Die Expert:innen von Lapp analysierten dort eine neue Maschine, die sogenannte „Coils“, also aufgewickelte Metallbänder, für die Metallindustrie in Streifen schneidet. NLT zeigte sich im Vorfeld überzeugt, dass keine Schwächen in der Konnektivität gefunden werden würden. Schließlich war die Maschine mit der Bezeichnung M9 zum Testzeitpunkt mit zwei Jahren nicht nur sehr neu; es waren darin auch ausschließlich hochwertige Komponenten verbaut, darunter Leitungen aus dem Hause Lapp sowie Managed Switches für ein stabileres Netzwerk und bessere Fehlerdiagnose. Zudem waren die Strom- und Datenverbindungen in Hinblick auf EMV sauber getrennt, um Störeinflüsse zu vermeiden. Gute Voraussetzungen also für Fehlerfreiheit. „Bei unserer Prüfung konnten wir die hohe Qualität der Maschine für NLT bestätigen“, so Olivan. „Mit diesem Wissen kann NLT nun sicherer beim Endkunden auftreten.“

EMV-Probleme immer schwer vorhersehbar

Einziger Nachrüstungsbedarf: Die Prüfwerte einer Datenleitung wiesen auf eine elektromagnetische Störung hin. Lapp und NLT setzten daraufhin gemeinsam eine bessere Verlegung um. „Wir waren uns unserer Sache sehr sicher“, sagt Micha Glave, Geschäftsführer bei NLT. „Tatsächlich sind EMV-Probleme trotz sehr gutem Design und Installation schwer vorherzusehen und abzustellen, nur eine Prüfung schafft da Gewissheit.“ ergänzt Olivan. Abgesehen von dieser einen Leitung konnten die Lapp Expert:innen feststellen und bescheinigen, dass die Konnektivität in der Anlage von NLT aus Wartungs- und Zuverlässigkeitssicht sehr gut ausgelegt und aufgebaut wurde.

Andererseits zeigt das, dass auch eine sehr gut aufgestellte Maschine und Verbindungslösungen noch ungeahnte Schwachstellen aufweisen kann. Die Fehlerquelle liegt nicht selten im kleinsten Detail versteckt. Und um diese zu finden, braucht es Konnektivitäts-Experten wie Lapp. Sie können die Schwächen nicht nur schnell identifizieren, sondern direkt auch die passende Lösung liefern. ■

Kontakt

U.I. Lapp GmbH
70565 Stuttgart
www.lapp.com/de/de

Neue rostfreie Halbschalen-Metallbalgkupplung

Neu im Programm des Kupplungsspezialisten Enemac ist die Halbschalen-Variante EWR aus Edelstahl. Diese Metallbalgkupplung ist den Angaben zufolge durch die Verwendung von A4 oder A2 Edelstählen für den Einsatz in anspruchsvollen Umgebungen und sterilen oder gar säurehaltigen Anwendungen geeignet. Ebenso bietet sich der Einsatz im Lebensmittel- und Medizinbereich an.

Aufgrund der Konstruktion der Halbschalennaben, kann die Kupplung in schwer zugänglichen Anlagen, bei denen die Platzverhältnisse sehr gering und die An- und Abtriebsaggregate starr oder in axialer Richtung nicht verschiebbar sind, eingebaut werden.

Bei der Type EWR können die beiden unteren Nabenhälften zunächst demontiert und die Kupplung dann radial auf die Wellenenden aufgesetzt werden. Anschließend werden die losen Nabenhälften auf der gegenüberliegenden Seite der Welle angesetzt und mittels Edelstahl-Klemmschrauben verbunden.

Die Demontage ist laut Enemac ebenfalls mit geringem Aufwand möglich und erfordert keine weiteren Hilfsmittel. Die Metallbalgkupplung im Hygienic Design ist in 7 Baugrößen für Nennmomente von 10 Nm bis 1.200 Nm und für Wellendurchmesser von 7 bis 85 mm erhältlich.

www.enemac.de



Metallbalgkupplung für den Einsatz in anspruchsvollen Umgebungen und sterilen oder säurehaltigen Anwendungen. Foto: Enemac



PikeOS ist die Grundlage für viele eingebettete Systeme unter anderem in Fahrzeugen, in der Medizintechnik, Robotik und in industriellen Anlagen. Foto: Sysgo

Neue Safety-Zertifizierungen für PikeOS 5.1.3

Sygos Echtzeitbetriebssystem und Hypervisor PikeOS hat erneut die höchsten Stufen der Safetynormen aus Bahnwesen und Industrie erreicht. Wie das Unternehmen mitteilt, ist PikeOS in seiner Version 5.1.3 nun offiziell durch TÜV Süd Rail zertifiziert auf den Stufen SIL 4 der EN 50128 und EN 50657 (Bahn) sowie dem höchsten Level SIL 3 der IEC 61508 (Industrie) für die ARMv8-Architektur. Die Zertifizierungen umfassen die Hardware-Virtualisierung (HwVirt), die die Hypervisorfunktionalität ermöglicht und erlaubt, dass Gastbetriebssysteme wie Linux und Android auf ARMv8 laufen. Darüber hinaus erreicht die Posix-Erweiterung für Pike-OS nun die Stufen SIL 2 der Industrie- sowie der beiden Bahnnormen. Zusammen mit der bereits Ende 2022 erreichten Cybersecurity-Zertifizierung nach Common Criteria EAL 5+ bietet Pike-OS damit das höchste Sicherheitsniveau aller vergleichbaren, am Markt vertretenen Lösungen, heißt es weiter.

Pike-OS ist den Angaben zufolge die Grundlage für viele eingebettete Systeme unter anderem in Fahrzeugen, Flugzeugen, in der Raumfahrt und im Schienenverkehr sowie in der Medizintechnik, Robotik und in industriellen Anlagen. Zahlreiche innovative Embedded- und Edge-Computing-Lösungen – wie autonom agierende Fahrzeuge oder kollaborative Roboter – müssen heute nicht nur höchste Anforderungen an funktionale Sicherheit, sondern auch an die Cybersicherheit erfüllen.

www.sysgo.com

Neuer Service für die Umsetzung der digitalen Transformation

Für große Industrieunternehmen und den Mittelstand bietet Tech-Konzern Schneider Electric ab sofort seine neuen Industrial Digital Transformation Services an. Wie das Unternehmen mitteilt, ist der Service weltweit verfügbar, die Consulting-Abteilung dennoch mit regionalen Fachleuten besetzt. Unterstützt werden Produktionsunternehmen sowie Anlagen- und Maschinenbauer bei Planung, Implementierung und Nutzung von Industrie 4.0-Techniken. Anspruch der neuen Dienstleistung sei es, den unternehmerischen Mehrwert von IIoT-Lösungen verstehbar und zu jeder Zeit quantifizierbar zu machen. Dabei stehen zunächst keine bestimmten Techniken oder Produkte im Vordergrund, sondern die individuellen Anforderungen und Marktbedingungen der Kunden. Statt eines auf Einzelprojekte

fokussierten Ansatzes wird in puncto digitaler Transformation ein skalierbarer, programmatischer Ansatz verfolgt, der sämtliche Abteilungen und Standorte eines Unternehmens mit einbezieht. Mit den neuen Industrial Digital Transformation Services zielt Schneider Electric bewusst auf die Findungsphase ab, heißt es weiter. Zunächst geht es darum, auf Basis des konkreten Kunden-Business sowie der jeweiligen Marktsituation ein Verständnis für den individuellen Bedarf und Nutzen von Industrie 4.0-Techniken zu entwickeln. Auf diese Weise sollen die unternehmerische Kompetenz in puncto Digitalisierung geschärft sowie das entsprechende Mindset für eine digitale Transformation im gesamten Unternehmen etabliert werden.

www.se.com/de

Antriebstechnik mit integrierter Sensortechnik

In der Antriebstechnik war es bisher schwierig, Daten in nahezu Echtzeit zu erheben. Grund: Der rotierende Antriebsstrang, der sich nicht direkt durch ein Kabel verbinden lässt. Mit der integrierten Sensortechnik von R+W ändert sich das jetzt. Wie das Unternehmen erläutert, lässt sich die Sensorik leicht in bereits verbaute Kupplungen integrieren. Die Montage sei dabei ebenso einfach, wie schnell, was den Integrationsaufwand und die Anschaffungskosten auf ein Minimum reduziere. Durch die Integration in eine vorhandene Komponente werden weder zusätzlicher Bauraum noch Hilfskonstruktionen benötigt.

Neben Lamellen- und Sicherheitskupplungen, Gelenkwellen sowie Flanschen gibt es seit kurzem auch das Standardprodukt, die Balgkupplung von R+W, mit integrierter Sensorik. Der Unterschied zu den bisherigen Baureihen mit der Sensortechnik ist die wesentlich kürzere Bauweise, zum Beispiel bei den Gelenkwellen. Bei der kompakten Bauweise der neuen Art von Balgkupplung variiert lediglich der Bohrungsdurchmesser im Vergleich zur Standardvariante, so das Unternehmen.

Neben allen Eigenschaften einer Serienkupplung dient die intelligente Kupplung zugleich als kabellose Messeinheit. Die integrierte Sensortechnologie misst dabei beispielsweise Drehmoment, Drehzahl, Beschleunigung und optional auch Axialkräfte und Querkräfte direkt aus dem rotierenden Antriebsstrang. Zur Energieversorgung stehen dabei verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Neben einer Lösung mit wiederaufladbarem Akku oder Induktion gibt es nun eine neue autarke Energieversorgung – genannt Energy Harvesting. Mit dieser Variante machen wir uns die Rotationsenergie zunutze, die es sowieso im Antriebsstrang gibt. Die Sensorik wird dadurch dauerhaft mit Energie gespeist. Energy Harvesting eignet sich besonders für Bereiche, bei denen es keine Stillstandszeiten geben soll, sowie für schwer zugänglich Stellen, das heißt, wo eine Bestromung nicht möglich ist.

www.rw-kupplungen.de



Balgkupplung mit integrierter Sensortechnik. Foto: R+W Antriebs Elemente GmbH



Mit dem Zukunftskonzept des Robot Operations Center (ROC) lässt sich langfristig das Automatisierungspotenzial der Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) durch die Kombination von Teleoperation und künstlicher Intelligenz erhöhen. Foto: ek robotics GmbH

Prototypen für teleoperierte Steuerung von Transportrobotern

Mit der offiziellen Konzeptvorstellung des Robot Operations Center (ROC) erweitert ek robotics sein umfassendes Technologieportfolio. Mit ROC können den Angaben zufolge bislang nicht vollständig prozesssicher automatisierbare Aufgaben durch die Kombination von Teleoperation und künstlicher Intelligenz gelöst werden. Das Robot Operations Center sei eine Kommandozentrale für den Fernzugriff auf Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF), in der ein Teleoperator von mehreren Monitoren umgeben ist und ein umfassendes Umfeld- und Statusüberwachungssystem des Transportroboters bedient. Die Steuerung erfolgt über Lenkrad, Pedale und Joysticks. Für eine optimale und latenzfreie Kommunikation zwischen Operator und Transportroboter sind eine sehr gute Netzabdeckung und eine hohe Bandbreite für die Übertragung der Steuerungs- und Videosignale erforderlich. Die Fahrzeugkomponenten bestehen aus hochauflösenden Kameras, optischen Sensoren und einer On-Board-Unit, die über WLAN oder 5G-Campusnetze eine Fernsteuerung ermöglicht.

Durch ROC wird laut ek ein weiterer Schritt zu einer prozesssicheren Automatisierung von Aufgaben erreicht, die FTF bislang noch nicht selbst erlernen und ausführen konnten. Das primäre Ziel bestehe darin, das Fähigkeitsspektrum automatisierter Stapler denen des menschlichen Bedieners anzugleichen, um ein noch höheres Automatisierungspotenzial zu realisieren. Dies erfordere selbstlernende Systeme bei gleichzeitig hoher Prozesssicherheit. Der Einsatz von Teleoperation in Grenzbereichen der Automatisierung solle für die notwendige Prozesssicherheit beim Anwender und bilde gleichzeitig die Datenbasis für die zu erlernenden Funktionen einer vollständigen Automatisierung. So können Transportroboter aus menschlichen Aktionen der Teleoperatoren lernen, neue Fähigkeiten entwickeln und das gesamte Automatisierungspotenzial weiter erhöhen.

www.ek-robotics.com



Der Palettierer Eco-Stack kommt komplett ohne Druckluft aus. Foto: IEFWerner

Komponenten für Handhabungsprozesse

Mit energieeffizienten Anlagen sparen Unternehmen Kosten und stärken ihre Wettbewerbsfähigkeit. Um seine Kunden dabei zu unterstützen, zeigt IEF-Werner auf der Automatica den Eco-Stack. Das kompakte und energieeffiziente Palettiersystem kommt den Angaben zufolge komplett ohne Druckluft aus. Weitere Energie spart der Palettierer ein, indem er Komponenten, die aktuell nicht benötigt werden, automatisch abschaltet. Die Stromzufuhr wird so oft möglich unterbrochen – beispielsweise bei Maschinenstillstand, Schichtende und Pausen. Dies wirkt sich zudem auch auf die Lebensdauer der Gesamtanlage aus, heißt es weiter. Dabei ist der Eco-Stack als In-Line-Anlage konzipiert und ermöglicht ein kontinuierliches Be- und Entladen von Paletten verschiedener Größen – insbesondere im Viertel- oder Achteleuromaß. IEF-Werner zeigt in München zudem ein Portalsystem mit der Zahnriemenachse Modul 115/25. Damit zeigt der Automatisierungsspezialist, wie sich Paletten oder Kisten mit einem Gewicht bis zu 40 kg mit Hilfe eines großen Portalsystems sicher handhaben lassen, heißt es weiter. Als Exponat wird das Unternehmen auch seine Servopressen-Serie ai-Press mitbringen. Die flexibel aufgebauten Systeme lassen sich sowohl in automatisierte Fertigungslinien als auch in Handarbeitsplätzen integrieren, führt das Unternehmen aus. IEF-Werner auf der automatica: Halle A5, Stand 203. www.ief-werner.de

Kompakter und flexibler Sicherheitsschalter

Unter dem Leitmotiv „Smart Safety“ zeigt Euchner auf der automatica seine jüngsten Neuentwicklungen für die Kommunikation über IO-Link, über AS-i Safety at Work und über die gängigen Feldbussysteme. Zu den Messe-Highlights zählt der transpondercodierte Sicherheitsschalter CTS. Wegen seiner kleinen Abmessungen (135 mm x 31 mm x 31 mm), einer hohen Zuhaltkraft von maximal 3900 N und seiner flexiblen Einbauoptionen lässt sich der Schalter besonders vielseitig einsetzen, führt Euchner aus. Der CTS verfügt über drei mögliche Montageausrichtungen, sodass er Schwenk- und Schiebetüren absichern kann. Eine Fluchtentriegelung ist jederzeit nachrüstbar. Als transpondercodierter Sicherheitsschalter mit Zuhaltung verfügt er über das höchste Sicherheitsniveau, heißt es weiter. Mit der „FlexFunction“ vereint der CTS zudem verschiedene Funktionen in einem Gerät, die sonst nur in einzelnen Varianten zu finden sind. Ob mit oder ohne Überwachung der Zuhaltung, ob hoch- oder niedrigcodierte Auswertung des Betätigercodes – der CTS lässt Anwendern die Wahl. Die Funktionsauswahl erfolgt über den entsprechenden Betätiger. Wie bei Euchner-Schaltern üblich verfügt auch der CTS über verschiedene Anschlussmöglichkeiten, heißt es. In Kombination mit einem Euchner-IO-Link Gateway ist der CTS zudem kommunikationsfähig und damit nutzbar für Industrie-4.0-Anwendungen. Euchner auf der automatica: Halle A4, Stand 302. www.euchner.de



Die transpondercodierte Zuhaltung CTS verfügt über eine hohe Zuhaltkraft und ist im Zusammenspiel mit einem Euchner-Gateway IO-Link fähig. Foto: Euchner

Neue Miniaturzylinderserie spart Platz

Für Anwendungen, die auf engstem Raum stattfinden müssen, hat SMC die einfachwirkenden Miniaturzylinder der Serie CJP entwickelt und diese jetzt um die mit Kolben-Durchmesser 16 mm verfügbare Serie CJP-Z erweitert. Die Länge des Antriebs sorgt laut SMC für zusätzliche Platzersparnis, was die Konstruktion von noch kleineren Maschinen und neue Einsatzbereiche ermöglicht. Zudem punkte die Serie unter anderem mit zwei verschiedenen Montageoptionen für hohe Designflexibilität, einer einfachen Installation und der direkten Austauschbarkeit mit der bestehenden Serie CJP. Die Serie ist mit Kolben-Durchmessern von 4, 6, 10 und 16 mm erhältlich, bei der Anwender auf eine theoretische Zylinderkraft beim Ausfahren zwischen mindestens 0,97 N (Kolben-Durchmesser 4 mm, Betriebsdruck 0,3 MPa) und maximal 124,9 N (Kolben-Durchmesser 16 mm, Betriebsdruck 0,7 MPa) zurückgreifen können. Beim

Einfahren liegt diese zwischen 1,0 N (Kolben-Durchmesser 4 mm, Betriebsdruck zwischen 0,3 bis 0,7 MPa) und maximal 5,04 N (Kolben-Durchmesser 16 mm, Betriebsdruck zwischen 0,3 bis 0,7 MPa). Dabei stehen Hübe von 5, 10 und 15 mm zur Verfügung. Aufgrund ihrer Miniaturkonstruktion, der Länge des Antriebs sowie der Montageoptionen als einschraubbare, direkt in einer Maschine integrierbare oder mittels Steckverbindung für den Schalttafeleinbau konzipierte Variante sparen Anwender deutlich an Platz, so SMC. www.smc.de



Die Erweiterung um den Kolben-Durchmesser 16 mm vergrößert den Anwendungsbereich der neuen Serie CJP-Z. Foto: SMC Deutschland GmbH

Sensorserien im Miniaturgehäuse aus Edelstahl

Mit den Baureihen 53C und 55C hat Leuze nach eigenen Angaben Sensoren entwickelt, die sich optimal für hygienesensible Produktions- und Verpackungsprozesse eignen. Sie zeichnen sich durch ihr Gehäuse aus hochwertigem, besonders glattem V4A-Edelstahl und ihre glasfreie, kratzfesteste Optikabdeckung aus. Die Sensoren halten so auch anspruchsvollen Reinigungs- und Desinfektionszyklen sowie großen Temperaturschwankungen stand, so Leuze weiter.

Anlagenbetreiber erhalten mit den Serien 53C und 55C flexibel einsetzbare Sensoren in Form von Einweglichtschranken, Reflexionslichtschranken oder Lichttastern. Je nach Variante erkennen die Sensoren zuverlässig Glas, PET, Folie oder Kleinteile. Auch der Füllstand wässriger Flüssigkeiten lässt sich einfach erfassen. Die neuen Sensorserien sind staub- und wasserdicht und erfüllen die Anforderungen der Schutzklassen IP67, IP68 und IP69K. Die Sensoren lassen sich über IO-Link parametrieren, betreiben und warten.

Für den Nassbereich hat das Unternehmen die Serie 55C im Wash-Down-Design entwickelt. Optik und Bedienelemente bestehen aus diffusionsdichten und chemisch beständigen Werkstoffen. Eine spaltfreie Konstruktion trägt zu maximaler Hygiene bei. Die Sensoren der Serie 53C sind im Hygiene-Design konzipiert: Das Gehäuse ist konsequent darauf ausgerichtet, bakterielle Verschmutzungen zu vermeiden, führt Leuze aus. Glatte Konturen ohne Befestigungsbohrungen verhindern Ablagerungen. Dazu trägt auch ein spezielles Befestigungskonzept bei: Über den Montagezapfen sind Sensor und Maschine gasdicht miteinander verbunden. Die Serie 53C eignet sich für besonders hygienesensible Bereiche mit direktem Kontakt zu Lebensmitteln oder zur Installation über unverpackten Produkten.

www.leuze.com



Die Sensorreihen 53C und 55C eignen sich für hygienesensible Produktions- und Verpackungsprozesse. Foto: Leuze



Das Servopressen-System Tox-Electric-Drive Core für die vernetzte Fertigung. Foto: Tox Pressotechnik GmbH & Co. KG

Servopressen-System für die vernetzte Produktion

Tox Pressotechnik zeigt auf der Automatica Lösungen für die vernetzte Fertigung. Zu den Highlights gehört laut Tox das Servopressen-System Tox-Electric-Drive Core. Die Kombination aus Antrieb, Controller und Software ist schnell integriert, sammelt Daten und erfüllt damit die Voraussetzungen für Predictive Maintenance, so Tox.

Die schlanke Steuerungsarchitektur spare dem Anwender Kosten: Beim Antrieb Tox-Electric-PowerDrive sorgt ein Servomotor für das optimale Antriebsmoment. Ein Gewindetrieb setzt dieses direkt in eine Linearbewegung um, die unmittelbar auf den Arbeitskolben wirkt. Die Kombination aus wartungsfreiem Motor und Gewindetrieb entwickelt Presskräfte von 0,02 bis 1000 kN. Herzstück des Systems Tox-Electric-Drive Core ist die Controller-Einheit Tox-Power-Module Core. Diese ist Servoumrichter und zentrale Intelligenz der Antriebssteuerung in einem und besitzt eine Feldbuschnittstelle, über die es mit der übergeordneten Steuerung kommuniziert.

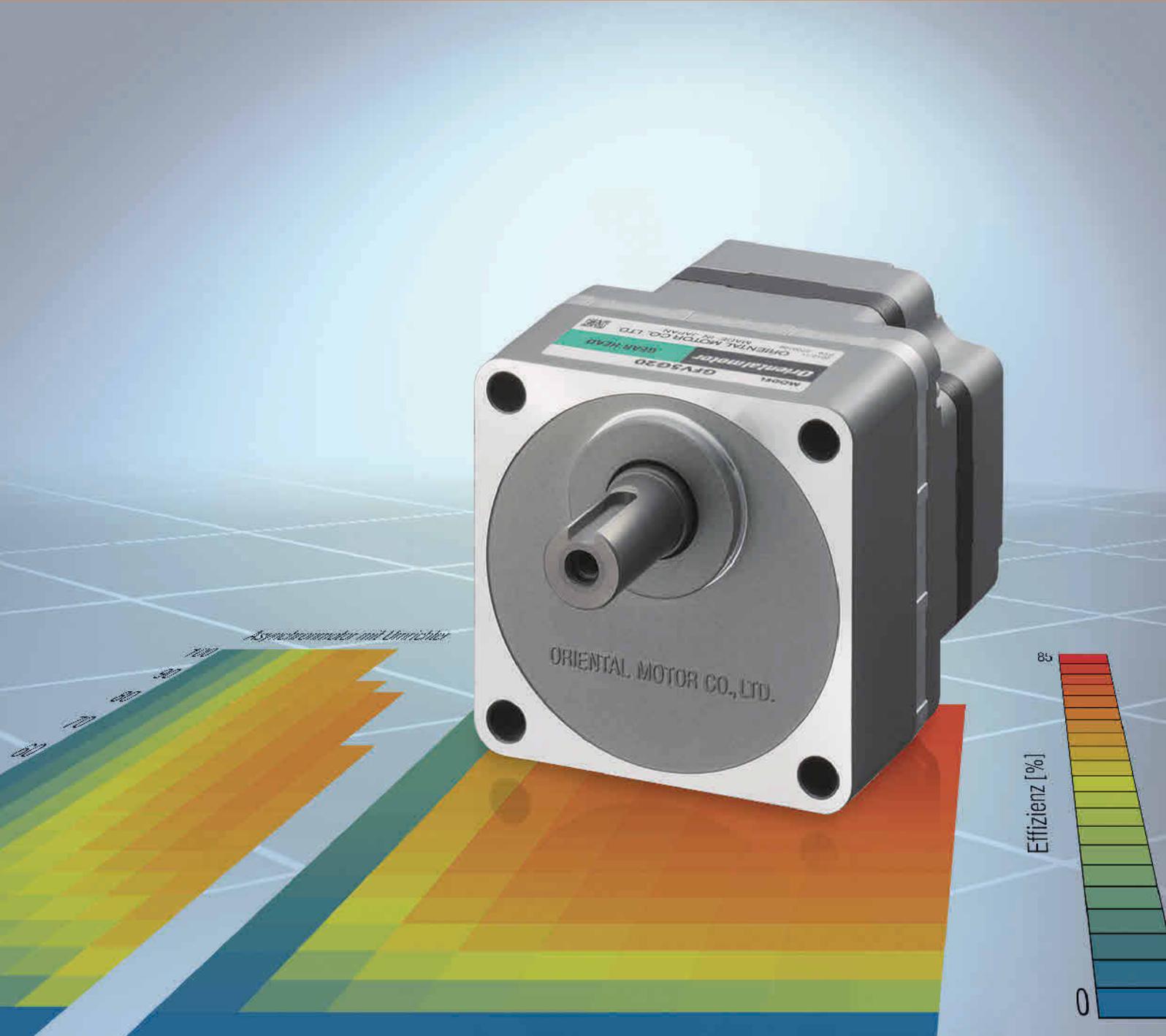
Bedient wird das System über die Tox-Software HMI 3.1. Sie vereint die Parametrierung, Bedienung, Prozessüberwachung, Diagnose und Auswertung sowie das Qualitätsdatenmanagement. Das Tox-Power-Module Core tauscht Daten mit der Tox-Edge-Unit aus – einer kleinen Box, die direkt auf dem Servoantrieb montiert ist. Sie sammelt alle Sensordaten und gibt diese gebündelt an das Tox-Power-Module Core weiter.

Tox Pressotechnik auf der automatica: Halle A6, Stand 512.

www.tox-pressotechnik.com

Sonderteil

Antriebstechnik



Asynchrongemotor mit Umrichter

Effizienz [%]

85
0

ELEKTROMOTOREN

Energiesparen mit
bürstenlosen DC-Motoren

INDUSTRIEAUTOMATION

Präzisionsgetriebe
für Industrieroboter

SERVO-HUB-PRESSEN

Servomotoren präzise
ansteuern



Bild 1: Aufgrund ihrer hohen Effizienz verbrauchen die bürstenlosen DC-Motoren deutlich weniger Energie als Induktionsmotoren.
Foto: Oriental Motor (Europa) GmbH

Hocheffizient und klimafreundlich

Energiesparen mit bürstenlosen DC-Motoren

Elektromotoren sind für die Hälfte des weltweiten Stromverbrauchs verantwortlich. Die Industrie muss also in Zukunft deutlich effizientere Antriebe einsetzen, damit die Klimaziele der Vereinten Nationen eingehalten werden können. Bürstenlose DC-Motoren von Oriental Motor sind eine sehr gute Lösung: Sie haben schon heute einen deutlich höheren Wirkungsgrad als vergleichbare Induktionsmotoren.

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

Um die CO₂-Neutralität der Wirtschaft zu erreichen, sind gewaltige Anstrengungen nötig. Es reicht nicht aus, die Kapazitäten an erneuerbaren Energieträgern massiv auszubauen. Auch der Stromverbrauch der Industrie muss sinken: Laut der Internationalen Energie-Agentur IEA werden mehr als 50% der global erzeugten Energie für den Betrieb von Elektromotoren genutzt (World Energy Outlook 2016). An dieser Stelle liegt also ein enormes Einsparpotenzial, das Unternehmen durch die Wahl des richtigen Antriebs leicht heben können.

Motoraufbau bestimmt den Grad der Effizienz

Bei Elektromotoren unterscheidet man nach der Art der Magnetfeld-Erzeugung im Rotor zwei Typen: Synchron- und Asynchronantriebe, zu denen auch bürstenlose DC-Motoren und Induktionsmotoren zählen. Induktionsmotoren arbeiten weniger effizient als bürstenlose DC-Motoren – das hängt mit ihrem Aufbau zusammen. Die Antriebe bestehen aus einem Stator mit Wicklungen aus Kupferdraht, die von einem Gehäuse aus laminierten Elektrolechen umgeben sind, und einem Rotor. Wird eine Wechselspannung angelegt, erzeugt der dabei entstehende Strom beim Durchgang durch die Wicklungen des Stators ein rotierendes Magnetfeld, das durch einen Luftspalt auch den Rotor durchdringt. Der Rotor besitzt einen Kern



Bild 2: Die bürstenlosen Antriebe von Oriental Motor haben einen sehr hohen Wirkungsgrad. Foto: Oriental Motor (Europa) GmbH

aus laminierten Elektrolechen und ist in einen Käfigläufer aus Aluminium integriert. Aufgrund des rotierenden Magnetfelds gerät er in Bewegung.

Der in den Rotor induzierte Strom verursacht allerdings auch sekundäre Kupferverluste, die größtenteils durch den ohmschen Widerstand der Wicklung entstehen. Diese Verluste sind der Hauptgrund für die niedrigere Effizienz von Induktionsmotoren im Vergleich zu bürstenlosen Antrieben. Hinzu kommt, dass sowohl im Stator als auch im Rotor ein magnetischer Fluss erzeugt werden

muss. Die zum Drehen des Rotors erforderliche elektrische Leistung ist deshalb bei einem Induktionsmotor höher als bei einem bürstenlosen Antrieb. Besonders bei niedrigen Drehzahlen und geringen Drehmomenten verschlechtert sich so der Wirkungsgrad der Induktionsmotoren gegenüber dem bürstenloser DC-Motoren.

Bei bürstenlosen DC-Motoren sind an der Oberfläche des Rotors Permanentmagnete befestigt. Auch dort wird Strom durch die Statorwicklung geleitet, sodass ein rotierendes Magnetfeld entsteht, das den Rotor in Bewegung

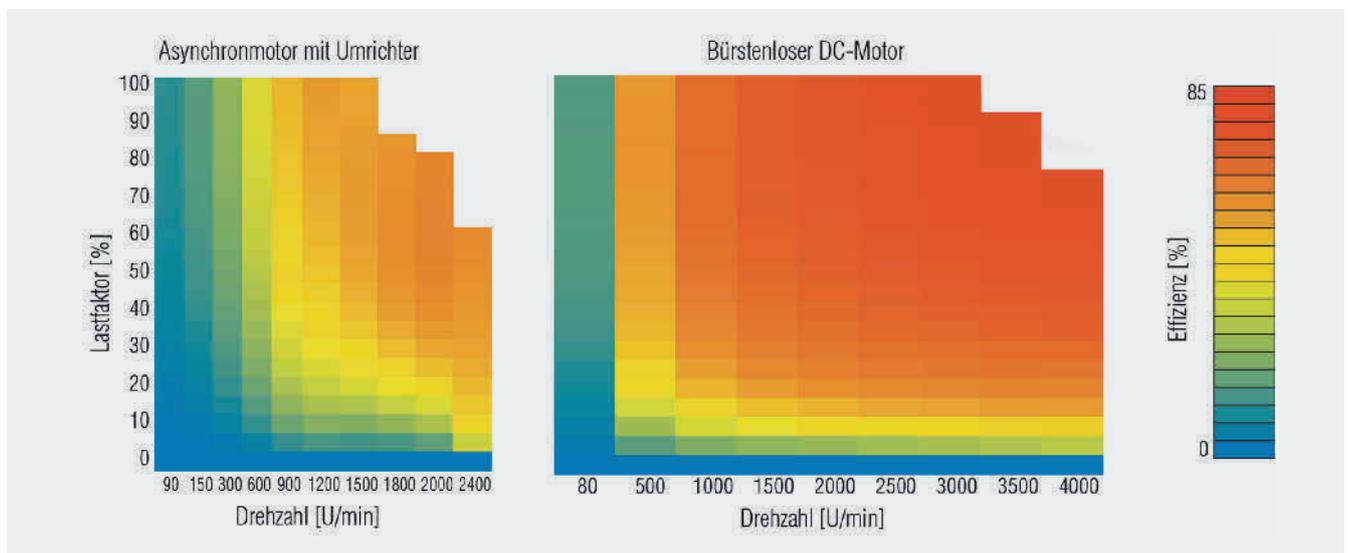


Bild 3: Bürstenlose Antriebe arbeiten über einen breiten Drehzahlbereich hinweg effizienter als Induktionsmotoren. Foto: Oriental Motor (Europa) GmbH

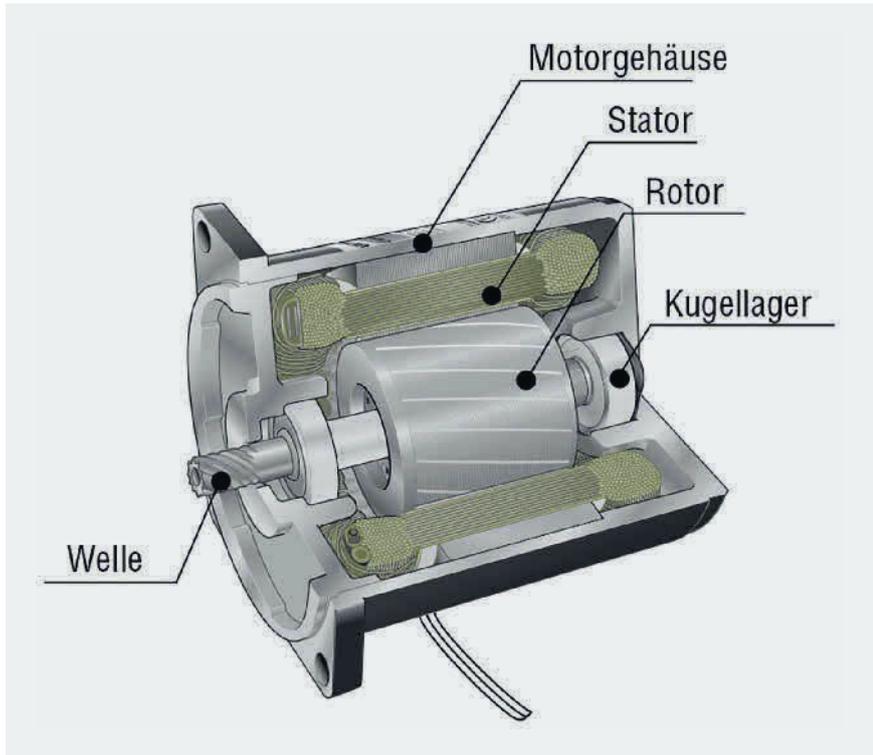


Bild 4: Induktionsmotoren besitzen einen mit Kupferdraht umwickelten Stator, der beim Durchgang von Wechselstrom ein rotierendes Magnetfeld erzeugt. Foto: Oriental Motor (Europa) GmbH

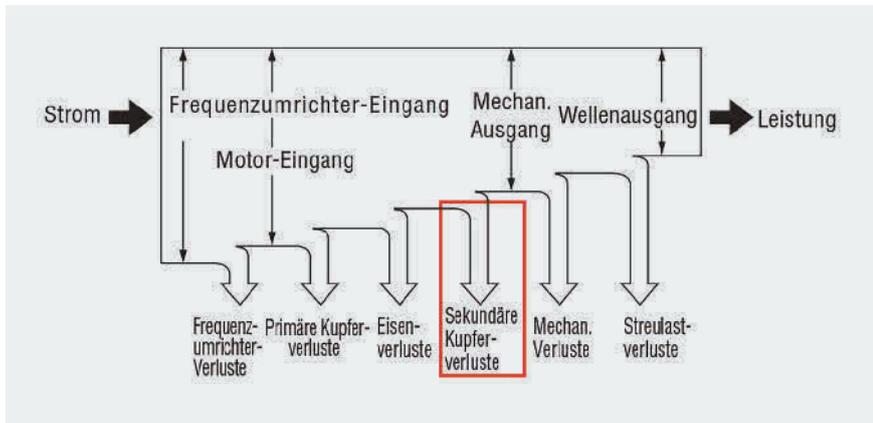


Bild 5: Ein Nachteil von Induktionsmotoren sind die sekundären Kupferverluste, die den Wirkungsgrad des Antriebs verringern. Foto: Oriental Motor (Europa) GmbH

setzt. Es gibt allerdings einen großen Unterschied zu Induktionsmotoren: In den Rotor von Synchronantrieben wird kein Strom induziert. Weil bürstenlose DC-Motoren über einen Permanentmagneten verfügen, entstehen zudem keine sekundären Kupferverluste wie bei Induktionsmotoren. Und schließlich genügt aufgrund des Dauermagneten eine kleinere elektrische Leistung zum Drehen des Rotors oder der Ausgangswelle als beim Induktionsmotor. Die erwähnten Eigenschaften sorgen dafür, dass die bürstenlosen DC-Motoren von

Oriental Motor deutlich effizienter arbeiten als vergleichbare Induktionsmotoren.

Konstruktive Maßnahmen erhöhen die Effizienz

Der Wirkungsgrad der bürstenlosen DC-Motoren wird mit zwei zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen weiter gesteigert: So befindet sich der integrierte Schaltkreis mit den Hall-Effekt-Sensoren, der die Rotorposition erfasst, direkt gegenüber der Stirnseite des Rotors. Die

Position der Rotorpole wird deshalb noch genauer erkannt als bei bürstenlosen DC-Motoren, bei denen die Sensoren an anderer Stelle montiert sind. Darüber hinaus haben die Ingenieure von Oriental Motor die in den Treiber integrierte Technik zum Steuern des Motorstroms optimiert. Auch die Verwendung verlustarmer Elektrobleche, die Vergrößerung der Wicklungsfläche und die Verwendung dickerer elektrischer Drähte haben zu einer Erhöhung des ohnehin hohen Wirkungsgrades der bürstenlosen DC-Motoren beigetragen.

Die Effizienz eines Elektromotors lässt sich mit unterschiedlichen Methoden ermitteln. Eine Möglichkeit besteht darin, die Leistungsaufnahme der Antriebe bei gleicher Ausgangsleistung miteinander zu vergleichen. Dazu werden die Motoren mit einer konstanten Last betrieben, während man die Leistung misst, die dem Antrieb in jedem Betriebspunkt zugeführt wird. Vergleicht man dabei Induktionsmotoren mit einer Nennausgangsleistung von 90 W mit bürstenlosen DC-Motoren, bei denen die Ausgangsleistung ebenfalls bei 90 W liegt, zeigt sich: Der Stromverbrauch des bürstenlosen Antriebs ist geringer.

Lastfaktor und Drehzahl ändern Wirkungsgrad

Wird der Motor dagegen mit einem drehzahlvariablen Antrieb betrieben, muss der Wirkungsgrad über den gesamten Betriebsbereich hinweg verglichen werden. Der Grund liegt darin, dass sich der Wirkungsgrad bei diesen Motoren je nach Lastfaktor und Drehzahl ändert. Vergleicht man Induktionsmotoren und bürstenlose DC-Motoren mit drehzahlvariablem Antrieb, dann sieht man, dass der bürstenlose DC-Motor über einen größeren Bereich hinweg effizienter arbeitet als der Induktionsmotor.

An konkreten Anwendungen lässt sich die unterschiedliche Effizienz von bürstenlosen DC-Motoren und Induktionsmotoren am besten verdeutlichen – beispielsweise anhand eines Förderbandes. Treiben ein bürstenloser DC-Motor und ein Induktionsmotor es mit konstanter Drehzahl an, so verbraucht der bürstenlose Antrieb dafür über ein Jahr hinweg betrachtet 37% weniger Strom als der Induktionsmotor.

Der Effekt ist bei einem Betrieb mit Drehzahländerungen sogar noch größer:

Transportiert das Förderband eine Last mit 100 Umdrehungen pro Minute und wird zur Inspektion auf 30 Umdrehungen pro Minute abgebremst, sind sowohl der Stromverbrauch als auch die CO₂-Emissionen des bürstenlosen DC-Motors im Jahr 69% niedriger als die des Induktionsmotors. Das hängt damit zusammen, dass der Wirkungsgrad des bürstenlosen Antriebs durch die Änderung der Drehzahl nur leicht reduziert wird, der des Induktionsmotors jedoch sehr stark. Bürstenlose Antriebe arbeiten also auch in Anwendungen mit variierender Drehzahl effizienter als Induktionsmotoren. Ein ähnliches Bild ergibt sich beim Einsatz bürstenloser DC-Motoren als Antriebe für Lüfter: Ihr Stromverbrauch ist ebenfalls erheblich niedriger als der eines Asynchronantriebs. Sie haben in dieser Anwendung zudem noch einen anderen großen Vorteil gegenüber Induktionsmotoren: Weil sich ihre Drehzahl über PWM-Signale oder externe analoge Einstellungen anpassen lässt, können auch die Geräuschemissionen der Ventilatoren reduziert werden.

Vier verschiedene Serien bürstenloser DC-Motoren

Oriental Motor bietet Anwendern vier verschiedene Serien bürstenloser DC-Motoren für Gleich- und Wechselstrombetrieb mit Nennausgangsleistungen zwischen 15 und 400 W. Die Antriebe zeichnen sich nicht nur durch einen ho-

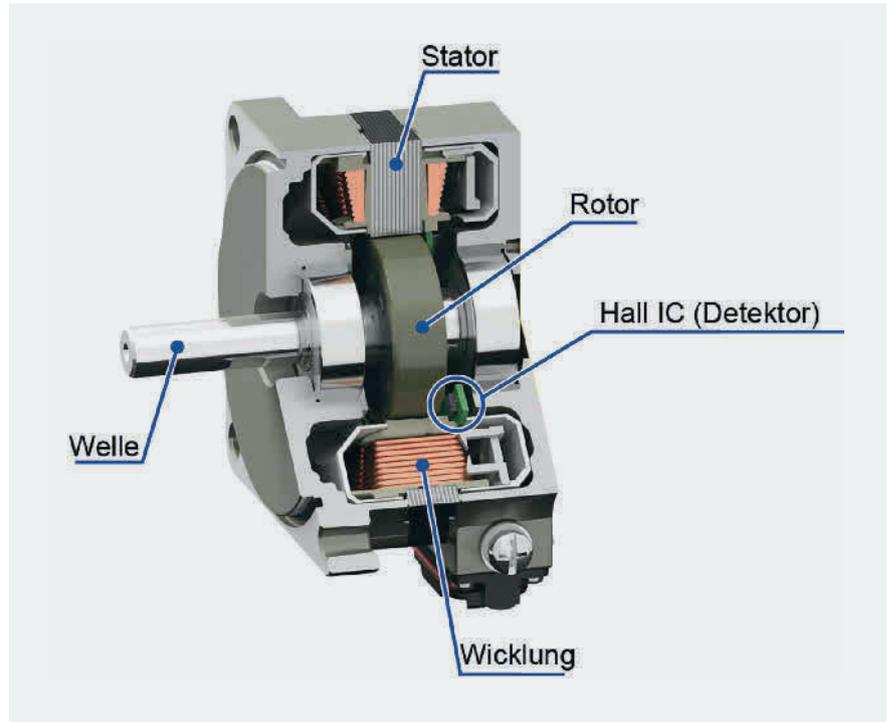


Bild 6: Der Schaltkreis des Hall Effekt-Sensors befindet sich bei den bürstenlosen DC-Motoren von Oriental Motor direkt gegenüber der Stirnseite des Rotors. Foto: Oriental Motor (Europa) GmbH

hen Wirkungsgrad aus, sondern sind auch sehr kompakt gebaut. Während ein Induktionsmotor mit Getriebe etwa 200 mm lang ist, sind es beim bürstenlosen Antrieb nur 95,4 mm. Und statt 4,7 kg wie ein Asynchronmotor wiegt ein bürstenloser DC-Motor von Oriental Motor einschließlich Treiber lediglich 3,1 kg. Aufgrund der niedrigen Abmessungen sind also auch die durch den Transport

entstehenden CO₂-Emissionen bei den bürstenlosen Antrieben kleiner als bei Induktionsmotoren. ■

Kontakt

Oriental Motor (Europa) GmbH,
 40540 Düsseldorf
 Tel. (02 11) 41 74 71 - 0
info@orientalmotor.de
www.orientalmotor.de

OUR SOLUTION. YOUR SUCCESS.

Umfassendes Know-how für Ihre Anwendung

- ▶ Verfügbarkeit und Service weltweit
- ▶ Verlässlicher Partner mit schnellen Antwortzeiten
- ▶ Energieeffiziente Lösungen auf der Grundlage eines modularen Produktkonzepts



Schlüsselkomponenten für die Industrieautomatisierung

Präzisionsgetriebe für Industrieroboter

In den meisten Präzisions-Antriebssystemen, beispielsweise für Roboter und Werkzeugmaschinen sowie in der Industrieautomation aber auch Medizintechnik, stellen Getriebe eine Schlüsselkomponente dar, welche die Positionier- und Wiederholgenauigkeit, Lebensdauer und die Dynamik der Gesamtlösung wesentlich mitbestimmen.

Für die Industrieautomation sind die Steigerung der Präzision, die Reduzierung von Taktzeiten und die Verlängerung der Maschinenlaufzeiten von globaler Bedeutung und das über alle Branchen hinweg. Daher hat Schaeffler seine Entwicklungskompetenzen, Produktionstechnologien, Produkte und Services im Bereich der Präzisionswellgetriebe unter dem Dach Ultra Precision Drives zusammengefasst.

Ultra Precision Drives decken mit zwei Getriebegattungen und drei Baureihen einen Nenndrehmomentbereich von 10 Nm bis über 5000 Nm ab. Damit stehen der Industrie Präzisionsgetriebe für kleine Cobots bis zu großen Industrierobotern ebenso zur Auswahl, wie Präzisionsgetriebe für Neben- und Hauptachsen in Werkzeugmaschinen und Positionierantriebe für verschiedenste Automationsaufgaben.

Präzisionsplanetengetriebe und Präzisionswellgetriebe

Bei den Baureihen RT1 und RT2 handelt es sich um spielfreie Präzisionswellgetriebe, während die Baureihe PSC aus Präzisionsplanetengetrieben besteht. Die RT-Wellgetriebe decken einen Drehmoment-Bereich von 10 bis maximal 484 Nm ab, die PSC-Getriebe beginnen in der kleinsten Baugröße 030 bei 327 Nm. Maschinenhersteller haben somit die Option, die für ihre Achse optimal geeignete Getriebebauart und Baugröße auswählen zu können.

Präzisionsplanetengetriebe der Baureihe PSC sind für ein besonders breites



Bild 1: Präzisionswellgetriebe der RT1-Baureihe. Foto: Schaeffler

Spektrum an industriellen Anwendungen konzipiert. Dies wird unter anderem durch eine große Variantenvielfalt realisiert, die sich in acht Baugrößen mit Voll- und Hohlwellenausführung, Einbausätzen und kompletten Getriebeblöcken und unterschiedlichen Motoranbauvarianten widerspiegelt. Die Verbindung

von Planetenstufe und Stirnradstufe erlaubt eine weite Anpassung an den gewünschten Drehmoment- und Drehzahlbereich. Aufgrund ihrer Kombination an Eigenschaften, wie

- minimalem Verdrehspiel (0,1 arcmin),
- maximaler Verdreh- und Kippsteifigkeit sowie

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



Bild 2: Präzisionsplanetengetriebe der PSC-Baureihe. Foto: Schaeffler

- besonders langer Lebensdauer, ausgelegt auf 20.000 Betriebsstunden
- können PSC-Getriebe in allen industriellen Präzisionsantrieben sehr gut eingesetzt werden. Aufgrund der schrägverzahnten Stirnradstufe am Eingang und der patentierten Verzahnungstechnik wird ein Laufgeräusch mit nur 65 dB(A) realisiert. Der Gesamtwirkungsgrad von über 90% bei Vollast sorgt für ein stabiles Temperaturverhalten und einen geringen Energieverbrauch.

Patentierte Verzahnungstechnik

Besonderes Merkmal der PSC-Präzisionsplanetengetriebe ist eine patentierte Verzahnungstechnologie, die das Verdrehspiel auf 0,1 Winkelminuten reduziert und durch einen Nachstellmechanismus auch über einer Lebensdauer von 20.000 Betriebsstunden konstant hält.

Die Baureihe PSC besteht aus neun Baugrößen von 030 bis 500 mit Übersetzungen der Planetenstufe zwischen 9 und 20, Übersetzungen der Eingangsstufe von 3,4 bis 15,7 und Außendurchmessern von 155 bis 405 mm. Eine besonders hohe Torsionssteifigkeit wird unter anderem mit den vier oder fünf beidseitig gelagerten Planeten realisiert.

PSC-Getriebe sind als Einbausätze mit Voll- und Hohlwelle und als geschlossene Einheiten mit und ohne Winkelvorstufe sehr variantenreich erhältlich und einfach in die Kundenkonstruktion integrierbar. Sie werden sehr erfolgreich in Industrierobotern mit Traglasten bis circa 100 kg eingesetzt. Mit den PSC-Präzisionsplanetengetrieben als Erweiterung zu den Präzisionswellengetriebe-Baureihen RT1 und RT2 bietet Schaeffler ein Ultrapräzisionsgetriebeprogramm für Roboter mit Traglasten von wenigen Kilogramm bis gut 100 kg an. ■

ZWEIREIHIGES SCHRÄGNADELLAGER

Stand der Lagertechnik in Gelenkarmen von Leichtbaurobotern sind Kreuzrollenlager. Das Design der Kreuzrollenlager ist jedoch hinsichtlich der Kippsteifigkeit ausgereizt und signifikante Fortschritte waren nur anhand eines neuen Entwicklungsansatzes möglich. Die Schaeffler-Ingenieure wählten schließlich die Nadelrolle und entwickelten ein zweireihiges Schrägnadellager.

- Mit Kreuzrollenlager 1:1 austauschbar
Um den Herstellern die Umstellung ihrer bestehenden Roboterserien auf die neue Lagerbauart so einfach und kostengünstig wie möglich zu gestalten, verfügen die Schrägnadellager XZU über die exakt gleiche Außengeometrie wie die Kreuzrollenlager und sind mit diesen 1:1 austauschbar. Umkonstruktionen entfallen somit gänzlich.
- Höhere Kippsteifigkeit, weniger Reibung

Interessant ist das Innenleben der Lager. Sie verfügen nämlich über zwei getrennte Laufbahnen und somit über einen die Kippsteifigkeit steigernden Stützabstand. Im Vergleich zu Kreuzrollenlagern sind die XZU-Lager um circa 30% kippsteifer. Ein weiterer Fortschritt gegenüber den Kreuzrollenlagern besteht in ihrem günstigeren tribologischen Verhalten. Durch die Käfige werden die Wälzkörper voneinander getrennt, die Reibung wird um bis zu 20% reduziert und es steht mehr Raum für den notwendigen Schmierstoff zu Verfügung. Der von Kreuzrollenlagern bekannte Squeeze-Effekt – das Herausdrücken des Schmierstoffs aus der Laufbahn vor allem bei Drehrichtungsänderung – wird dank der käfiggeführten Wälzkörper betriebssicher vermieden. Leckagen und die Kontamination durch austretenden Schmierstoff werden so wirkungsvoll verhindert.



Höhere Traglasten und längere Gelenkarme als Ergebnis des Wechsels von Kreuzrollenlager auf das neue XZU-Lager. Foto: Schaeffler

Kontakt

Schaeffler Technologies AG & Co. KG
97421 Schweinfurt
66424 Homburg/Saar www.schaeffler.de



Bild 1: Die Servo-Hub-Pressen SHP von Nidec SYS werden unter anderem in der Automobilindustrie stark nachgefragt. Foto: Nidec SYS

Servoachsen synchron ansteuern

Servomotoren von Servo-Hub-Pressen präzise ansteuern

Die Servo-Hub-Pressen SHP von Nidec SYS werden unter anderem in der Automobilindustrie und dort insbesondere im Bereich der E-Mobilität stark nachgefragt. Grund ist die hohe Präzision bei Schneid-, Biege- und Ziehvorgängen. Zur hohen Genauigkeit trägt das Antriebssystem SD2 von Sieb & Meyer bei, welches die Servomotoren der Presse ansteuert. Pro Servo-Spindel-Pressen lassen sich bis zu vier Servoachsen synchron ansteuern und damit Anlagen bis zu einer Presskraft von 1250 kN auslegen.

TEXT: Ralph Sawallisch

Die auf die Automatisierung und Optimierung von Stanz- und Umformprozessen spezialisierte Nidec SYS GmbH bietet ihren Kunden innovative Systemlösungen aus einer Hand – von der Planung bis zur Realisierung. Das Unternehmen mit Hauptsitz in Grafenau im Bayerischen Wald arbeitet bereits seit der

Unternehmensgründung im Jahr 1994 mit dem Lüneburger Spezialisten für Steuerungstechnik und Antriebselektronik Sieb & Meyer zusammen – und zwar in mehreren Geschäftsgebieten. Die wichtigsten Unternehmensfelder sind einerseits die Nidec SYS / Kyori High-Speed-Pressen und andererseits die Generalüberholung von älteren Stanzautomaten in unterschiedlichen Tonnage-

größen. Bei allen Produkten setzt Nidec SYS auf die Servoverstärker von Sieb & Meyer.

AC-Servo-Motoren treiben die Pressen an

Die Grundlage für ein gesamtheitliches Produktionssystem bilden die Pressen des japanischen Herstellers Kyori, einem Nidec

SYS-Schwesterunternehmen. Die Experten von Nidec SYS passen die High-Speed-Pressen den europäischen Standards an – sie werden mit hocheffizienten AC-Servo-Motoren, einer leistungsfähigen Pressensteuerung PCS100, AC Servo-Vorschüben, einem Stachelradsystem und dem Antriebssystem SD2 von Sieb & Meyer ausgerüstet.

„Auf Grund der guten Marktnachfrage haben wir unser Produktportfolio mit leistungsfähigeren Spindelpressen deutlich erweitert“, erläutert Werner Borth, Geschäftsführer für Technik & Vertrieb bei der Nidec SYS GmbH. „Die SHP wird für Schneid-, Biege- und Ziehprozesse verwendet. Durch die Temperaturkompensation und anhand integrierter Weg-Messsysteme können wir unseren Kunden eine sehr hohe UT-Genauigkeit garantieren.“ Die Stößelbewegung der Servospindelpresse wird mittels einer Kombination von einem Servodirektantrieb mit einem Gewinderolltrieb erzeugt. Durch den speziellen Aufbau der Antriebseinheit steht die Presskraft über den gesamten Hubverlauf zur Verfügung.

Das Antriebssystem SD2 ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Anlage – denn über den angesteuerten AC-Servoantrieb wird der Stößel bewegt und die Presskraft erzeugt. „Die hochpräzise Ansteuerung der Servomotoren erfolgt mit dem SD2 von Sieb & Meyer“, so Werner Borth. „Dies erfolgt über einen gemeinsam entwickelten Busumsetzer von EtherCAT auf Servolink4.“ Pro Servo-Spindel-Presse lassen sich bis zu vier Servoachsen synchron ansteuern und damit Anlagen bis zu einer Presskraft von 1250 kN auslegen. Dabei hat jede Achse einen eigenen Servoverstärker. Die SD2-Baureihe wurde von Sieb & Meyer als Multiachssystem konzipiert. Werden mehrere Achsen bewegt, so versorgt das zentrale Netzteilmodul PS2 die angeschlossenen SD2-Servoverstärker. Daraus ergibt sich gegenüber Geräten mit einzelnen Netzteilen eine deutliche Energieeinsparung. Dabei schöpft Nidec SYS das komplette Spektrum der SD2-Seriengeräte aus: Sieb & Meyer liefert zahlreiche Gerätevarianten im Leistungsreich von 7 bis 138 kVA.

Wiederholbarkeit von Prozessen ist gesichert

Bei Pressanwendungen ist Präzision unabdingbar. Eine genaue Regelung be-

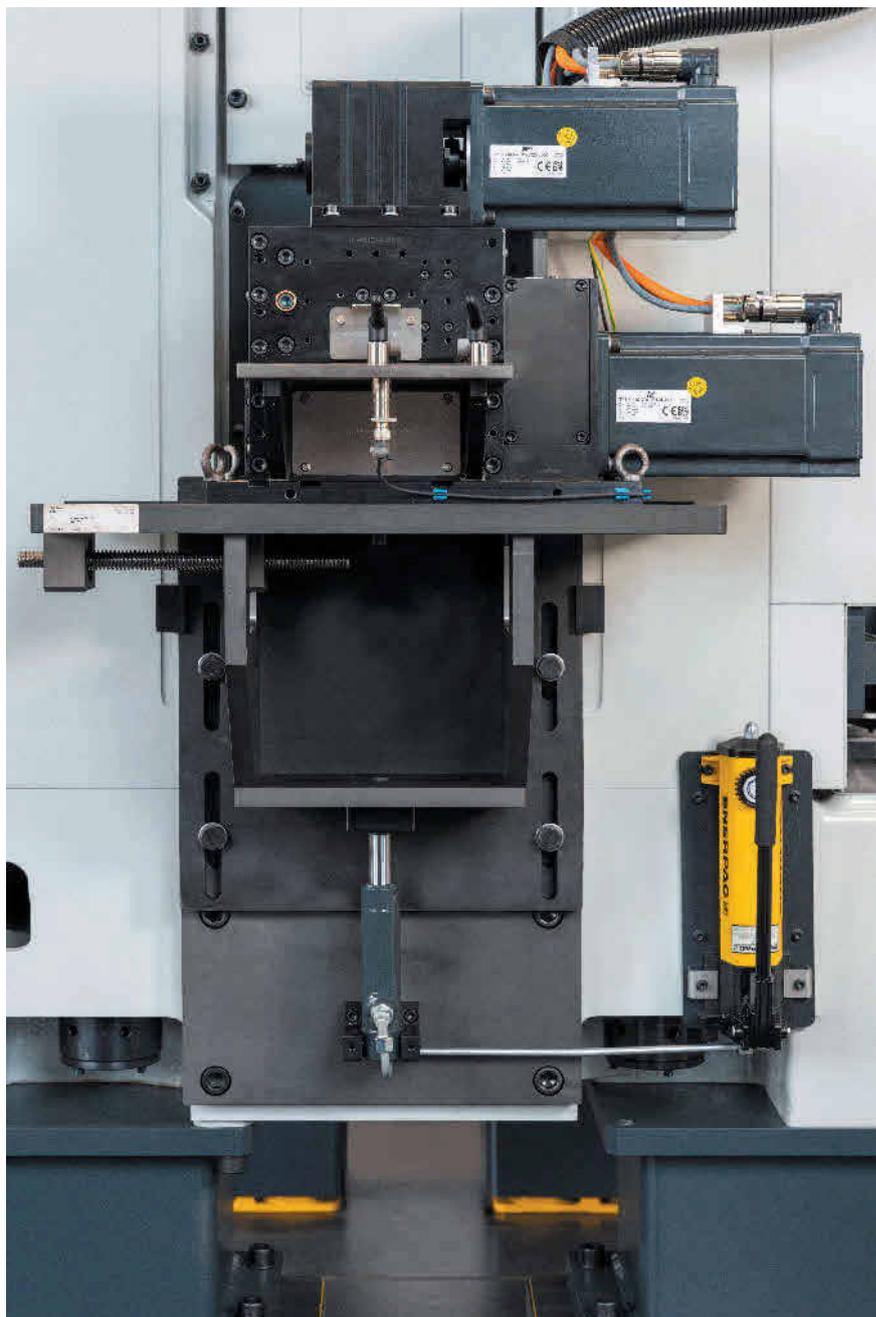


Bild 2: In die Servo-Hub-Pressen ist das Nidec SYS AC-Servo-Vorschubsystem PV-200 integriert.
Foto: Nidec SYS

STANZPAKETIEREN MIT PRESSEN - UND FERTIGUNGSSYSTEMEN

Nidec SYS setzt auch bei den Anlagen für das Stanzpaketieren (Fertigung von Elektromotoren) auf das Antriebssystem SD2 von Sieb & Meyer. Diese speziellen Produktionssysteme werden vor allem in der Automobilindustrie für die Fertigung von Elektromotoren verwendet (gedrehte Rotoren und Statoren). Sie ermöglichen das sogenannte Stanzpaketieren: Dabei werden die Verfahren für das Stanzen, das Umformen und mechanische Fügen in einem Fertigungsprozess kombiniert. Aus einem Bandmaterial werden einzelne Bleche herausgestanzt, deren Verbindungskörper („Noppen“) umgeformt und zu einem Rotor oder Stator zusammengefügt.

ziehungsweise Steuerung ist aber auch deshalb nötig, um die Wiederholbarkeit von Prozessen und deren Dokumentation zu gewährleisten. Das Antriebssystem SD2 kann das besonders gut: Es ermöglicht eine flexible Prozessgestaltung und erfüllt höchste Anforderungen bezüglich Präzision und Dynamik. Außerdem bietet der SD2 anwendungsspezifische Schnittstellen und Funktionen, die die Entwicklung eines individuellen Gesamtsystems erleichtern.

Nidec SYS setzt ausschließlich wassergekühlte Versionen des SD2 ein, weil die Geräte im Sommer Umgebungstemperaturen von über 40 °C ausgesetzt sind. Auch sonst muss das Antriebssystem möglichst robust sein, um den Betrieb rund um die Uhr unter rauen Industriebedingungen gewährleisten zu können. Anforderungen, die der SD2 sehr gut erfüllt. „Das Preis-Leistungs-Verhältnis des Antriebssystems ist sehr gut“, so Borth. „Aber auch mit dem Service sind wir sehr zufrieden. Auch bei älteren Modellen erhalten wir eine optimale Unterstützung. Der direkte Draht



Bild 3: Die Geräte der Serie SD2 verfügen standardmäßig über Sicherheitsfunktionen.

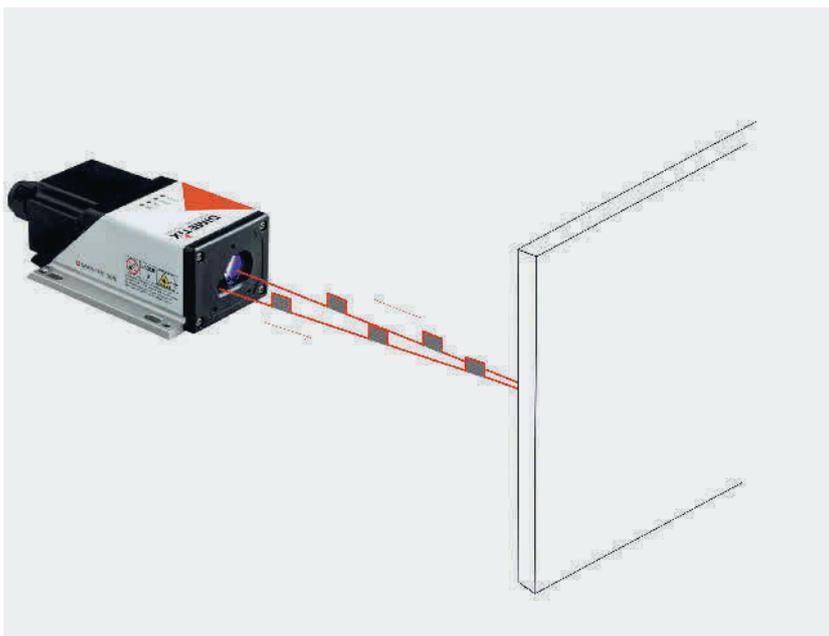
Foto: Sieb & Meyer AG

in die Entwicklung ist für uns ebenfalls ein großes Plus.“ Eine Zusammenarbeit auf Augenhöhe also, die sich mit den Anforderungen wächst – ein klarer Mehrwert für beide Partner. ■

Ralph Sawallisch

ist Key Account Manager Antriebselektronik bei der Sieb & Meyer AG
21339 Lüneburg
info@sieb-meyer.de
www.sieb-meyer.de

Vorschau 7/8 – 2023



Hohe Messgeschwindigkeit: das Verfahren arbeitet mit einer Hochfrequenzmodulation der Laseramplitude. Foto: Dimetix

Laserdistanzsensoren

Laserdistanzsensoren müssen ihre Zuverlässigkeit unter härtesten Umgebungsbedingungen beweisen, beispielsweise beim Transport von glühenden Stahlbrammen ebenso wie bei der Längenteilung oder bei der Füllstandskontrolle von geschmolzenem Stahl oder Eisen.

Lieferkettengesetz

Offiziell betrifft das LkSG nur Unternehmen mit mehr als 3.000 Beschäftigten. Diese sind allerdings für ihre Lieferkette verantwortlich, so dass nach und nach alle direkt betroffenen Unternehmen entsprechende Fragebögen zum Compliance-Management an ihre Lieferanten versenden. Dazu sind sie gesetzlich verpflichtet.



Roboterbremsen halten Servoachsen zuverlässig und sicher in ihrer Position.
Foto: mayr Antriebstechnik/Adobe Stock/sdecoret

Robotik

Sichere und zuverlässige Bremsen

Roboterarme dürfen nach Ausschalten des Stroms, bei Stromausfall oder Not-Halt nicht unkontrolliert absinken oder abstürzen. Für die nötige Sicherheit sorgen Bremsen, die die Servoachsen zuverlässig und sicher in ihrer Position halten.

Egal ob im Alltag der Zukunft oder heute schon in der Medizintechnik oder den Fertigungshallen der Industrie – dort, wo die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter enger wird, steigt das Gefährdungspotenzial. Fällt zum Beispiel während eines Arbeitsvorgangs der Strom aus, muss der Roboterarm, der den Arbeitsschritt vornimmt, sofort exakt gehalten werden, damit Personen in der Nähe keinen Schaden nehmen. Für die nötige Sicherheit sorgen schlanke, leichtbauende Roboterbremsen von mayr Antriebstechnik. Mit der Roba-servostop Baureihe hat das Unternehmen nach eigenen Angaben Federdruckbremsen für Servomotoren entwickelt, die speziell an die hohen Anforderungen der Robotik angepasst sind – nicht nur in der Industrie, sondern beispielsweise auch für die Medizintechnik. „Der neue Standardbaukasten, der jetzt auch die Hohlwellen-Ausführungen umfasst, schafft nicht nur ein hohes Maß an Flexibilität für die verschiedenen Einbausituationen“, erklärt Bernd Kees, Produktmanager bei mayr Antriebstechnik in Mauerstetten. „Sondern für Anwender bedeutet das auch einen leichten und unkomplizierten Zugang zu den Bremsen und einen schnellen Überblick über die einzelnen Lösungen.“ Und Kees ergänzt: „Wir liefern auch den Zugang zu den für die Auslegung und die Auswahl notwendigen Daten, zum Beispiel die Definition der Bremsmomente, Schaltzeiten, Massenträgheiten, Reibarbeiten bei Not-Stopp, die Anzahl zulässiger Not-Stopps bei verschiedenen Anwendungsbedingungen oder auch Informationen zur geometrischen Anbindung. Das sorgt für gute Orientierung.“

Gerade bei Leichtbaurobotern und Servomotoren spielt der Bauraum eine wichtige Rolle, so das Unternehmen. „Deshalb haben wir hierfür schlanke und leistungsdicht gestaltete Bremsen im Angebot“, erläutert Kees. „Bei Leichtbaurobotern wird meist eine Hohlwellenkonstruktion zur Leitungsdurchführung im Innenraum bevorzugt, damit keine außenliegenden Leitungen stören. Die Baureihe Roba-servostop Cobot lässt sich aufgrund ihres Aufbaus perfekt in diese Konstruktionen integrieren. Wir wollen, dass die Roboter eine möglichst hohe Dynamik erreichen. Dafür müssen die rotierenden Teile der Leichtbaubremsen ein möglichst geringes Massenträgheitsmoment haben.“

Elektromotoren in der Industrie liegen verstärkt im Trend. In immer mehr Fabrikhallen müssen hydraulische oder pneumatische Systeme weichen und werden durch elektrische Antriebe ersetzt. Dafür werden zuverlässige und leistungsstarke Sicherheitsbremsen benötigt. Mit der elektromagnetischen Linearbremse Roba-linears-top bietet mayr Antriebstechnik nun ein ausfallsicheres System mit hohen Haltekräften, das zudem dynamisch bremsen kann und mit seinen kurzen Schaltzeiten überzeugt. „Wir führen als einziger Hersteller elektrisch öffnende Linearbremsen, die gleichzeitig auch Sicherheitsbremsen sind“, sagt Kees. Das bedeutet, die Bremsen arbeiten nach dem Fail-Safe-Prinzip. Sie erzeugen die Bremskraft durch Druckfedern und sind im energielosen Zustand geschlossen. Die neue Baureihe der elektromagnetischen Roba-linearstop Bremsen umfasst sechs Baugrößen mit Kräften von 70 bis 17.000 N. ■

Kontakt

Chr. Mayr GmbH + Co. KG
87665 Mauerstetten
www.mayr.com
public.mayr@mayr.de



Integriertes Messsystem

Messende Kupplungsnabe

KTR hat eine spielfreie Kupplungsnabe entwickelt, die Drehmoment und Drehzahl misst. Die ermittelten Daten werden bei Rotation über ein Display an der Kupplung angezeigt und können via Bluetooth versendet und in einer entsprechenden App eingesehen werden.

Bei der kurzbauenden Monitex BT befindet sich die gesamte Messtechnik in der Kupplungsnabe – damit lässt sich die neue Messkupplung auch bei kritischen Platzverhältnissen in den Antrieb integrieren.

Die Monitex BT ist laut KTR eine spielfreie Rotex-GS-Kupplungsnabe mit integriertem Messsystem zur Erfassung von Drehmoment und Drehzahl. Aufgrund ihrer kurzen Bauweise kann die Monitex BT in vielen Fällen eine Standard-Rotex-Nabe ersetzen und ist dabei leicht montierbar, führt das Unternehmen aus.

Die induktive Energieübertragung erfolgt kontaktlos und ermöglicht einen permanenten Betrieb der Messnabe; dazu wird ein Induktivkopf mit einem Abstand von maximal 10 mm radial von der Kupplung angebracht. Sobald das System eingeschaltet ist, werden die ermittelten Daten per Bluetooth versendet und mit Hilfe der Monitex-App von einem mobilen Endgerät oder einem PC empfangen und gespeichert. Ein optischer und akustischer Alarm informiert den Benutzer, sobald eingestellte Grenzwerte über- oder unterschritten werden. Die Messergebnisse können in der App als Kurvenverlauf oder numerische Zahlen dargestellt werden; die Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte werden dabei fortlaufend berechnet.

Die Monitex-App ist kostenlos und steht für Android- und iOS-Geräte in den jeweiligen App-Stores zum Herunterladen bereit; zur Nutzung auf dem PC mit Windows-Betriebssystem liefert KTR die entsprechende Software mit.

Die Monitex BT besitzt ein Display, das ab 300 Umdrehungen pro Minute die aktuellen Drehmoment- und Drehzahlwerte anzeigt – so stehen die Daten auch dann zur Verfügung, wenn das Empfangsgerät nicht in der Nähe ist oder eine einfache Beobachtung der Belastung ausreicht.



Kupplungsnabe mit integriertem Messsystem zur Erfassung von Drehmoment und Drehzahl. Foto: KTR Systems

Um den Antriebsstrang zu überwachen oder zu regeln, benötigt der Anwender in vielen Fällen Live-Daten zur Einspeisung in die Anlagensteuerung; das kann wahlweise durch ein Edge-Device geschehen, das die Bluetooth-Daten umsetzt oder durch einen Digital-Analog-Umsetzer (DAC), der die Verbindung zur Monitex BT herstellt und die Drehmoment- und Drehzahlwerte als analoge Spannungssignale ausgibt.

Haupteinsatzgebiete der drehmomentmessenden Kupplungsnabe sind nahezu alle Bereiche für tägliche Messaufgaben

– dazu gehören unter anderem die Maschinenüberwachung, die Prüfstandstechnik, die Prozesssteuerung und die Qualitätssicherung. Die neue Monitex BT ist zunächst in den Baugrößen 28 und 42 erhältlich, weitere Größen sollen folgen. ■

Kontakt

KTR Systems GmbH
48432 Rheine
mail@ktr.com
www.ktr.com/de

Fachteil Ingenieur-Werkstoffe



Die sieben-Achs-Lackierroboter sind mit modernster Applikationstechnik ausgestattet und sorgen für höchste Beschichtungsqualität. Foto: Togg

EDELSTAHL ROSTFREI

Vielfältige
Anwendungsgebiete
für Edelstahlrohre

LASERTECHNIK

Simultanes Beschichten
und Zerspanen
spart viel Zeit

KUNSTSTOFFE

Biokunststoffe werden
attraktiver für
die Industrie



Bild 1 In den meisten Schlüsselbranchen leisten Rohre aus Edelstahl Rostfrei einen maßgeblichen Beitrag zu Qualität und Produktivität. Foto: Geberit

Edelstahl Rostfrei

Anwendungsgerechte Edelstahlrohre

Die Funktionssicherheit von Rohrleitungen, Flanschen und Fittings entscheidet über die Effizienz von Prozessen und Versorgungsnetzen. Ob industrielle Versorgungsleitungen, Trinkwassernetze oder Hausinstallationen für Heizung und Trinkwasser: Maximale Standzeiten, Korrosionsbeständigkeit und Hygiene sind zentrale Anforderungen an die Leitungssysteme. Rohre aus Edelstahl Rostfrei leisten einen maßgeblichen Beitrag zu Qualität und Produktivität.

TEXT: Ursula Herrling-Tusch

Chemie-, Pharma-, Automobil- und Lebensmittelindustrie setzen bei industriellen Versorgungsleitungen und Anlagen ebenso auf Rohrsysteme aus

nichtrostendem Stahl wie Maschinen- und Anlagenbau. Aber auch im Schiffbau, zur Energieerzeugung, Exploration sowie für Betreiber von Wasser- und Abwassernetzen, Laboratorien oder Krankenhäusern gehören diese Rohre zur Standardausstat-

tung. Korrosive, abrasive oder aggressive Medien, hohe oder auch sehr tiefe Temperaturen, hohe Drücke, maximale Dichtigkeits- und Reinheitsanforderungen kennzeichnen in all diesen Branchen die herausfordernden Einsatzbedingungen



Bild 2 Höchste Reinheit der eingesetzten Rohre, Formteile und Verbindungen ist in der Pharma-, Getränke- und Nahrungsmittelindustrie unabdingbar. Foto: Viega

von Leitungs- und Prozessrohren. Ob Transport von Gasen wie Sauerstoff, Argon, Synthesegas, Wasserstoff oder Erdgas, ob Prozess-, Kühl-, VE- (voll entsalztes) und Abwasser, Öl, Kühlschmiermittel, Säuren, Lösungsmittel, Kraftstoffe oder Satteldampf: Unzählige Aufgabenbereiche sind auf den Einsatz anwendungsbezogen ausgelegter Edelstahlrohre angewiesen. Die Bandbreite an Edelstählen – niedrig oder hoch legierte Edelbaustähle, ferritische martensitische, austenitische oder Duplex-Edelstähle – erschließt für jede Einsatzbedingung die passende Werkstoffwahl. Insbesondere rost-, säure- und hitzebeständige (RSH-)Stähle wie die hochkorrosionsfesten Güten 1.4301, 1.4541, 1.4571 und 1.4404 oder hitzebeständige Werkstoffe wie 1.4828 und 1.4841 sind in zahlreichen anspruchsvollen Prozessen etablierter Standard.

Höchste Hygiene sicherstellen

Die Analysetechnik vertraut für den sicheren Transport von Prozessproben zur Analyse auf elektropolierte Edelstahlrohre der Güten 1.4435 oder 1.4404. Mit einer Oberflächenrauheit $< 0,25 \mu\text{m}$ gewährleisten ihre medienberührten Innenoberflächen unverfälschte Messergebnisse. Die Ablagerung von Probenanteilen wird hierdurch ebenso sicher verhindert wie die Kontamination durch Fremdstoffe oder eine katalytische

Wirkung auf Gaskomponenten. Reinstmedienversorgung ist auch in der Halbleiter- und Photovoltaikindustrie bei der Herstellung elektronischer Komponenten wie Prozessoren, Speichermedien oder LED eine zentrale Voraussetzung für die gebotene Prozesssicherheit. Beim Transport der hier verwendeten reinsten Gase und Chemikalien beantworten Rohre der Güten 1.4404,



Bild 3 Rohre, Bögen und Flansche aus Edelstahl Rostfrei gewährleisten notwendige Sicherheit und lange Standzeiten. Foto: Viega

1.4435 oder 1.4307 mit metallblanken, elektropolierten oder anodisch gereinigten Innenoberflächen die extremen Reinheitsanforderungen.

Höchste Reinheit der eingesetzten Rohre, Formteile und Verbindungen ist bei der Pharma-, Getränke- und Nahrungsmittelindustrie ebenfalls unabdingbar. Ob für die Produktion von Seren oder sterilen Arzneimitteln, von Säften oder Babynahrung: Korrosionsbeständige Legierungen gepaart mit tottraumfreien Verbindungen und höchsten Oberflächengüten erfüllen strengste Anforderungen an Prozesssicherheit, optimale Reinigung sowie schnelle und sichere Chargenwechsel. Typischerweise kommen hier Edelstahlrohre der Güten 1.4404, 1.4301, 1.4435 oder 1.4539 zum Einsatz.

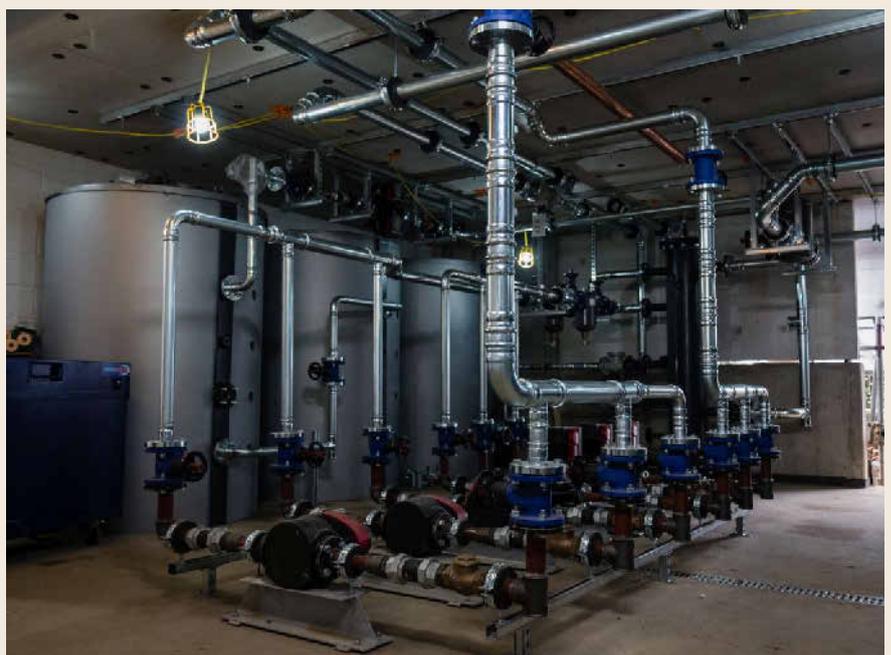


Bild 4 Maximale Standzeiten, Korrosionsbeständigkeit und Hygiene sind zentrale Anforderungen an Leitungssysteme. Foto: WZV/Sanha



Bild 5 Für Trinkwasserversorgungsnetze gelten Rohre aus nichtrostendem Duplex-Edelstahl als besonders nachhaltige und leckagesichere Lösung. Foto: Viega

Extreme Einsatzbedingungen

In der Chemieindustrie sind beim Transport von Natronlauge Korrosions- und Säurebeständigkeit gefragt. Rohre, Bögen,

Reduzierungen, T-Stücke und Flansche aus 1.4571 gewährleisten hier die notwendige Sicherheit und lange Standzeiten. Die Exploration fossiler Energieträger und mineralischer Rohstoffe erfordert trotz extremer Belastung der Komponenten



Bild 7 Unerlässlich für die individuellen Herausforderungen ist, dass das Rohrzubehör aus nahtlosen oder geschweißten Rohrbögen, T-Stücken und Reduzierungen, Gewindefittings sowie Rohrschellen und Flansche in Werkstoff und Verarbeitung optimal auf die Rohrauswahl abgestimmt werden. Foto: Viega



Bild 6 Je nach Einsatzzweck werden Edelstahlrohre angeboten: in Standard- und Speziallängen, in runder, viereckiger oder kapillarer Form. Foto: WZV/Kohler

ten nachhaltige Haltbarkeit der Systeme. Rohre aus hochbelastbarem Edelstahl rostfrei halten dem dauerhaften Kontakt mit korrosiven Medien wie Meerwasser und Kohlendioxid, hunderten Metern Einsatztiefe, Tiefsttemperaturen bis $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, hohen Drücken und Erosion zuverlässig stand.

Für Nieder- bis Hochdruckanwendungen werden in der Öl- und Gasindustrie Hochleistungsrohre aus nichtrostenden Duplex-Edelstählen eingesetzt: Neben der Standardgüte 1.4462 zählen dazu auch die Superduplex-Edelstähle 1.4410 und 1.4501 sowie der Hyperduplex-Edelstahl 1.4658. Nahezu gleiche Gefügeanteile von Austenit und Ferrit begründen deren herausragende Korrosionsbeständigkeit und geringe Neigung zu Spannungsrisskorrosion. Zudem ermöglichen sie ohne Leistungseinbußen durch ihre hohe Festigkeit und Streckgrenzen dünnere Wandstärken. So kann das Gewicht der Rohre für die langen Versorgungsleitungen deutlich verringert werden.

Nachhaltig und leckagesicher

Für Trinkwasserversorgungsnetze gelten Rohre aus nichtrostendem Duplex-Edelstahl als besonders nachhaltige und leckagesichere Lösung. Der werkstofftypisch niedrige Reibungskoeffizient erlaubt höhere Strömungsgeschwindigkeiten und somit auch höhere Durchflussraten, wodurch Rohrdurchmesser und Pumpen kleiner ausgelegt werden können. Duplexrohre sind durch ihre Duktilität besonders belastbar, was sie beispielsweise für den Einsatz in erdbebengefährdeten Regionen qualifiziert. Die harte glatte Oberfläche des inerteren Werkstoffs ist zudem ein Garant für eine dauerhaft erstklassige Wasserqualität: Sie verhindert die Abgabe von Metallionen an das Trinkwasser und die Anhaftung von Bakterien.

Langfristig wirtschaftliche Lösung

In der Hausinstallation sind Rohre aus Edelstahl rostfrei mit Qualitätssiegel sowohl für die Trinkwasserleitungen als auch für die Heizungsinstallation unverzichtbar. Für die Trinkwasserinstallation sind hier die Austenite 1.4401 und 1.4404 sowie die ferritische Alternative 1.4521 bewährter Standard. Hohe mechanische Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, hygienische Zuverlässigkeit und Geschmacksneutralität machen sie zu einer nachhaltigen Investition für jeden Hausbesitzer. Durch den im Vergleich zu anderen Rohrmaterialien geringeren Wartungs- und Reparaturaufwand amortisieren sich die höheren Anschaffungskosten schon in kurzer Zeit. Bei der Installation von Heizungsanlagen gehen

Hauseigentümer ebenfalls mit Edelstahlrohren auf Nummer sicher. Lange Lebensdauer, Korrosionsresistenz und geringerer Isolationsaufwand machen Heizungsrohre der Werkstoffgüten 1.4520 oder 1.4301 zur langfristig wirtschaftlichsten Lösung.

Breite Auswahl an Rohren und Zubehör

Je nach Einsatzzweck werden Edelstahlrohre angeboten: in Standard- und Speziallängen, in runder, viereckiger oder kapillarer Form, nahtlos oder geschweißt, mit unterschiedlichsten Wandstärken und Außendurchmessern – von der Injektionsnadel bis zur Gasleitung. Anwendungsbezogen erhalten sie eine Oberflächenveredelung durch Schleifen, Bürsten oder Polieren. Unerlässlich für die indivi-

duellen Herausforderungen ist, dass das Rohrzubehör aus nahtlosen oder geschweißten Rohrbögen, T-Stücken und Reduzierungen, Gewindefittings sowie Rohrschellen und Flansche in Werkstoff und Verarbeitung optimal auf die Rohrauswahl abgestimmt werden.



Ursula Herrling-Tusch

Vaalseer Straße 259
52074 Aachen
www.impetus-pr.de
Foto: privat

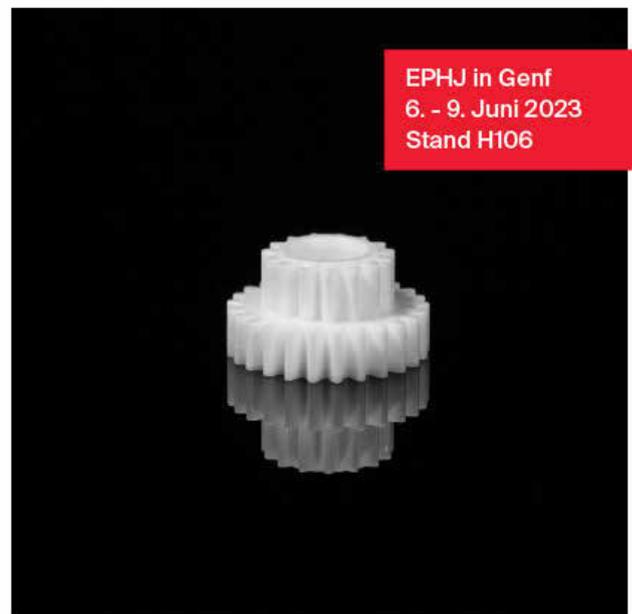
Kontakt

Warenzeichenverband
Edelstahl Rostfrei e.V.
Dr. Sebastian Heimann
Sohnstraße 65
40237 Düsseldorf
www.wzv-rostfrei.de

Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft

Laut Statista wurden 2019 in Europa 42,5 Prozent des Elektroschrotts recycelt, das von der Europäischen Union gesetzte Ziel liegt jedoch bei 65 Prozent. Diese Lücke weiter schließen wollen Forschende im EU-Projekt „Digitalised Value Management for Unlocking the potential of the Circular Manufacturing System with integrated digital solutions – DiCiM“, an dem die Professur Produktionssysteme und -prozesse der Technischen Universität Chemnitz maßgeblich beteiligt ist. Das Projekt läuft seit Januar 2023 und ist mit einem Budget von sechs Millionen Euro ausgestattet. Insgesamt zwölf Projektpartner aus acht Ländern wollen innerhalb von vier Jahren eine offene Plattform und integrierte digitale Lösungen entwickeln, die die Digitalisierung von Europas Rückgewinnungssystem für Elektro- und Automobilabfälle auf ein neues Level heben soll. Das Vorhaben zielt auf eine neue Technologie zur Überwachung und Bewertung des Zustands von zu recycelnden Bauteilen ab. Die Teile sollen künftig wiederaufbereitet und zur Reparatur von Haushaltsgeräten, Druckern und Autos eingesetzt werden können. Dafür werden Werkzeuge entwickelt, die das Internet der Dinge, Maschinelles Lernen, Künstliche Intelligenz, Big Data, Bildverarbeitung und Erweiterte Realität nutzen. Die Ergebnisse werden europaweit in Pilotprojekten mit mehreren Anwendern umgesetzt. Beteiligt am Projekt sind Mitarbeitende der Masaryk-Universität (Tschechien), der TU Chemnitz (Deutschland), der Kungliga Tekniska Hogskolan (Schweden), der Universität von Ljubljana (Slowenien), der Idener Research & Development Agrupacion de interes economico (Spanien), der IRIS Technology Solutions S.L. (Spanien), der Signifikant Svenska AB (Schweden), der C-ECO Circular Economy Solutions GmbH (Deutschland), Gorenje (Slowenien), Arcelik (Türkei), Lexmark (Ungarn) und Crowdhelix Limited (Irland).

www.tu-chemnitz.de



EPHJ in Genf
6. - 9. Juni 2023
Stand H106

Präzise und individuell

Keramik kommt zum Einsatz, wenn andere Materialien versagen. maxon entwickelt und produziert keramische Präzisionskomponenten für Ihre spezielle Anwendung.

Jetzt informieren: ceramic.maxongroup.de

Precision Ceramic Components

maxon



Bild 1 Stranggussanlage am LKR, die im Forschungsprojekt „Digitale Assistenzsysteme zur Prozessoptimierung im Aluminiumstrangguss“ zum Einsatz kommt. Foto: AIT

Digitale Assistenzsysteme

Aluminiumstrangguss wird optimiert

Aluminium und andere Leichtmetalle spielen als Bestandteile von leichten und zugleich robusten Fahrzeugbauteilen eine unverzichtbare Rolle bei der Erreichung der Klimaziele. Allerdings sind ihre Herstellung und Verarbeitung mit energieintensiven Prozessen verbunden. Die Energieeffizienz dieser Prozesse kann jedoch durch die Etablierung von Cyber-Physischen Systemen (CPS) erheblich verbessert werden.

Bisher benötigt man langjährige Erfahrung und aufwendige Versuche, um die richtigen Prozessparameter zur Herstellung hochwertiger Bauteile zu finden. Diese Versuche können jedoch mittels digitaler Zwillinge von Produktionsanla-

gen virtuell durchgeführt werden. Dadurch spart man Zeit und Energie und vermeidet gefährliche Arbeitsbedingungen beim Testen neuer Legierungen oder der Entwicklung neuer Prozesse.

Trotz der verfügbaren Möglichkeiten zur Erstellung digitaler Zwillinge braucht es in der Leichtmetallindustrie

ganzheitliche digitale Assistenzsysteme, die an innovative Prozesse und neue Legierungen angepasst werden können. Diese Assistenzsysteme müssen auf die Bedürfnisse der Nutzer und Nutzerinnen abgestimmt sein, um eine tatsächliche Verbesserung der Prozesse zu erreichen.

Genau darauf zielt das Projekt opt1mus (Open Process Twin Minding the User 1st) ab. Das Konsortium unter Leitung des LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen und die Partner AIT Center for Technology Experience, HPI High Performance Industrietechnik und RISC Software (Abteilung Logistics Informatics) lassen interdisziplinäres, langjähriges Know-how sowie Erfahrungen aus der Praxis in die Entwicklung eines menschengerechten CPS am Beispiel des horizontalen Aluminium-Stranggusses einfließen.

Materialqualität von Aluminiumlegierungen

Um die Materialqualität von Aluminiumlegierungen in Simulationen genau vorherzusagen zu können, sind speziell entwickelte Modelle erforderlich, die die physikalischen Eigenheiten dieser Legierungen gerecht werden. Das LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen verfügt über umfassende Erfahrung entlang der gesamten Prozesskette – von der Legierungsentwicklung über Gieß- und Umformprozesse und Prototyping bis zum Recycling – und begleitenden Simulationen, die genau dies gewährleisten kann. Das Unternehmen HPI High Performance Industrietechnik GmbH, ein Partner des LKR, bringt langjährige Erfahrung im Bau von Stranggussanlagen ein.

Assistenzsysteme für Gießer

Gleichzeitig benötigt es im Sinne von Industrie 5.0 Assistenzsysteme für Gießer und Gießerinnen, die durch intelligente Vorschläge direkt am Human Machine Interface (HMI) der Produktionsanlage den Prozess einfacher und effizienter gestalten. Darüber hinaus soll Anwendern und Anwenderinnen durch eine nachvollziehbare Präsentation von Systemvorschlägen die Möglichkeit geboten werden, selbst im Lauf der Zeit „smarter“ zu werden. Um in Zukunft auch im industriellen Umfeld eine erweiterte, diversifizierte Anwendergruppe anzusprechen zu können, werden zudem notwendige Faktoren in der Gestaltung der User Experience (UX) evaluiert. Das AIT Center for Technology Experience entwickelt in einem nutzerzentrierten Design-Prozess Konzepte dieser Interaktionslösungen.



Bild 2 Projektleiter David Blacher vom LKR sagt: „Im Projekt opt1mus legen wir den Fokus auf die Gießerinnen und Gießer. Dazu kombinieren wir die Prozesssimulation mit digitaler Assistenz und diversitäts-gerechtem Design.“ Foto: AIT



Bild 3 „Die Optimierung von Produktionsprozessen in der Industrie mithilfe digitaler Assistenzsysteme ist nur dann möglich, wenn wir von Anfang an einen Human-Centered-Design-Ansatz konsequent verfolgen“, so Christian Bechinie, Experte für User Experience (UX) am AIT Center for Technology Experience. Foto: AIT

Aufbau eines Advisorysystems

Um fundierte Unterstützung für den komplexen Entscheidungsprozess in der täglichen Arbeit von Gießer:innen zu ermöglichen, ist die RISC Software GmbH als Forschungsinstitut zu Big Data, Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen mit dem Aufbau eines Advisorysystems betraut.

Besonders für den Industriestandort Österreich ist die Entwicklung eines flexiblen Cyber-Physischen Systems von entscheidender Bedeutung, um die Digitalisierung aller Produktionsprozesse der Zulieferbetriebe sicherzustellen. Hierfür wird das im Projekt opt1mus entwickelte CPS als Open-Source-Software frei zugänglich gemacht und auf die Möglichkeit zur Anpassung an andere Prozesse als den Strangguss geachtet. Auf diese Weise können österreichische Anlagenbauer und Produzenten Innovationen entwickeln, um Ausschuss und CO₂-Emissionen zu reduzieren und gleichzeitig durch digitale Assistenz menschengerechte Arbeit zu schaffen.

Projektleiter David Blacher vom LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen sagt: „Im Projekt opt1mus legen wir den Fokus auf die Gießerinnen und Gießer. Wie können wir sie mit digitalen Methoden unterstützen, damit nicht nur die Energieeffizienz in Prozessen gesteigert werden kann, sondern auch die Interaktion mit der Maschine effizienter und sicherer wird? Dazu kombinieren wir die Prozesssimulation mit digitaler Assistenz und diversitäts-gerechtem Design.“

„Die Optimierung von Produktionsprozessen in der Industrie mithilfe digitaler Assistenzsysteme ist nur dann möglich, wenn wir von Anfang an einen Human-Centered-Design-Ansatz konsequent verfolgen“, ergänzt Christian Bechinie, Experte für User Experience (UX) am AIT Center for Technology Experience.

Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) und die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen von Produktion und Material 2022. ■

Kontakt

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Giefinggasse 2
1210 Wien
Österreich
www.ait.ac.at



Bild 1 Die sieben-Achs-Lackierroboter EcoRP E043i, ausgestattet mit moderner Applikationstechnik, sorgen für höchste Beschichtungsqualität. Foto: Togg

Umweltfreundliche Fertigungsstätte

Schlanker Lackierprozess

Für einen türkischen Hersteller smarter vernetzter E-Fahrzeuge hat ein Maschinen- und Anlagenbauer eine umweltfreundliche Gesamtlösung entwickelt. Als Generalunternehmer konzipierte und errichtete er die Lackieranlage und lieferte Anlagen für die Endmontage. Im Fokus stand beispielsweise ein schlanker Lackierprozess, durch den ein bis zu 60 Prozent niedrigerer Energieverbrauch erreicht werden kann.

Der erste Hersteller im Bereich Mobilität und smarter vernetzter E-Fahrzeuge aus der Türkei verfolgt mit dem Togg Technologie-Cam-

pus für Elektroautos ein ambitioniertes Ziel: Er soll zu den umweltfreundlichsten Fertigungsstätten in Europa gehören. Dürr plante und errichtete als Generalunternehmer die Lackieranlage und lieferte Anlagen für die Endmontage.

Dabei kam erstmalig mit Next.assembly Dürrs gebündeltes Technikspektrum der Endmontage als Gesamtlösung zum Einsatz, wodurch Togg Fahrzeuge auf einem völlig neuen Effizienzniveau montieren kann.



Bild 2 Die Trockenabscheidung Eco Dry Scrubber spart 60 Prozent Energie und steht für besonders nachhaltiges Lackieren. Foto: Dürr

175.000 smarte und vernetzte elektrische Fahrzeuge sollen bis zum Jahr 2030 am Standort Gemlik in der Westtürkei jährlich vom Band laufen. Das in 2020 an den Maschinen- und Anlagenbauer Dürr vergebene Turnkey-Projekt für die Lackieranlage und der in 2021 erteilte Auftrag für die Endmontage umfassten unter anderem den kompletten Anlagenbau, die Applikationstechnik sowie die Hochzeit einschließlich vollautomatischer Schraubstationen und Testequipment. „Die Vorbehandlung und die kathodische Tauchlackierung sind bereits auf die Endausbaustufe ausgelegt, alle anderen Aggregate im Layout doppelt geplant. Togg kann dadurch schnell reagieren, wenn der Kapazitätsbedarf steigt, etwa indem ein zweiter Trockner ergänzt wird oder eine ganze Linie“, erklärt Bruno Welsch, CEO & President Paint and Final Assembly bei der Dürr Systems AG. Erst kürzlich startete die Produktion.

Wasser, Strom und Wärme einsparen

Um den Energiebedarf zu minimieren, entschied sich Togg von vornherein für einen schlanken Lackierprozess. Basis- und Klarlacke der Innen- und Außenla-

ckierung werden in einer Decklacklinie mit integrierter Füllapplikation aufgetragen. Das spart eine Trocknungsphase. Die eingesetzten Lösemittellacke besitzen mit 30 bis 35 Prozent einen höheren Festkörperanteil als Standardlacke und erreichen dadurch die geforderten Schichtdicken mit geringeren Ausflussraten. Die Trockenabscheidung Eco Dry Scrubber konzentriert die in die Abluft abgegebenen Lösemittel vollautomatisch auf und scheidet Overspray ab – und zwar in mehrfacher Hinsicht ressourcenschonend. Denn das System kommt nahezu ohne Wasser aus und benötigt wenig Energie für die Luftkonditionierung – üblicherweise gehört die Luftkonditionierung zu den energieintensivsten Prozessen beim Lackieren. Durch die Umluftführung von bis zu 95 Prozent werden in der Spritzkabine bis zu 80 Prozent weniger Wärme und bis zu 50 Prozent weniger Strom verbraucht. Das zahlt sich auch wirtschaftlich aus – durch einen bis zu 60 Prozent niedrigeren Energieverbrauch.

Mit einer weiteren Maßnahme zum Schutz der Umwelt geht Togg weit über die gesetzlichen Anforderungen hinaus. Die Kabinenabluft wird mit Oxi.X entsorgt, einer regenerativen thermischen Oxidationsanlage (RTO), die autotherm

betrieben werden kann – also ohne dem Brenner Primärenergie zuzuführen.

Neueste Technik für hohe Farbbrillanz

Auf hohe Standards setzt Togg nicht nur bei der Umweltfreundlichkeit, sondern auch bei der Beschichtungsqualität. Dürr-Roboter der neuesten Generation tragen den Lack auf, darunter der siebenachsige EcoRP E043i, der aufgrund seiner hohen Beweglichkeit Türen von innen ebenso wie offene Heckklappen lackieren kann. Ein besonderes technisches Feature sind die mit zwei Hauptnadeln ausgestatteten Zerstäuber EcoBell 3, die eingefärbte Klarlacke für besonders brillante Oberflächen auftragen. Die dafür bislang üblichen aufwändigen Spülgänge werden durch die zweite Hauptnadel überflüssig. Das reduziert den Spülmittelverbrauch und stellt schnellsten Farbwechsel innerhalb der geforderten Taktzeit sicher.

Neue Sichtweise auf die Endmontage

Im Bereich der Endmontage profitiert Togg von Next.assembly. Statt sich wie bisher auf Einzelkomponenten zu fokussieren, wird die Endmontage in ihrer Ge-



Bild 3 Am Fahrwerkstand x-wheel werden die Fahrzeuge mit Hilfe neuester Sensortechnik geprüft und eingestellt. Foto: Togg

samtheit betrachtet mit dem Ziel, Fahrzeuge maximal effizient zu montieren. Next.assembly bündelt hierbei Dürrs gesamtes Technologie- und Consulting-Spektrum, um das Montieren von Fahrzeugen so effizient wie möglich zu gestalten. „Togg ist der erste Automobilhersteller, der sich für eine Gesamtlösung aus unserem Endmontage-Angebot entschieden hat. Damit entwickelten wir eine sehr kundenspezifische Lösung, die mit ihren exakt aufeinander abgestimmten

Prozessen auf allen Ebenen und entlang der gesamten Linie zu hohen Synergie- und Effizienzeffekten führt und sparsam mit Ressourcen umgeht“, berichtet Andreas Hohmann, Vice President Consulting & Next.assembly.

Scheibenkleben im Line-Tracking

Des Weiteren sorgen die Hängeförderer von Dürr für effiziente Abläufe. Zudem

lässt sich Material in der Vormontage einsparen beispielsweise durch die präzise Dosierung mit dem Eco Shot Meter, der für nahezu alle Dickstoffe im Sealing und Gluing geeignet ist. Die für 1K- und 2K-Applikationen geeignete Dosiereinheit kann auch PU-Klebstoffe beim Scheibenkleben auftragen. Diese werden bei Togg bei der vollautomatischen Verklebung von Fensterscheiben und Panorama-Glasdächern verarbeitet. Der automatisierte Prozess funktioniert, während die Karosserie vorbei gefördert wird (Line-Tracking) und ist damit wesentlich effizienter als der bisherige Stop-and-Go-Prozess, bei dem der Förderer mit dem Automobil für den Einbau angehalten werden musste.

„Als Hauptlieferant arbeiten wir eng mit Togg zusammen, um die hohen Umwelt- und Qualitätsansprüche zu erfüllen“, sagt Bruno Welsch. Abgerundet wird das Leistungsangebot vom in der Türkei ansässigen Dürr-Team, das zukünftig den laufenden Service der Anlage übernehmen wird. ■

Kontakt

Dürr Systems AG
 Carl-Benz-Str. 34
 74321 Bietigheim-Bissingen
www.durr.com

Vorteile von RIM und Solid-Surface-Technologien verbunden

Covestro, Hersteller von Polymer-Werkstoffen und Komponenten und Arcesso Dynamics, ein Hersteller von kundenspezifischen Polyurethanteilen, wurden mit einem „Best of the Best“ interzum award für ihre Arfinio-Technologie geehrt. Mit dieser Auszeichnung wurden die „herausragenden, neue Maßstäbe setzenden Leistungen“ der erstmals im Oktober 2022 vorgestellten Technologie anerkannt. Die Preisverleihung des von der Koelnmesse und Red Dot ausgeschriebenen Awards fand am 8. Mai im Rahmen der interzum Messe in Köln statt, bei der führende Unternehmen der internationalen Zuliefererbranche für Möbelfertigung und Innenausbau zusammenkommen.

Die Arfinio-Technologie kombiniert flüssige Hochleistungspolymere und einzigartige Mineralien mit dem RIM-Verfahren (Reaction Injection Molding), eine Kombination, die bisher als unmöglich galt. Sie ermöglicht nahtlose Formen ohne den Einsatz von Platten und kombiniert dabei die wichtigsten Vorteile der aliphatischen Chemie, des Spritzgießens und nahtloser Oberflächen: mechanische Beständigkeit, Lichtstabilität und Reparierbarkeit sowie geringes Produktgewicht, schnelle Produktion und verbesserte Designfreiheit. Mithilfe der Technologie können Hersteller komplexe Formen und funktionale Leistung auf neue und dynamische Weise integrieren. Das Material leistet außerdem einen Beitrag zur Nachhaltigkeit, da

es mit teilweise biobasierten Rohstoffen hergestellt, am Ende seiner Lebensdauer mechanisch recycelt und so für die Herstellung neuer Produkte wiederverwendet werden kann.

Joan Miquel Garcia Martínez, Senior Project Manager Arfinio bei Covestro: „Wir freuen uns sehr, dass wir von der Koelnmesse und Red Dot mit diesem Award ausgezeichnet wurden. Mit der Markteinführung dieses Produkts gemeinsam mit Arcesso ist uns ein Durchbruch gelungen – eine Lösung, die völlig neue Maßstäbe für Designfreiheit im Bereich der Solid-Surface-Materialien setzt. Für uns ist diese Ehrung eine weitere Motivation, innovativ zu bleiben und neue, revolutionäre Lösungen für die Materialien der Zukunft zu entwickeln, die den Menschen und unserem Planeten gleichermaßen zu Gute kommen.“
www.covestro.com



Bild Bei der Preisverleihung: Das Covestro Arfinio-Team gemeinsam mit Ernest Montón (Mitte), CEO Arcesso Dynamics, Vito Oražem (links), Geschäftsführer von Red Dot, und Gerald Böse (rechts), Vorsitzender der Geschäftsführung der Koelnmesse. Foto: Covestro



Bild 1 Die im Rahmen des Rubio-Projekts entwickelten Biokunststofffolien aus PBS sind recyclingfähig, biologisch abbaubar und können auf gängigen Extrusionsanlagen verarbeitet werden. Foto: Polifilm

Wertschöpfungsketten

Biokunststoffe werden attraktiver

In dem Projekt Rubio lassen 18 Partner die Vision einer nachhaltigen Kunststoffwirtschaft Realität werden. Ihr Ziel: Aus regional verfügbaren pflanzlichen Reststoffen entstehen vielseitig einsetzbare nachhaltige Produkte, die recyclingfähig und biologisch abbaubar sind.

Ein erstes marktfähiges Produkt wurde bereits entwickelt.

Biokunststoffe stellen zunehmend eine Alternative zu erdölbasierten Kunststoffen dar. Diese nachhaltigen Materialien bringen einige Vorteile mit: Sie werden auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt und tragen dazu bei, die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen und CO₂-Emissionen in die Umwelt zu reduzieren. Sie können biologisch abbaubar sein und verfügen über Verarbeitungseigenschaften, die mit denen klassischer erdölbasierter Kunststoffe vergleichbar sind. Wie klassische Kunststoffe können auch Biokunststoffe sortiert, fraktioniert und recycelt werden. Warum aber werden erdölbasierte Kunststoffe nicht einfach durch Biokunststoffe ersetzt?

Trotz des hohen Potenzials gibt es eine Reihe von Faktoren, die Firmen davon abhalten, ihre Produkte aus Biokunststoffen herzustellen: Weltweit gibt es nur wenige Hersteller, die Biokunststoffe auf dem Markt anbieten. Für Kunststoffverarbeiter verursacht das Probleme bei der Versorgungssicherheit, höhere Kosten sowie eine zu geringe Auswahl an verschiedenen Typen von Biokunststoffen, um die Vielzahl möglicher Anwendungen zu realisieren. Außerdem gibt es technischen Verbesserungsbedarf und oft ist nicht klar, für welche spezifischen Anwendungen sich Biokunststoffe eignen. Schließlich werden Biokunststoffe aktuell häufig aus Zuckerrohr und Mais hergestellt – also potenziellen Nahrungs- oder Futtermitteln, was eine „Tank-oder-Teller“-Diskussion aufbringen könnte.

Durch neue PBS-Typen vielfältigere Einsatzbereiche

Der Entwicklungsbedarf in diesem Bereich ist also groß. Expertinnen und Experten vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP gehen diese Hürden gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie im vom BMBF geförderten Projekt „Regionales unternehmerisches Bündnis zum Aufbau von Wertschöpfungsketten für technische Biokunststoffe in Mitteldeutschland“, kurz Rubio, an. Dipl.-Ing. Thomas Büsse, der bei Rubio das Verbundprojekt „Verarbeitung“ koordiniert und das Verarbeitungstechnikum Biopolymere Schwarzheide in

Brandenburg des Fraunhofer IAP leitet, erklärt: „Je nach Anwendung beziehungsweise Verarbeitungsverfahren muss der eingesetzte Kunststoff hart oder weich, vielleicht auch zähfließend oder dünnflüssig sein. Bisher gibt es auf dem Markt aber nur drei PBS-Typen, und diese eignen sich lediglich für eine eingeschränkte Zahl an Verarbeitungsverfahren und Anwendungen.“ Daher entwickelt das Team der Abteilung „Polymersynthese“ von Dr. Antje Lieske am Fraunhofer IAP in Potsdam ganz neue Typen von PBS, die mit einer deutlich breiteren Palette an Verfahren verarbeitet werden können – vom Blasformen bis zum Spritzgießen. Somit vergrößert das Forschungsteam auch das Portfolio an möglichen Anwendungen.

In industrienahen Pilotmaßstab überführen

Das Know-how der Polymerspezialistinnen und -spezialisten am Fraunhofer IAP geht dabei deutlich über die reine Entwicklung von Syntheseverfahren für neue Biokunststofftypen hinaus. Im Synthesetechnikum des Fraunhofer-Pilotanlagenzentrums für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ in Schkopau überführt das Team um Dr. Ulrich Wendler, Leiter der Abteilung „Synthese und Produktentwicklung“ am Fraunhofer IAP, die Ergebnisse aus Labor und Technikum in den industrienahen Pilotmaßstab. Die Frage, wie die neu entwickelten Kunststofftypen und -mischungen thermoplastisch verarbeitet werden können, wird im Verarbeitungstechnikum intensiv untersucht. Hier wer-

DAS VERARBEITUNGSTECHNIKUM BIOPOLYMERE SCHWARZHEIDE

Im Verarbeitungstechnikum Biopolymere Schwarzheide am BASF-Standort Schwarzheide werden marktgängige und neue biobasierte Kunststoffe verarbeitet. Mittels industrienaher Anlagentechnik werden die Forschungsergebnisse geprüft und praxisnah umgesetzt. Dabei wird ein großes Spektrum der in der Thermoplastverarbeitung etablierten Verarbeitungsverfahren abgedeckt. Mit Hilfe umfangreicher Analysetechnik können die Eigenschaften von Kunststoffen detailliert untersucht und bewertet werden. Dies betrifft einerseits die Bestimmung von Rohstoffeigenschaften, um zu prüfen, welches Verarbeitungsverfahren geeignet ist. Andererseits werden die Endprodukte hinsichtlich ihrer Produkteigenschaften untersucht. Durch den Standortvorteil im Chemiepark können die Ergebnisse der FuE-Arbeit schneller zum Markt transferiert werden. Über eine Integration des Verarbeitungstechnikums in lokale und überregionale Netzwerke und Verbundstrukturen wird zudem das Ziel verfolgt, klein- und mittelständische kunststoffverarbeitende Unternehmen bei der Einführung biobasierter Kunststoffe in die Produktionsprozesse zu unterstützen.

RUBIO-BÜNDNIS FÜR NACHHALTIGE KUNSTSTOFFWIRTSCHAFT

Rubio ist das „Regionale unternehmerische Bündnis zum Aufbau von Wertschöpfungsketten für technische Biokunststoffe in Mitteldeutschland“. Das Ziel: eine nachhaltige Kunststoffwirtschaft, die in drei bis fünf Jahren Wirklichkeit werden soll. Aus pflanzlichen Abfällen hergestellte Kunststoffe lassen sich dabei mehrfach zu neuen, gleichwertigen Produkten wie Textilien, Verkleidungsteilen oder Verpackungen recyceln und sind obendrein biologisch abbaubar. Das Bündnis vereint 18 Partner, die in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen sowie im Raum Berlin und Brandenburg angesiedelt sind. Dabei sind kleine und mittelständische Unternehmen, Großunternehmen sowie Forschungseinrichtungen. Jeder Partner steht für Erfahrungen, Know-how und Expertise auf bestimmten, für das Projekt maßgeblichen Fachgebieten: von der Biotechnologie über den Maschinen- und Anlagenbau bis hin zu Compoundierung, Produktdesign und Recycling.

den auch die Tests zur Bioabbaubarkeit, Bedruckbarkeit, Siegelfähigkeit oder Maschinengängigkeit durchgeführt – Kriterien, die die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf Wunsch des Kunden individuell einstellen können. Auch die Recyclingfähigkeit wird im Rubio-Konsortium getestet.

Gemeinsam neue PBS-Folie entwickelt

Einen ersten Erfolg kann das Fraunhofer IAP im Rahmen des Rubio-Projekts gemeinsam mit der Firma Polifilm Extrusion GmbH verzeichnen. Das deutsche Unternehmen produziert am Standort Weißandt-Görlitz in Sachsen-Anhalt auf über 80 Extrusionsanlagen Kunststofffolien für unterschiedliche Anwendungen in der Verpackung-, der Bau-, Agrar- und Automobilbranche und anderen Bereichen. Die Partner haben eine PBS-Fo-

lie entwickelt, die für Versandtaschen eingesetzt werden kann. „Diese Kooperation ist ein wichtiger Schritt in Richtung Nachhaltigkeit und ermöglicht uns, Produkte anzubieten, die aus regionalen Reststoffen hergestellt wurden, die recyclingfähig und bei Verlust in die Umwelt biologisch abbaubar sind. Ein weiterer Vorteil ist die Verarbeitung auf gängigen Extrusionsanlagen, wodurch dem Siegesweg der PBS-Materialien nichts mehr entgegen steht“, erklärt Tobias Otto, Projektmanager R&D bei der Polifilm Extrusion GmbH.

Regionale pflanzliche Reststoffe werden genutzt

Die Entwicklung der neuen PBS-Folie geht weiter, denn bis jetzt basiert der Biokunststoff noch nicht auf regionalen Rohstoffen. Doch das wird sich im weiteren Verlauf der Kooperation ändern. Pflanzli-

che Reststoffe aus der Region werden künftig der Rohstoff sein. „Grundsätzlich können alle Materialien verwertet werden, die Cellulose oder Lignocellulose enthalten. Dazu zählen unter anderem nicht verrottende Gärreste aus Biogasanlagen, in vielfältiger Form anfallende Reste aus landwirtschaftlichen Betrieben und theoretisch sogar Abfälle aus der Papierproduktion“, erklärt Thomas Büsse. Idealerweise hat die Verwendung regionaler Reststoffe langfristig einen weiteren Vorteil: Kürzere Transportwege können zu geringeren Preisen und zu mehr Nachhaltigkeit der produzierten Kunststoffprodukte führen. ■

Kontakt

Fraunhofer IAP
Potsdam Science Park
Geiselbergstraße 69
14476 Potsdam
www.iap.fraunhofer.de

VDI-Gesellschaft Materials Engineering

VDI-Nachhaltigkeitspreis Kunststofftechnik

Anlässlich der Jahrestagung Spritzgießen 2023 hat die VDI-Gesellschaft Materials Engineering (GME) erstmalig den VDI-Nachhaltigkeitspreis Kunststofftechnik verliehen. Tagungsleiter und Mitglied im Fachbeirat Kunststofftechnik der GME, Prof. Martin Würtele, gratulierte Lars Schmohl vom Institut für Kunststofftechnik der Universität Stuttgart für seine Masterarbeit „Vorhersage und Optimierung der Extrusion von Recyclingfilamenten für die additive Fertigung“. Schmohl konnte durch die Einstellung optimaler Prozessparameter die Bauteildichte und die Festigkeit der Recyclingfilamente erheblich steigern. Mit dem Preis zeichnet der VDI-Fachbereich Kunststofftechnik Hochschulabsolventen für besondere Leistungen auf dem Gebiet der Nachhaltigkeit im Bereich der Kunststofftechnik aus und fördert dadurch den Nachwuchs auf diesem Fachgebiet. Die GME unterstreicht mit diesem Nachhaltigkeitspreis auch die Bedeutung der Kunststofftechnik für nachhaltige Ökonomie. Der VDI-Nachhaltigkeitspreis ist dotiert mit einem Preisgeld in Höhe von 1.000 Euro, die diesjährig von der u vex group gesponsert wurden. Der Nachhaltigkeitspreis Kunststofftechnik wird jährlich ausgeschrieben und es können Arbeiten aus dem D-A-CH Gebiet eingereicht werden. Zugelassen sind Abschlussarbeiten des Studiums, das heißt Bachelor-, Masterarbeiten. Die Themengebiete der Arbeiten sind bezogen die Verarbeitung von Kunststoffen und die Arbeiten dürfen nicht älter als maximal 12 Monate sein. Der Bewerbungsvorschlag erfolgt durch und mit Empfehlung der verantwortlichen Hochschullehrerin beziehungsweise des verantwortlichen Hochschullehrers. Die Preisvergabe erfolgt im Rahmen der jährlichen VDI-Spritzgießtagung. Beurteilungskriterien sind die wissenschaftliche Exzellenz, die wirtschaftliche Bedeutung sowie die Qualität der Arbeit. Die von

der betreuenden Professorin beziehungsweise dem betreuenden Professor vorgeschlagenen und eingereichten Arbeiten werden durch eine Jury begutachtet, die sich aus Mitgliedern des VDI-Fachbereichs Kunststofftechnik zusammensetzt.

www.vdi.de



Bild Lars Schmohl (im Bild links) und Prof. Martin Würtele bei der Preisübergabe Foto: VDI

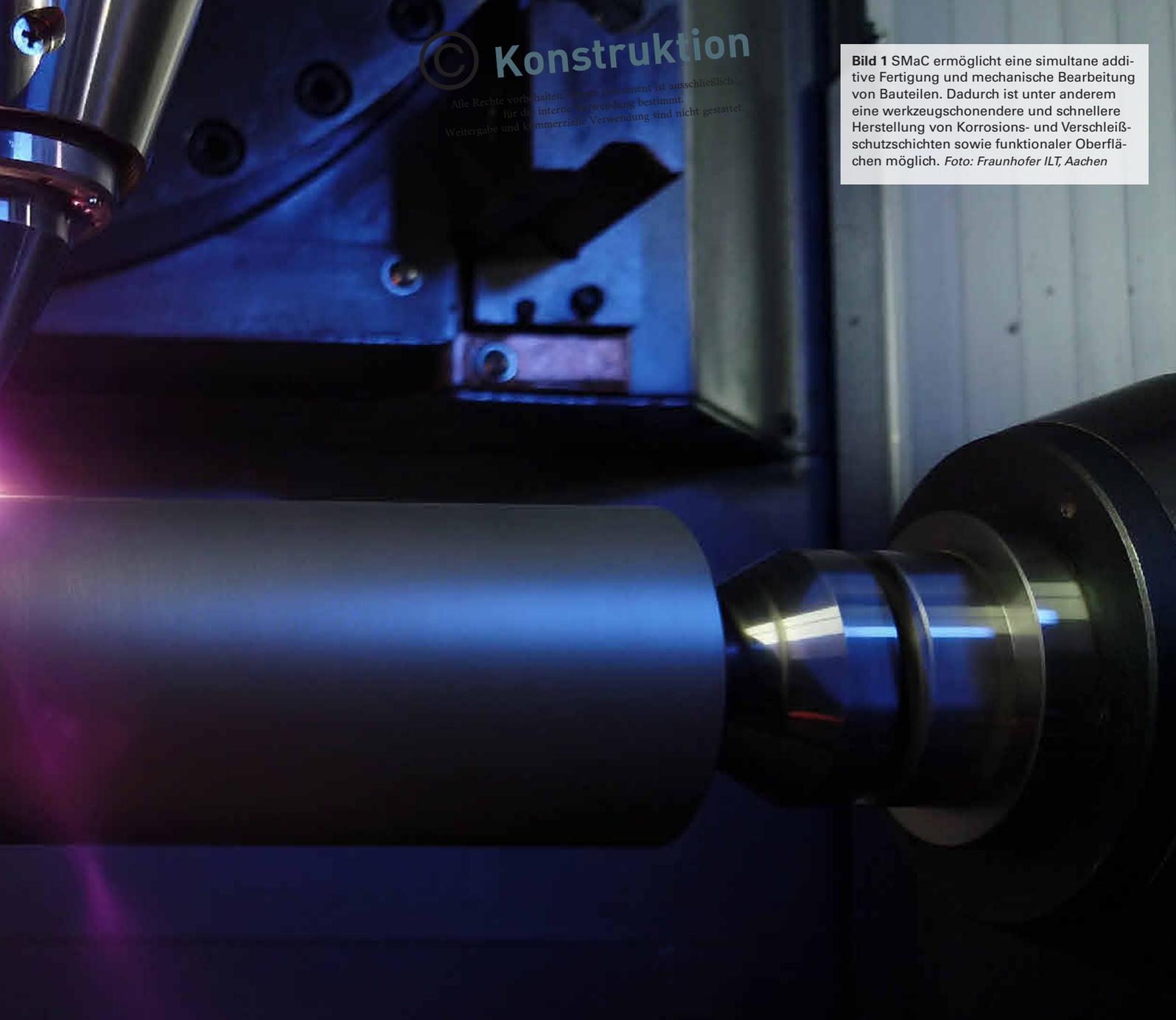


Patentiertes Kombinationsverfahren

Simultan Beschichten und Zerspanen

Forscher haben ein Beschichtungsverfahren entwickelt, das Laserauftragschweißen und mechanische Bearbeitung kombiniert. Damit lassen sich hochfeste Werkstoffe schnell und effizient auftragen und simultan zerspanend bearbeiten. Das Verfahren ermöglicht die Herstellung von Bauteilen mit verlängerter Lebensdauer und erweiterten Einsatzzyklen, was beispielsweise für die Energiewirtschaft, Mobilitätsbranche oder chemische Industrie interessant ist.

Bild 1 SMaC ermöglicht eine simultane additive Fertigung und mechanische Bearbeitung von Bauteilen. Dadurch ist unter anderem eine werkzeugschonendere und schnellere Herstellung von Korrosions- und Verschleißschutzschichten sowie funktionaler Oberflächen möglich. Foto: Fraunhofer ILT, Aachen



Beschichtungen sind sowas wie Hidden Champions: Sie werden kaum wahrgenommen und leisten dennoch Großartiges. Sie tragen dazu bei, Bauteile vor unterschiedlichsten Arten von Schäden und Verschleiß zu schützen. Beschichtungen verbessern die physikalischen oder chemischen Eigenschaften von Bauteiloberflächen oder verleihen ihnen bestimmte Funktionen. Sie können auch dazu beitragen, Energie zu sparen, indem eine Beschichtung isoliert oder reflektiert.

Ein neues, patentiertes Kombinationsverfahren, das am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt wurde, verbessert die Energiebilanz darüber hinaus auf eine weitere Art: das sogenannte Simultane Beschichten und Zerspanen, auf Englisch Simultaneous Machining and

Coating, kurz SMaC. „Wir haben die mechanische Bearbeitung mit dem Extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (EHLA) in einem Bearbeitungsschritt kombiniert“, erklärt Viktor Glushych, Leiter der Gruppe Beschichtung LMD und Wärmebehandlung am Fraunhofer ILT. „Damit verkürzen wir die Bearbeitungszeiten erheblich.“ Je nach Anforderungsprofil und Beschichtungswerkstoff kann die Prozessdauer um mehr als 60 Prozent reduziert werden.

Entstehende Prozesswärme wird genutzt

SMaC löst ein grundlegendes Problem von hochfesten Schutzschichten gegen Korrosion und Verschleiß: Je härter die Beschichtung, desto besser der Schutz aber desto aufwendiger auch die Bearbei-

tung. Der Clou bei SMaC ist, dass es die im EHLA-Prozess entstehende Prozesswärme nutzt.

Unmittelbar nach dem Laserauftragschweißen besitzen die Beschichtungswerkstoffe bei mehreren Hundert Grad Celsius Restwärme nur einen Bruchteil ihrer Härte. In der mechanischen Bearbeitung, die zeitparallel stattfindet, verschleißt das Werkzeug somit erheblich weniger und arbeitet gleichzeitig schneller.

„Mit SMaC können wir korrosions- und verschleißbeständige Beschichtungen wirtschaftlich aufbringen. Wir erzielen signifikant höhere Oberflächenqualitäten und potenziell höhere Werkzeugstandzeiten als mit der üblichen, sequenziellen Bearbeitung“, verdeutlicht Glushych. Im EHLA-Prozess können hochfeste Beschichtungswerkstoffe verarbeitet wer-

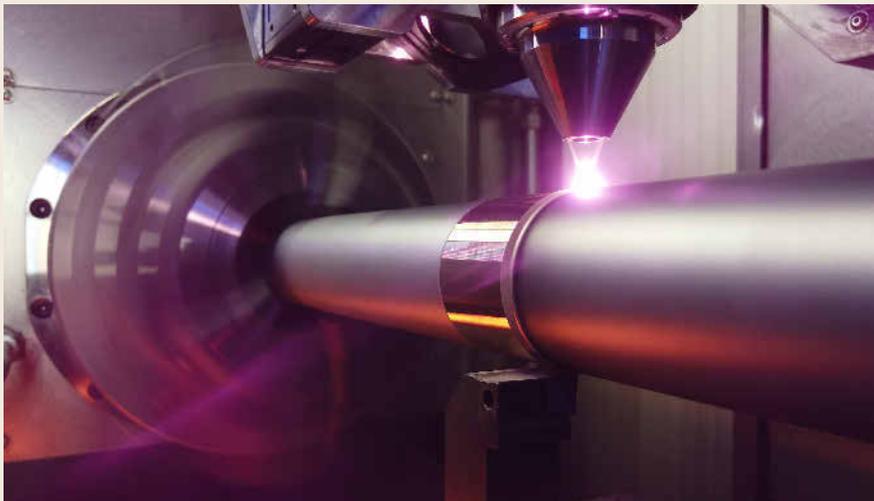


Bild 2 Insbesondere beim Auftragen schwer zerspanbarer, hochfester Beschichtungen ergeben sich durch die SMaC-Technologie erhebliche wirtschaftliche und technologische Vorteile. Foto: Fraunhofer ILT, Aachen

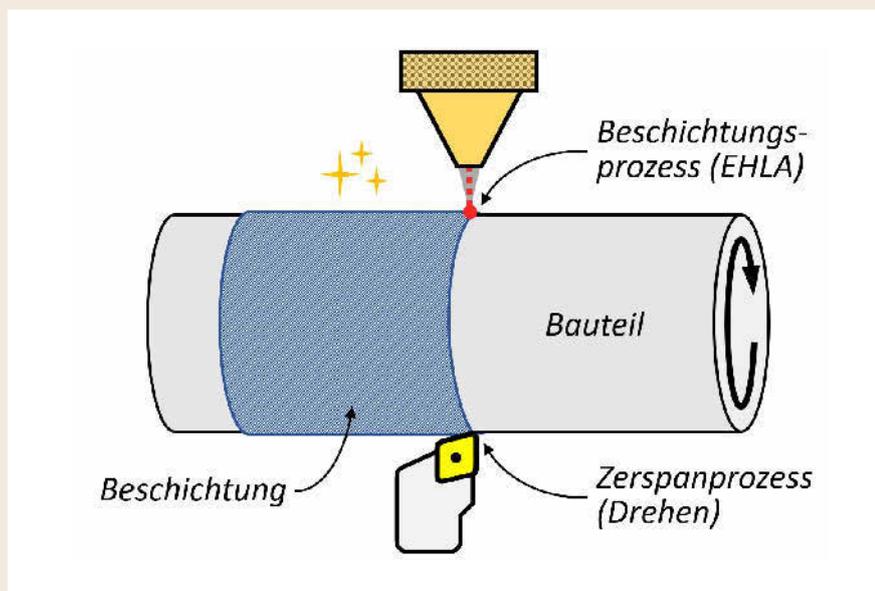


Bild 3 Schematische Darstellung von Simultaneous Machining and Coating (SMaC). Hochharte Beschichtungswerkstoffe werden unmittelbar nach dem Laserauftragschweißen mechanisch bearbeitet. Das neue Verfahren ist schneller und wirtschaftlicher als konventionelle Methoden. Grafik: Fraunhofer ILT, Aachen

den – sogar Hochentropie-Legierungen oder metallische Gläser, die mit konventionellen Methoden kaum mechanisch bearbeitet werden können.

Längere Einsatzzyklen und Wartungsintervalle

SMaC erlaubt eine hochproduktive, wirtschaftliche und vielseitige Beschichtung von Bauteilen. Das neue Verfahren ist aber auch unter ökologischen Gesichtspunkten interessant, weil Komponenten deutlich länger unbeschädigt im Einsatz

bleiben können und seltener ausgetauscht werden müssen. „SMaC verlängert entscheidend die Lebensdauer, Einsatzzyklen und Wartungsintervalle von Bauteilen, Baugruppen und ganzen Maschinen“, erläutert Glushych. „Das erhöht die Rohstoff- und Energieeffizienz der Bauteile und minimiert Maschinenstillstände.“

Weniger Ersatzteile bedeuten weniger Rohstoffeinsatz, weniger Wartung, weniger Transport und Lagerhaltung. Für viele Unternehmen bedeutet dies mehr Unabhängigkeit und mehr Planungssicherheit – das heißt eine höhere Resilienz der Pro-

duktion. Insbesondere in den letzten Jahren wurden einige Unternehmen schon häufiger durch sehr lange Lieferzeiten für metallische Funktionsbauteile ausgebremst.

„SMaC ist effizient, energie-, zeit- und ressourcenschonend“, beschreibt Glushych die Vorteile. Das Verfahren eignet sich prinzipiell für alle Anwendungen, bei denen bisher Bauteile nacheinander beschichtet und zerspannt wurden. Es lässt sich beispielsweise zur Herstellung von Beschichtungen für Korrosions- und Verschleißschutz, Beschichtungen mit hart und weichmagnetischen Eigenschaften oder zur Herstellung von enorm widerstandsfähigen Gleitlagerbeschichtungen und weiteren funktionalen Oberflächen einsetzen.

SMaC hat großes Anwendungsspektrum

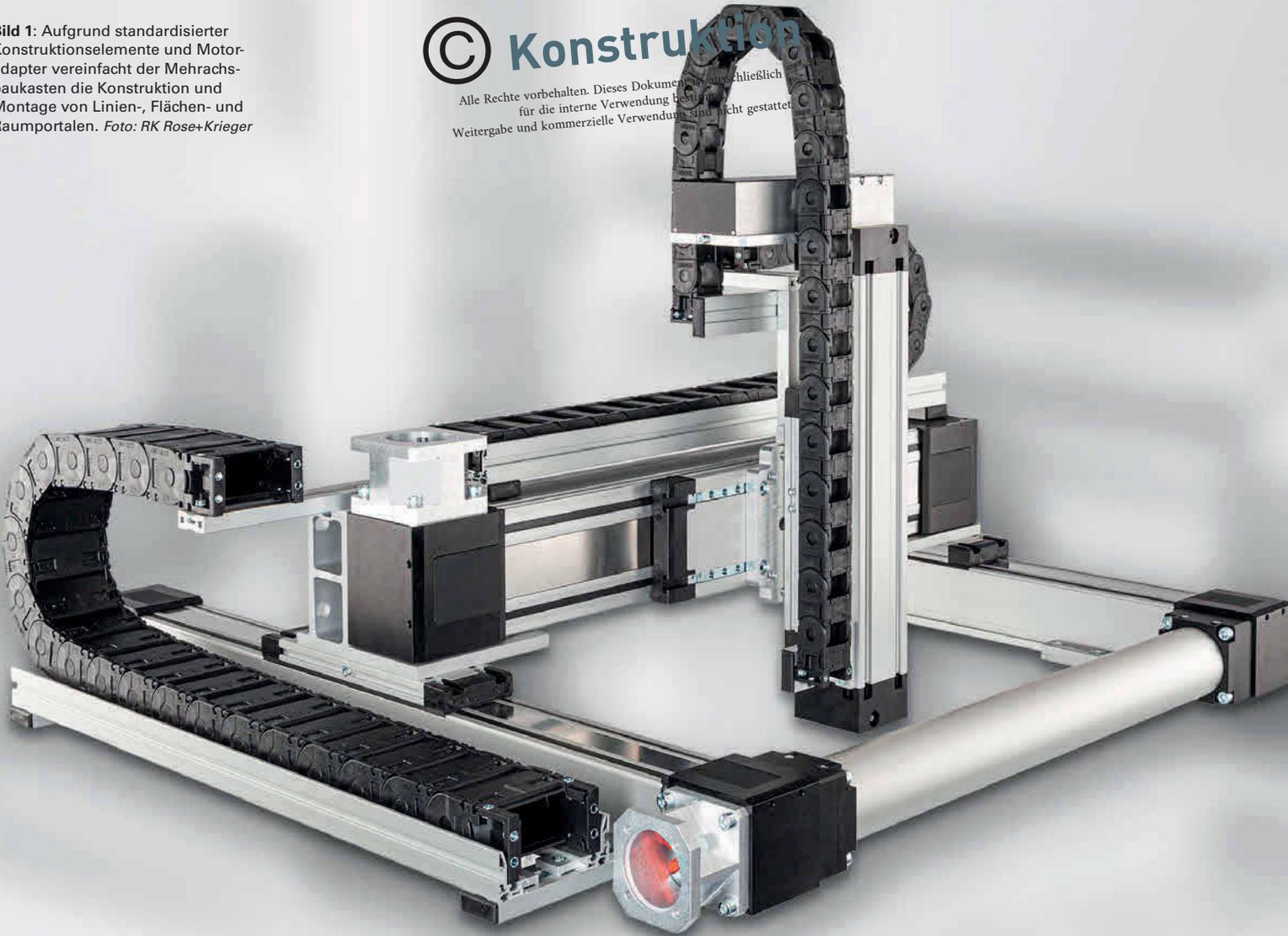
Anwendungen finden sich beispielsweise in der Energiewirtschaft und der gesamten Mobilitätsbranche, überall, wo hoch belastete, rotationssymmetrische Bauteile zum Einsatz kommen. In der chemischen Industrie beispielsweise müssen Oberflächen aggressiveren Medien standhalten. Im Bergbau oder bei Werkzeugen schützt SMaC erfolgreich gegen Verschleiß. Die Anwendungsbereiche sind zahlreich sowie vielfältig.

Glushych denkt einen Schritt weiter: „Mit dem Simultanen Beschichten und Zerspannen könnten wir beispielsweise bestimmte feinstaubreduzierende Bremscheibenbeschichtungen schneller und produktiver fertigen. Eine andere Anwendung, die wir testen wollen, ist die Herstellung von Multimaterialschichten in der Batterietechnik.“ Das neue Kombinationsverfahren wird in der nächsten Zeit viele neue Anwendungsfelder für die laserbasierte Beschichtungstechnologie eröffnen, ist sich der Wissenschaftler sicher. ■

Kontakt

Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT
Steinbachstr. 15
52074 Aachen
www.ilt.fraunhofer.de

Bild 1: Aufgrund standardisierter Konstruktionselemente und Motoradapter vereinfacht der Mehrachs-baukasten die Konstruktion und Montage von Linien-, Flächen- und Raumportalen. Foto: RK Rose+Krieger



Systemlösungen für die Anforderungen konkreter Schwerpunktbranchen

Komponenten und Systeme für die Fabrik von morgen

Digitalisierung, Individualisierung und Nachhaltigkeit – das sind die Themen unserer Zeit. Damit einher gehen Forderungen nach kürzeren Lieferzeiten und niedrigen Preisen bei gleichzeitig steigender Leistung und Produktqualität. Zudem steigern der zunehmende globale Wettbewerb und die unterschiedlichen Anforderungen in Industrie- und Schwellenländern die Komplexität des Unternehmensumfelds. Um am Markt bestehen zu können, muss die Fabrik von morgen diese Herausforderungen bewältigen können. RK Rose+Krieger bietet mit seinen Komponenten und Systemen geeignete Mittel, um diesen Trends zu begegnen.

TEXT: Bernd Klöpfer

Die möglichst umfassende Automatisierung und Digitalisierung der Produktion ist in den westlichen Industriestaaten eine Grundvoraussetzung, um

in Zeiten des Fachkräftemangels im globalen Wettbewerb mithalten zu können. Und überall dort, wo die manuelle Montage unumgänglich ist, gilt es Arbeitsbedingungen zu schaffen, die die Gesundheit der Mitarbeiter schützen.

Mit seinen beiden Geschäftsfeldern „Komponenten“ (für die Linear-, Verbindungs- und Profiltechnik) und „Systeme“ (für Automatisierungs- und Produktionsanwendungen“) bedient RK Rose+Krieger diesen Bedarf und gibt Antworten auf die



Bild 2: Ob in Nutzfahrzeugen (l.) oder in der industriellen Anwendung – der RK Monitorhalter eignet sich für die HMI-Anbindung in rauen Umgebungen.
Foto: RK Rose+Krieger

zunehmende Komplexität im industriellen Umfeld. Dabei orientieren sich die Mindener insbesondere bei der Neu- und Weiterentwicklung von Systemlösungen verstärkt an den Anforderungen konkret benannter Schwerpunktbranchen, darunter insbesondere Verpackungs- und Automatisierungstechnik, Intralogistik und Arbeitsplatzsysteme sowie Reinraumtechnik und Halbleiterfertigung.

Am Beispiel der jüngsten Produktentwicklungen wird deutlich, mit welchen Lösungen RK Rose+Krieger die aktuellen Trends und Branchenanforderungen unter anderem bedient.

Haltesystem für das industrielle Umfeld

In einer smarten, digitalisierten Fabrik mit umfassend vernetzter Produktion sind alle Anlagen, Handlingeinrichtungen und Flurfahrzeuge mit Bedien- und Anzeigegeräten zur Überwachung und Visualisierung der diversen Abläufe ausgestattet. Auch moderne Montagearbeitsplätze kommen heute kaum noch ohne HMI (Human Machine Interface) in Form eines Monitors oder Touchpanels aus. Zur Anbindung der HMI an die jeweilige Maschine oder Konstruktion werden Halterungen benötigt, die dem rauen industriellen Umfeld gewachsen sind und einfach an sich verändernde Anforderungen angepasst werden können. Ein solch robustes,

einfaches und flexibles System ist beispielsweise der RK Monitorhalter, den RK Rose+Krieger bereits vor einigen Jahren speziell für diesen Einsatz entwickelte (**Bild 2**). Die Alternative zu Eigenkonstruktionen basiert auf dem Produktprogramm der Kunststoffrohrverbinder der Mindener. Was mit diesem einen Produkt begann, hat sich inzwischen zu einer ganzen Palette von standardisierten industriellen Haltesystemen entwickelt – darunter Stative, Tablet- und Smartphone-Halterungen, höhenverstellbare Monitorhalter, Tragarmsysteme und vieles mehr.

Auch mit seiner Steuerungssoftware RXX bedient RK Rose+Krieger den Digitalisierungstrend. RXX ist ein bislang in seiner Art einzigartiges Bedien- und Servicetool für die Antriebssteuerung Multi-Control II zur Ansteuerung elektrischer Hubsäulen (**Bild 3**). Mit RXX lassen sich individuelle Steuerungsprofile, beispielsweise das Antriebsgruppenmanagement, die relative und absolute Positionierung oder die integrierte Kollisionserkennung schnell und einfach am PC konfigurieren. Auch die Inbetriebnahme und Ansteuerung der Hubsäulen kann damit über den PC oder Laptop erfolgen. Eine übersichtliche Gestaltung der Bedienoberfläche und Erklärvideos erleichtern die Anpassung. Der große Vorteil der Software: Einmal angelegt können die Steuerungsprofile abgespeichert und jederzeit wieder abgerufen werden. Davon profitieren vor allem

Kunden, die mehrere identische Systeme in Betrieb nehmen. Ein Knopfdruck genügt, um das einmal konfigurierte und gespeicherte Profil auf alle Systeme zu übertragen. Das spart nicht nur Zeit, sondern minimiert auch Fehlerquellen.

Software visualisiert Motorströme

Weitere Alleinstellungsmerkmale der RXX-Software: Sie visualisiert Motorströme und weitere Betriebsparameter in Echtzeit – selbst in Bussystemen mit bis zu 32 Antrieben. Unregelmäßigkeiten im System können so erkannt und frühzeitig eliminiert werden. Gleichzeitig entfallen aufwändige Messarbeiten wie das Anklemmen von Strommessdosen an jedem Antrieb. Serviceeinsätze können komfortabel per Fernwartung vom RK Servicepersonal erfolgen. Dies erfolgt ganz einfach über Microsoft Teams, weil das System nicht in der Cloud arbeitet. Zudem gestattet RXX das Auslesen und Exportieren von Service- und Fehlerhistorien. Auf diese Weise kann der Kunde langfristige Probleme identifizieren und abstellen, was zu einer Verlängerung der Lebensdauer seines Gesamtsystems führt.

Aufgrund der Möglichkeit zur Fernwartung bedient RXX auch die Trends Nachhaltigkeit und Geschwindigkeit. Probleme können schnell online abgeklärt und gegebenenfalls gelöst werden. Ist ein Kundendienstesatz dennoch erforder-

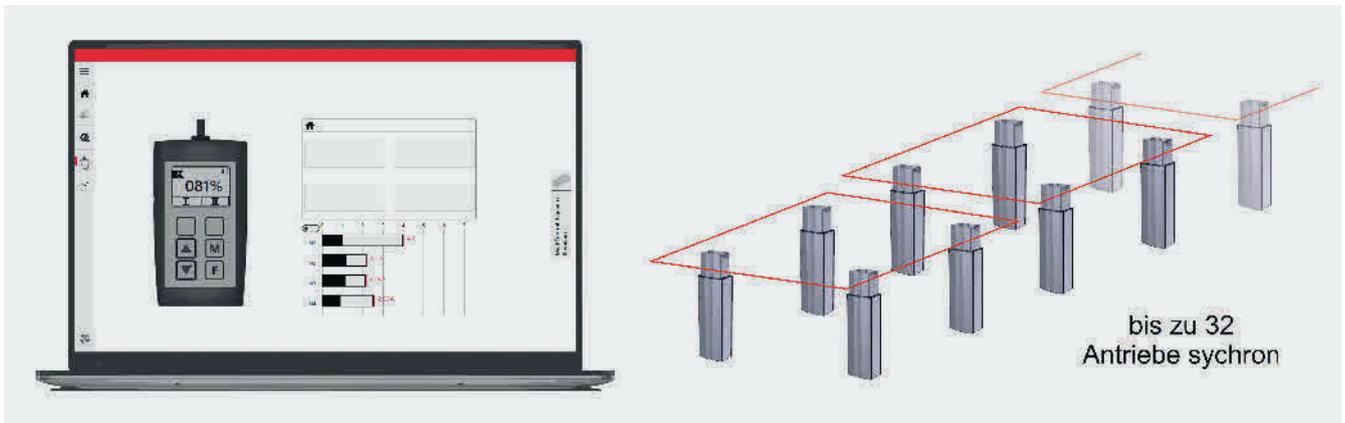


Bild 3: Mit dem Bedien- und Servicetool RKX lassen sich individuelle Steuerungsprofile zur Ansteuerung von bis zu 32 synchron geschalteter elektrischer Hubsäulen über den Laptop konfigurieren und abspeichern. Foto: RK Rose+Krieger

lich, ist der Servicemitarbeiter bereits so umfassend vorbereitet und mit den benötigten Ersatzteilen ausgerüstet, dass zur Problembehebung ein Termin ausreicht.

Linearachsen und lineartechnische Mehrachssysteme gehören bereits seit den 1980er Jahren zum Produktportfolio von RK Rose+Krieger. Sie kommen typischerweise in der Verpackungstechnik und überall dort zum Einsatz, wo Produkte bewegt oder positioniert werden müssen. Der neue Mehrachsbaukasten, der erstmals auf der Motek 2022 vorgestellt wurde, vereinfacht und beschleunigt jetzt die Konstruktion und Montage von Linien-, Flächen- und Raumportalen auf Basis der Achsgenerationen RK MonoLine und RK DuoLine. Er beinhaltet aufeinander abgestimmte, standardisierte Konstruktionskomponenten wie Klemmleisten, Systemplatten- und Winkel und universelle Energiekettenhalter. Ebenfalls Teil des neuen Systembaukastens sind Motoradapter für die Anbindung von Servomotoren und Planetengetrieben aller gängigen Hersteller sowie sämtliche CAD/CAM-Daten und detaillierte Montageanleitungen.

Schnelleres Auslegen von Portalsystemen

Der Mehrachsbaukasten verkürzt die für die Angebotserstellung und Auslegung der Portalsysteme benötigte Zeit – ohne dabei auf die gewohnt hohe RK-Qualität verzichten zu müssen. Gleichzeitig erleichtert der hohe Standardisierungsgrad die Ersatzteilbeschaffung und Konfiguration vor Ort. Während die unterschiedlichen Motoranbausätze den internationalen Einsatz der Systeme ermöglichen.

Speziell für Automatisierungslösungen in Einsatzbereichen, bei denen sich auf-

grund der Umgebungs- oder Fertigungsbedingungen Kondens- und Tropfwasser bildet, ergänzte RK Rose+Krieger seine RK MonoLine Baureihe um die komplett korrosionsbeständige Variante RK MonoLine Z80. Dafür wurden sämtliche Teile der Achse, die in der Standardausführung aus Stahl gefertigt sind, gegen Edelstahlkomponenten ausgetauscht. Zudem sind für den vertikalen Einsatz der Achse in der Zahnriemenumlenkung vorgefertigte Ablaufbohrungen vorgesehen, die im Bedarfsfall vom Kunden geöffnet werden können. Wie die anderen Lineareinheiten dieser Baureihe kann auch die neue Achse für den Einbau in vertikaler Position mit dem Halteelement RK Safelock ausgerüstet werden. Typische Anwendungen der korrosionsgeschützten RK MonoLine sind automatisierte Entnahmesysteme von Spritzguss- oder Formpressmaschinen, wo mit Wassernebel, Kondenswasserbildung und nachgelagertem Tropfwasser zu rechnen ist.

Verdrehsicherung für die Intralogistik

Ein innovatives Produkt jüngster Zeit – die Anti-Twist-Verdrehsicherung aus dem Zubehörprogramm der Kunststoffrohrverbinder RK Light Clamps – spielt seine Vorzüge vor allem in Systemlösungen für die Intralogistik aus, denn es erleichtert und beschleunigt die präzise Justierung und verdrehsichere Montage komplexer Systemaufbauten und Auslegerkonstruktionen immens.

Das System aus eloxiertem Aluminiumrohr (Durchmesser 30 mm) mit vier Profilmuten im Winkelabstand von 90° und schwarzen Kunststoffclips aus verstärktem Polyamid ist frei kombinierbar

mit allen einteiligen RK Light Clamps der Baugröße 30 mm in geschlossener Ausführung. Zur Montage wird das Nutprofil durch die Kunststoffverbinder geschoben, per Hand mit zwei Clips – je einer wird vor und nach dem Rohrverbinder in die Nuten geschoben – verdrehsicher (und ohne Werkzeug) vorpositioniert und über das einfache Anziehen der Schraube im Klemmelement fixiert. Die 90°-Anordnung der vier Profilmuten garantiert dabei jederzeit eine präzise, rechtwinklige Positionierung der Rohre zueinander (verdrehsicher in 90°-Schritten).

Das Anti-Twist-System bietet sich insbesondere für die Realisierung von Auslegerkonstruktionen an. Dabei sind Kunststoffrohrverbinder aufgrund ihres geringen Gewichts von Vorteil, kamen jedoch nur selten zum Einsatz, weil sie ab einem bestimmten Torsionsmoment auf dem Aluminiumrohr rutschen. Das neue Anti-Twist-System verhindert ein solches Abrutschen und damit das Verdrehen der Konstruktion, weil es dreimal höhere Momente aufnehmen kann als einfache Kunststoffverbinder. Auf diese Weise können Anwender in noch größerem Umfang von den Vorteilen der leichten einteiligen RK Light Clamps profitieren. Das sich das System frei in der Baugröße 30 kombinieren lässt, kann es gezielt dort eingesetzt werden, wo ein Verdrehen der Konstruktion sicher verhindert werden muss. ■

Berd Klöpper ist Leiter Marketing bei der RK Rose+Krieger GmbH
32423 Minden
Tel.(05 71) 93 35 – 0
www.rk-rose-krieger.com

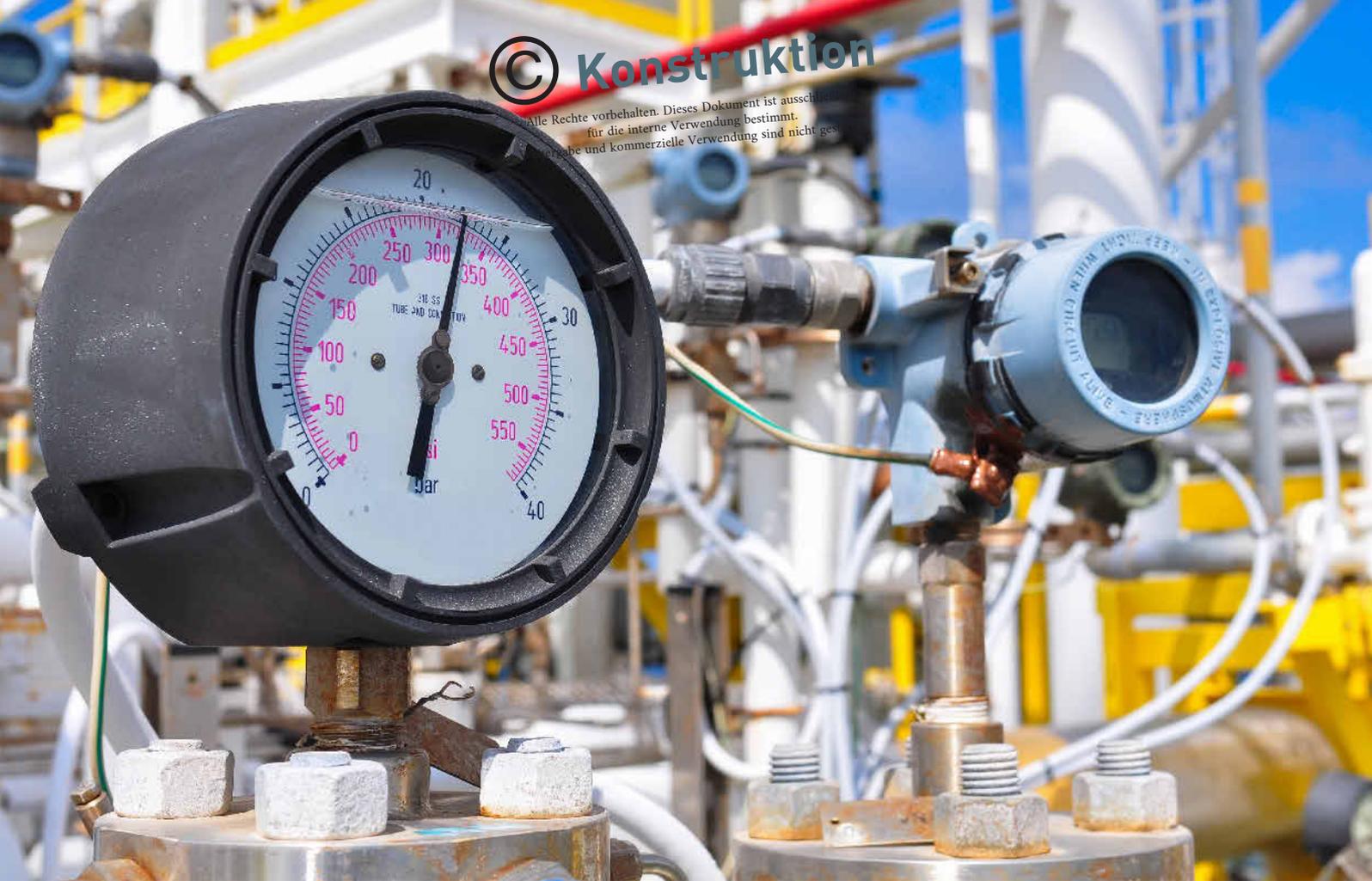


Bild 1. Manometer zum Überwachen des Druckzustandes in einem System. Foto: PantherMedia/curraheeshutter

Gesetzliche Vorgaben, harmonisierte Normen und technische Regelwerke

Konstruktion von Druckgeräten

Viele Druckgeräte werden unter Bedingungen eingesetzt, aus denen sich besondere Sicherheitsanforderungen und Sorgfaltspflichten ergeben, sowohl für Hersteller als auch für Betreiber von Druckgeräten. Der vorliegende Artikel vermittelt einen Überblick über wichtige Rechtsvorschriften für Druckgeräte und verdeutlicht den Zusammenhang zwischen den gesetzlichen Vorgaben und den für die Konstruktionspraxis relevanten harmonisierten Normen und technischen Regelwerken.

TEXT: Henning Richter

1 Hintergrund

Im Zuge der Harmonisierung der europäischen Rechtsvorschriften und dem Außerkrafttreten des ehemaligen deut-

schen Gerätesicherheitsgesetzes und der Druckbehälterverordnung wurden die gesetzlichen Vorgaben für Druckgeräte neu geregelt. Seit dem 19. Juli 2016 ist im Europäischen Wirtschaftsraum die Richtlinie

2014/68/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt verbindlich anzuwenden. Zudem gilt dort seit dem 16. Juli 2021

die Verordnung (EU) 2019/1020 über Marktüberwachung und die Konformität von Produkten.

Druckgeräte, beispielsweise (befeuerte) Druckbehälter, Rohrleitungen und druckbeaufschlagte Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion, sowie Baugruppen aus mehreren Druckgeräten werden vorwiegend in der chemischen und verfahrenstechnischen Industrie zur Prozessierung von gefährlichen Stoffen (zur Gefahreinstufung von Stoffen vgl. [1]) bei sehr niedrigen oder hohen Temperaturen und erhöhten Betriebsdrücken eingesetzt. Aufgrund der druckbedingten Risiken ergeben sich besondere Sicherheitsanforderungen, Sorgfaltspflichten und Gewährleistungsregelungen in Bezug auf Entwurf, Herstellung und Inverkehrbringen, aber auch Betrieb und Überwachung von Druckgeräten.

Der vorliegende Artikel vermittelt einen Überblick über wichtige Rechtsvorschriften für Druckgeräte und verdeutlicht den Zusammenhang zwischen den gesetzlichen Vorgaben und den für die Konstruktionspraxis relevanten harmonisierten Normen und technischen Regelwerken.

2 Gesetzliche Vorgaben

2.1 Rechtlicher Rahmen

In Deutschland unterliegen Entwurf, Herstellung und Inverkehrbringen von Druckgeräten dem Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz) [2] sowie der Vierzehnten Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Druckgeräteverordnung) [3], welche die Richtlinie 2014/68/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (Druckgeräte-Richtlinie, engl. Pressure Equipment Directive) [4] in nationales Recht umsetzen.

Inverkehrbringen und Betrieb von Druckgeräten sind außerdem den Vorgaben des neuen Gesetzes zur Marktüberwachung und zur Sicherstellung der Konformität von Produkten (Marktüberwachungsgesetz) [5] unterworfen, das der Umsetzung der Verordnung (EU) 2019/1020 über Marktüberwachung und die Konformität von Produkten [6] in nationales Recht dient. Mit Inkrafttreten des Marktüberwachungsgesetzes

wurden das Produktsicherheitsgesetz neu gefasst und die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebs-sicherheitsverordnung) [7] angepasst. Betrieb und wiederkehrende Prüfung von Druckgeräten sind seitdem in einem eigenständigen Gesetz über Überwachungsbedürftige Anlagen [8] geregelt. Der Geltungsbereich der jeweiligen Gesetze und Verordnungen ist in Tabelle 1 aufgeführt.

2.2 Rechtsverbindliche Vorgaben für Druckgeräte

In § 5 Druckgeräteverordnung sind die allgemeinen Pflichten des Herstellers in Bezug auf Entwurf und Herstellung von Druckgeräten festgelegt:

- Für Druckgeräte mit geringem Gefahrenpotenzial, beispielsweise Behälter ohne Überhitzungsrisiko mit einem Druckinhaltsprodukt (Produkt aus maximal zulässigem Druck und Rauminhalt des Behälters) kleiner als 25 barll nach Art. 4 Abs. 3 Druckgeräte-Richtlinie, ist laut § 5 Abs. 2 Druckgeräteverordnung durch den Hersteller sicherzustellen, „wenn er die [...] Druckgeräte oder Baugruppen in den Verkehr bringt oder für eigene Zwecke verwendet, dass sie gemäß der in einem Mitgliedstaat der Europäischen Union geltenden guten Ingenieurpraxis entworfen und hergestellt wurden“ [3], vgl. Tabelle 1.
 Den Leitlinien zur Druckgeräte-Richtlinie zufolge bedeutet „gute Ingenieurpraxis“, dass „Druckgeräte unter Berücksichtigung aller relevanten Faktoren, die ihre Sicherheit beeinflussen, entworfen worden sind. [...] Der Hersteller ist verantwortlich für die Einhaltung der guten Ingenieurspraxis“ [9].
- Für Druckgeräte mit erhöhtem Gefahrenpotenzial, beispielsweise größere Behälter mit einem höheren Druckinhaltsprodukt nach Art. 4 Abs. 1 f. Druckgeräte-Richtlinie, ist darüber hinaus vom Hersteller eine Analyse und Bewertung der gerätespezifischen Risiken vorzunehmen und gemäß § 5 Abs. 1 Druckgeräteverordnung durch ihn sicherzustellen und nachzuweisen, „wenn er die [...] Druckgeräte oder Baugruppen in den Verkehr bringt oder für eigene Zwecke verwendet,

dass sie nach den wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I der Richtlinie 2014/68/EU entworfen und hergestellt wurden“ [3].

Anhang I der Druckgeräte-Richtlinie enthält verbindliche Regelungen zu Entwurf, Herstellung und Überprüfung dieser Druckgeräte. Die darin aufgeführten „wesentlichen Sicherheitsanforderungen sind so zu interpretieren und anzuwenden, dass dem Stand der Technik und der Praxis zum Zeitpunkt der Konzeption und der Fertigung sowie den technischen und wirtschaftlichen Erwägungen Rechnung getragen wird, die mit einem hohen Maß des Schutzes von Gesundheit und Sicherheit zu vereinbaren sind“ [4]. Für Druckgeräte mit erhöhtem Gefahrenpotenzial gelten unter anderem laut Anhang I Nr. 2.2.3. Druckgeräte-Richtlinie die Vorgaben, „[b]ei der Berechnung des Druckraums [...] bei den Werkstoffeigenschaften entsprechende Werte zu verwenden, die sich auf belegte Daten stützen“ sowie „entsprechende Sicherheitsfaktoren“ und „nach vernünftigem Ermessen vorhersehbare[] Verschleißmechanismen (insbesondere Korrosion, Kriechen, Ermüdung)“ zu berücksichtigen [4]. Zudem sind diese Druckgeräte gemäß Anhang I Nr. 3.2. Druckgeräte-Richtlinie einer Abnahme zu unterziehen, die eine Schlussprüfung der Entwurfs- und Herstellungsunterlagen, eine Druckfestigkeitsprüfung und bei Baugruppen eine Prüfung der Sicherheitseinrichtungen umfassen muss.

Die Konformität der Druckgeräte mit erhöhtem Gefahrenpotenzial mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I Druckgeräte-Richtlinie ist laut § 5 Abs. 3 Druckgeräteverordnung durch den Hersteller, in der Regel unter Einbindung einer unabhängigen Konformitätsbewertungsstelle (notifizierten Stelle), mittels eines Konformitätsbewertungsverfahrens nachzuweisen. Der erfolgreiche Nachweis der Konformität ist vom Hersteller durch Ausstellen einer EU-Konformitätserklärung nach Art. 17 Druckgeräte-Richtlinie und Anbringen einer CE-Kennzeichnung am Druckgerät gemäß § 15 Druckgeräteverordnung bzw. Art. 18 f. Druckgeräte-Richtlinie zu dokumentieren, vgl. Tabelle 1.

- Falls ein Hersteller „Grund zu der Annahme [hat], dass ein von ihm in den Verkehr gebrachtes Druckgerät“ nicht

Tabelle 1. Gesetzliche Vorgaben für Druckgeräte.

EU-Recht	Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (DGRL/PED)		Marktüberwachungsverordnung (EU) 2019/1020
Nationales Recht	Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) Druckgeräteverordnung (ProdSV)		Marktüberwachungsgesetz (MüG) Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen (ÜAnIG)
Geltungsbereich	Entwurf, Herstellung und Inverkehrbringen von (stationären) Druckgeräten und Baugruppen mit max. zul. Druck $PS > 0,5$ bar gemäß § 1 ProdSV		Inverkehrbringen, Betrieb und wiederkehrende Prüfung von Druckbehälter- oder Dampfkesselanlagen gemäß §§ 1, 34 ÜAnIG
	Druckgeräte und Baugruppen gemäß Art. 4 Abs. 3 DGRL:	Druckgeräte und Baugruppen gemäß Art. 4 Abs. 1 & 2 DGRL:	
Verantwortungsbereich	Hersteller (Einführer, Händler)	Hersteller (Einführer, Händler)	Betreiber (Hersteller)
Rechtsverbindliche Anforderungen	Auslegung nach „guter Ingenieurpraxis“ (§ 5 Abs. 2 ProdSV)	Auslegung gemäß den wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I DGRL (§ 5 Abs. 1 ProdSV)	Errichtung und Betrieb in Übereinstimmung mit den zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens geltenden Rechtsvorschriften (§ 3 ÜAnIG)
		Analyse und Bewertung der Gefahren und Risiken gemäß Anhang I DGRL	Gefährdungsbeurteilung (§ 4 ÜAnIG)
		Ggf. Werkstoffeinzeltgutachten (PMA) gemäß Anhang I Nr. 4.2 DGRL	Durchführung von Schutzmaßnahmen (§ 5 ÜAnIG)
		Einstufung nach Gefahrenpotenzial gemäß Anhang II DGRL (§ 12 ProdSV)	Beachtung der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
		Konformitätsbewertungsverfahren gemäß Anhang III DGRL (§ 13 ProdSV)	Regelmäßig wiederkehrende Prüfung durch eine zugelassene, unabhängige Überwachungsstelle (§ 7 ÜAnIG)
		EU-Konformitätserklärung erforderlich (Art. 17 DGRL)	
	CE-Kennzeichnung unzulässig (§ 15 Abs. 4 ProdSV)	CE-Kennzeichnung erforderlich (§ 15 Abs. 1-3 ProdSV)	
	Ausreichende Betriebsanleitung (§ 6 Abs. 3 ProdSV)	Ausreichende Betriebsanleitung und Sicherheitsinformationen (§ 6 Abs. 3 ProdSV)	
		Kooperation mit Marktüberwachungsbehörden (§ 18 Abs. 1 ProdSV)	
Unverbindliche Maßnahmen mit Vermutungswirkung	Anwendung von Normen, techn. Regelwerken und zugelassenen Werkstoffen	Anwendung von harmonisierten Normen und europäischen Werkstoffzulassungen (§ 4 ProdSV)	Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) (§ 31 ÜAnIG)
Unverbindliche Maßnahmen ohne Vermutungswirkung		Anwendung von technischen Regelwerken (zum Beispiel AD 2000-Merkblätter)	Anwendung von sicherheitstechnischen Regelwerken (DGUV) und Empfehlungen (EmpfBS)

die Anforderungen der Druckgeräteverordnung erfüllt, „ergreift er unverzüglich die erforderlichen Korrekturmaßnahmen, um die Konformität herzustellen, oder er nimmt das Druckgerät [...] zurück oder ruft [es] zurück. Sind mit dem Druckgerät [...] Risiken verbunden, so hat der Hersteller außerdem unverzüglich die Marktüberwachungsbehörden [...] darüber zu informieren“ [3].

Art. 1 Druckgeräte-Richtlinie enthält weitere Angaben zu deren Geltungsbereich. Die Vorgaben der Druckgeräte-Richtlinie dienen in erster Linie der Minimierung von druckbedingten Risiken. Gehen von einem Druckgerät zusätzliche Risiken aus, beispielsweise durch dessen Aufstellung in einem explosionsgefährdeten Bereich, sind gegebenenfalls weitere Richtlinien zu beachten, etwa die Richtlinie 2014/34/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX-Produkt-Richtlinie) [10].

2.3 Konformitätsbewertungsverfahren

Das Konformitätsbewertungsverfahren bildet ein zentrales Konzept der europäischen Rechtsvorschriften zur Maschinensicherheit, mithilfe dessen der Hersteller die Konformität seines Produkts mit den rechtsverbindlichen Vorgaben während der Entwurfs- und Herstellungsphase nachzuweisen hat. Grundlegende Bestimmungen zur Anwendung des Konformitätsbewertungsverfahrens sind im Beschluss 768/2008/EG über einen gemeinsamen Rechtsrahmen für die Vermarktung von Produkten geregelt [11].

Zur Durchführung des Konformitätsbewertungsverfahrens sind Druckgeräte mit erhöhtem Gefahrenpotenzial zunächst gemäß Art. 13 und Anhang II Druckgeräte-Richtlinie in Abhängigkeit von Druckinhaltsprodukt und Stoffgruppe in eine Konformitätsbewertungskategorie einzustufen. Anschließend ist gemäß Art. 14 Druckgeräte-Richtlinie ein der anzuwendenden Konformitätsbewertungskategorie entsprechendes Konformitätsbewertungsmodul auszuwählen. Das Konformitätsbewertungsmodul definiert die Pflichten des Herstellers während der Entwurfs- und Herstellungsphase sowie Art und Umfang der Beteiligung einer unabhängigen Kon-

formitätsbewertungsstelle (notifizierten Stelle). Schließlich ist für das gewählte Konformitätsbewertungsmodul die Konformitätsbewertung gemäß Anhang III Druckgeräte-Richtlinie vorzunehmen. Die wesentlichen Schritte des Konformitätsbewertungsverfahrens sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Bei Einbindung einer Konformitätsbewertungsstelle (notifizierten Stelle) erteilt diese nach Prüfung der Konformität gemäß des zugrunde liegenden Konformitätsbewertungsmoduls eine Baumusterprüfbescheinigung, Entwurfsprüfbescheinigung oder Konformitätsbescheinigung. Den erbrachten Konformitätsnachweis dokumentiert der Hersteller durch Ausstellen einer EU-Konformitätserklärung und Anbringen einer CE-Kennzeichnung und übernimmt damit die alleinige Verantwortung für die Konformität seines Druckgeräts mit den Vorgaben der zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens anzuwendenden europäischen Rechtsvorschriften.

2.4 Notifizierte Stelle

Eine notifizierte Stelle ist eine staatlich benannte und überwachte, unabhängige Organisationen, die für Druckgeräte mit erhöhtem Gefahrenpotenzial gemäß Art. 4 Abs. 1 f. Druckgeräte-Richtlinie und entsprechender Konformitätsbewertungskategorie nach Anhang II Druckgeräte-Richtlinie auf Antrag des Herstellers Konformitätsbewertungstätigkeiten wahrnimmt. Zu den Aufgaben der notifizierten Stelle im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens gemäß Anhang III Druckgeräte-Richtlinie zählen u. a. die Prüfung von technischem Entwurf, eingesetzten Werkstoffen und Fertigungsverfahren, die Abnahme von Baumustern oder einzelnen Druckgeräten, die Bewertung und Überwachung des Qualitätssicherungssystems des Herstellers und die Zulassung von Arbeitsverfahren zur Ausführung von dauerhaften Werkstoffverbindungen [4].

Die Anforderungen an eine notifizierte Stelle sind in §§ 13 ff. Produktsicherheitsgesetz bzw. Art. 24 ff. Druckgeräte-Richtlinie festgelegt. Laut § 13 Abs. 3 Produktsicherheitsgesetz darf die notifizierte Stelle nicht „direkt an Entwurf, Herstellung oder Bau, Vermarktung, Installation, Verwendung oder Wartung“ von Druckgeräten beteiligt sein und „sich nicht mit Tätigkeiten befassen, die ihre Unabhängigkeit bei der Beurteilung oder ihre

Integrität im Zusammenhang mit den Konformitätsbewertungstätigkeiten beeinträchtigen können. Dies gilt insbesondere für Beratungsdienstleistungen“ [2].

Die notifizierte Stelle übt die Konformitätsbewertungstätigkeiten auf der Grundlage des Anhangs I Druckgeräte-Richtlinie und der entsprechenden harmonisierten Normen aus. Sie ist gemäß Art. 34 Druckgeräte-Richtlinie verpflichtet, bei Konformitätsbewertungstätigkeiten „ein solches Schutzniveau ein[zuhalten], wie es für die Konformität des Druckgeräts mit den Anforderungen dieser Richtlinie erforderlich ist“ [4] und bei festgestellter Nichtkonformität den Hersteller zu Korrekturmaßnahmen aufzufordern sowie gegebenenfalls die Konformitätsbescheinigung zu verweigern oder zu entziehen. Die notifizierte Stelle ist nicht befugt, mit dem Hersteller ein niedrigeres Schutzniveau zu vereinbaren. Hersteller, die sich auf derartige Vereinbarungen mit einer notifizierte Stelle berufen, ohne die Einhaltung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I Druckgeräte-Richtlinie nachweisen zu können, verletzen § 7 Produktsicherheitsgesetz.

2.5 Sanktionen

Art. 47 Druckgeräte-Richtlinie sieht Sanktionen für Verstöße gegen die gesetzlichen Vorgaben für Druckgeräte vor. Die entsprechenden Tatbestände sowie Straf- und Bußgeldvorschriften sind in § 22 Druckgeräteverordnung in Verbindung mit §§ 28 f. Produktsicherheitsgesetz geregelt. Demnach kann wiederholtes, vorsätzliches oder fahrlässiges Zuwiderhandeln strafrechtliche Konsequenzen, bei Gefährdung von Leben oder Gesundheit gemäß § 29 Produktsicherheitsgesetz bis hin zu Geld- oder Freiheitsstrafen, nach sich ziehen [2, 3]. Ein vergleichbarer Strafrahmen wird in §§ 32 f. des Gesetzes über überwachungsbedürftige Anlagen definiert [8].

3 Harmonisierte Normen und technische Regelwerke

Produktsicherheitsgesetz, Druckgeräteverordnung und Druckgeräte-Richtlinie enthalten wesentliche Sicherheitsanforderungen für Entwurf, Herstellung und Inverkehrbringen von Druckgeräten, aber keine Verpflichtung zur Anwendung von harmonisierten Normen oder technischen Regelwerken [2, 12]. Ein Verweis auf die

Tabelle 2. Konformitätsbewertungsverfahren für Druckgeräte.

Konformitätsbewertungsschritte		Verantwortungsbereich
Einteilung der zu prozessierenden Stoffe in Gruppe 1 oder Gruppe 2 gemäß Art. 13 DGRL		Hersteller
Ermittlung der Konformitätsbewertungskategorie I, II, III oder IV und Auswahl eines entsprechenden Konformitätsbewertungsmoduls gemäß Art. 14 und Anhang II DGRL		Hersteller
Kategorie I	Modul A	
Kategorie II	Modul A2 Modul D1 Modul E1	
Kategorie III	Module B (Entwurfsmuster) und D Module B (Entwurfsmuster) und F Module B (Baumuster) und E Module B (Baumuster) und C2 Modul H	
Kategorie IV	Module B (Baumuster) und D Module B (Baumuster) und F Modul G Modul H1	
Durchführung der Konformitätsbewertung in Abhängigkeit vom Konformitätsbewertungsmodul gemäß Anhang III DGRL		Hersteller und Konformitätsbewertungsstelle (notifizierte Stelle)
Ausstellen einer Baumusterprüfbescheinigung, Entwurfsprüfbescheinigung oder Konformitätsbescheinigung gemäß Modul		Konformitätsbewertungsstelle (notifizierte Stelle)
Ausstellen einer EU-Konformitätserklärung gemäß Art. 17 DGRL		Hersteller
Anbringen einer CE-Kennzeichnung gemäß Art. 18, 19 DGRL		Hersteller

Anwendung von harmonisierten Normen kann lediglich den Nachweis der Konformität mit den entsprechenden Sicherheitsanforderungen nach Anhang I Druckgeräte-Richtlinie im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens erleichtern (Konformitätsvermutung gemäß § 4 Druckgeräteverordnung bzw. Art. 12 Druckgeräte-Richtlinie), entbindet den Hersteller aber nicht von seinen Pflichten gemäß § 5 Druckgeräteverordnung bzw. Art. 6 Druckgeräte-Richtlinie.

Harmonisierte Normen für Druckgeräte werden im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht [2, 4]. Außerdem verweist die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin auf ihrer Webseite auf entsprechende Verzeichnisse der harmonisierten Normen gemäß § 4 Abs. 2 Produktsicherheitsgesetz und der nationalen DIN-Normen gemäß § 5 Abs. 2 Produktsicherheitsgesetz, die eine Vermutungswirkung entfalten können [13, 14]. Für unbefeuerte Druckgeräte sind in ers-

ter Linie die europäischen Normen der Reihe EN 13445 relevant, die vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) mit Sitz in Brüssel erarbeitet werden. Wie alle Regelwerke unterliegt auch die Normenreihe EN 13445 der ständigen Weiterentwicklung. So sind beispielsweise in der aktuellen Fassung der harmonisierten Normen EN 13445-2 (Teil 2: Werkstoffe) [15] und EN 13445-3 (Teil 3: Konstruktion) [16] bislang keine Anforderungen an Entwurf und Herstellung von Druckgeräten aus nichtmetallischen Werkstoffen mit vergleichsweise geringer Duktilität wie Glas oder Elektrographit enthalten. Derartige Werkstoffe können nur anhand von Werkstoff-Einzelgutachten gemäß Anhang I Nr. 4.2 Druckgeräte-Richtlinie zur Herstellung von drucktragenden Teilen zugelassen werden [4].

Die nationalen AD 2000-Merkblätter der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter bilden ein technisches Regelwerk und erfüllen nicht den Status einer harmoni-

sierten Norm [17]. Die Anwendung von AD 2000-Merkblättern zur Auslegung von Druckgeräten ist folglich nicht ausreichend, um eine Konformitätsvermutung im Sinne von § 4 Druckgeräteverordnung bzw. Art. 12 Druckgeräte-Richtlinie auszulösen [18]. Vielmehr „muss [der Hersteller] in seinen technischen Unterlagen beschreiben, welche Lösung er gewählt hat, um die grundlegenden Anforderungen der [Druckgeräte-Richtlinie] zu erfüllen“ [19] und die Einhaltung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen anhand der EU-Konformitätserklärung bestätigen (Tabelle 1). Mit der Ausstellung der EU-Konformitätserklärung übernimmt der Hersteller gemäß Art. 17 Abs. 4 Druckgeräte-Richtlinie die „Verantwortung für die Konformität des Druckgeräts oder der Baugruppe mit den Anforderungen dieser Richtlinie“ [4].

Grundsätzlich ist bei der Anwendung von Normen und technischen Regelwerken deren Status, Aktualität und Rechtsverbindlichkeit zu berücksichtigen: „DIN-Vorschriften und sonstige technische Regelwerke [...] haben [...] nicht schon kraft ihrer Existenz die Qualität von anerkannten Regeln der Technik und begründen auch keinen Ausschließlichkeitsanspruch“ [20]. DIN-Normen sind laut eines Urteils des Bundesgerichtshofs „keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter. Sie können die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben oder hinter diesen zurückbleiben“ [21].

Hinsichtlich der Anwendung von Normen verweist das DIN Deutsche Institut für Normung e. V. darauf, dass „[j]eder deliktische Mensch [...] sein Handeln (Tun und Unterlassen) selbst zu verantworten [hat]. Der Anwender einer DIN-Norm ist davon nicht ausgenommen. Daher wird er beim Anwenden einer DIN-Norm insbesondere beachten müssen“, dass die Norm „nicht einzige, sondern nur eine Erkenntnisquelle für technisch-ordnungsgemäßes Verhalten im Regelfall ist“ und sich „das Anwenden der Norm wider besseres eigenes Wissen verbietet (z. B. wegen einer fehlerhaften technischen Angabe in einer Norm; wegen möglicher Verletzung von Rechten anderer, insbesondere gewerblicher Schutzrechte; wegen möglichen Verstoßes gegen Rechtsvorschriften)“ [22].

Rechtsverbindlichkeit können Normen erlangen, wenn in Rechtsnormen oder Verwaltungsvorschriften auf sie verwiesen

wird oder wenn die Anwendung einer Norm vertraglich vereinbart wurde [23]. Allerdings sind auch in diesen Fällen übergeordnete Rechtsvorschriften zu beachten. Maßgebend für Entwurf, Herstellung und Inverkehrbringen von Druckgeräten bleiben die Vorgaben der Druckgeräterichtlinie [4].

4 Zusammenfassung

Die Anforderungen an Entwurf, Herstellung und Inverkehrbringen von Druckgeräten im Europäischen Wirtschaftsraum sind in der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU und der Verordnung (EU) 2019/1020 über Marktüberwachung und die Konformität von Produkten rechtsverbindlich geregelt.

In Deutschland sind das Produktsicherheitsgesetz und die Druckgeräteverordnung anzuwenden. Die allgemeinen Pflichten des Herstellers von Druckgeräten sind in § 5 Druckgeräteverordnung festgelegt. Dazu zählt insbesondere die Einhaltung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen nach Anhang I Druckgeräterichtlinie für Druckgeräte mit erhöhtem Gefahrenpotenzial. Die Betreiberpflichten regelt das Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen.

Harmonisierte Normen und technische Regelwerke wie die AD 2000-Merkblätter der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter besitzen keine Rechtsverbindlichkeit. Die Anwendung von harmonisierten, im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlichten Normen kann – aufgrund der Konformitätsvermutung gemäß § 4 Druckgeräteverordnung – den Nachweis der Konformität eines Druckgeräts mit den Sicherheitsanforderungen nach Anhang I Druckgeräterichtlinie vereinfachen, ersetzt aber nicht die Herstellerpflichten gemäß § 5 Druckgeräteverordnung. Die Aktualität und tatsächliche Vermutungswirkung einer harmonisierten Norm sollten deshalb im Einzelfall überprüft werden, um Haftungsrisiken zu minimieren. Technische Regelwerke wie die AD 2000-Merkblätter entfalten keine Vermutungswirkung im Sinne von § 4 Druckgeräteverordnung oder § 5 Abs. 2 Produktsicherheitsgesetz. ■

- ckung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (ABl. L 353 vom 31.12.2008, S. 1)
- [2] Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG) vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146, 3147)
- [3] Vierzehnte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Druckgeräteverordnung – 14. ProdSV) vom 13. Mai 2015 (BGBl. I S. 692), geändert durch Artikel 28 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146)
- [4] Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (Druckgeräterichtlinie – DGRL, ABl. L 189 vom 27.06.2014, S. 164; L 157 vom 23.06.2015, S. 112)
- [5] Gesetz zur Marktüberwachung und zur Sicherstellung der Konformität von Produkten (Marktüberwachungsgesetz – MüG) vom 09. Juni 2021 (BGBl. I S. 1723)
- [6] Verordnung (EU) 2019/1020 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über Marktüberwachung und die Konformität von Produkten sowie zur Änderung der Richtlinie 2004/42/EG und der Verordnungen (EG) Nr. 765/2008 und (EU) Nr. 305/2011 (ABl. L 169 vom 25.06.2019, S. 1)
- [7] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146)
- [8] Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen (ÜAnlG) vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146, 3162)
- [9] Leitlinien zu Druckgeräterichtlinie (DGRL) 2014/68/EU, Leitlinie I-01, S. 184, Stand 05.01.2021, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/41641> (aufgerufen am 01.03.2023)
- [10] Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX-Produkttrichtlinie, ABl. L 96 vom 29.03.2014, S. 309)
- [11] Beschluss Nr. 768/2008/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über einen gemeinsamen Rechtsrahmen für die Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung des Beschlusses 93/465/EWG des Rates (ABl. L 218 vom 13.08.2008, S. 82)
- [12] Art. 2 Nr. 1 Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur europäischen Normung, zur Änderung der Richtlinien 89/686/EWG und 93/15/EWG des Rates sowie der Richtlinien 94/9/EG, 94/25/EG, 95/16/EG, 97/23/EG, 98/34/EG, 2004/22/EG, 2007/23/EG, 2009/23/EG und 2009/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung des Beschlusses 87/95/EWG des Rates und des Beschlusses Nr. 1673/2006/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 316 vom 14.11.2012, S. 12)
- [13] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Normen gemäß Druckgeräteverordnung – 14. ProdSV – Verzeichnis 1: Harmonisierter Bereich, Stand Oktober

- 2022, <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Gesetzliche-und-hoheitliche-Aufgaben/Produktsicherheitsgesetz/pdf/Normen-14-ProdSV.pdf> (aufgerufen am 02.03.2023)
- [14] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Normen und andere technische Spezifikationen nach dem Produktsicherheitsgesetz – ProdSG – Verzeichnis 2: Nicht harmonisierter Bereich, Stand Dezember 2022, <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Gesetzliche-und-hoheitliche-Aufgaben/Produktsicherheitsgesetz/pdf/Verzeichnis-2-1.pdf> (aufgerufen am 02.03.2023)
- [15] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN 13445-2:2021-12 Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 2: Werkstoffe, Ausgabe Dezember 2021
- [16] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN 13445-3:2021-12 Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion, Ausgabe Dezember 2021
- [17] TÜV-Verband e. V., AD 2000-Merkblatt Z 1 – Leitfaden zur Erfüllung der wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie bei Anwendung der AD 2000-Merkblätter für Druckbehälter, Rohrleitungen und Ausrüstungsteile, Ausgabe Juni 2017
- [18] AD-Geschäftsstelle im TÜV-Verband, Das AD 2000-Konzept im Vergleich zu anderen Regelwerken/Normen, Stand 27. September 2021, https://www.tuev-verband.de/fileadmin/user_upload/Vorteile_AD_2000_2021-09-27.pdf (aufgerufen am 01.03.2023)
- [19] Leitlinien zu Druckgeräterichtlinie (DGRL) 2014/68/EU, Leitlinie I-05, S. 188, Stand 05.01.2021, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/41641> (aufgerufen am 01.03.2023)
- [20] Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 30.09.1996, Az. 4 B 175.96
- [21] Bundesgerichtshof, Urteil vom 14.05.1998, Az. VII ZR 184/97
- [22] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Grundsätze für das Anwenden von DIN-Normen, Stand 04.01.2012, <http://www.beuth.de/resource/blob/82394/83a19d5d513195635ae951c975c709d0/anwendenvon-din-normen-data.pdf> (aufgerufen am 03.03.2023)
- [23] Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, WD 7 – 3000 – 198/19 DIN-Normen und Rechtssetzung (Sachstand), 11.12.2019

Literaturverzeichnis

- [1] Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpa-



Dr.-Ing. **Henning Richter**

ist Berechnungs- und Regelwerkexperte für keramische Werkstoffe und Druckgeräte.

mote3d@quantentunnel.de

Entwicklung einer Modellkette für die Verschleißprognose von Planetenradgleitlagern in Windenergieanlagen unter Berücksichtigung von Verformung und Dynamik des Antriebsstrangs

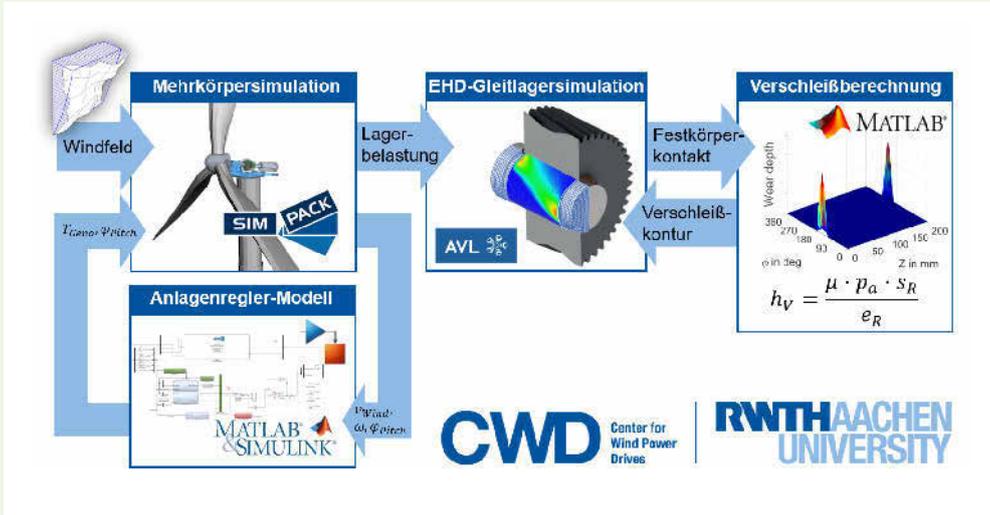


Bild 1: Im Projekt JB4WT entwickelte Modellkette für die Berechnung von Verschleiß an gleitgelagerten Planetenrädern in Windenergieanlagen. *Grafik: Verfasser*

Die Windenergie ist bereits eine der tragenden Säulen der regenerativen Stromgewinnung. Um die Wirtschaftlichkeit und somit den weiteren Ausbau von Windenergieanlagen (WEA) realisieren zu können werden neue Anlagengenerationen mit steigender Leistungsdichte und somit niedrigeren Stromgestehungskosten erforderlich.

Gleitlager – Potenzial für verbesserte Anlagenperformance

Zur Erhöhung der Leistungsdichte moderner WEA-Triebstränge wird in den verbauten Planetengetrieben die Größe der Planetenräder reduziert und gleichzeitig die Anzahl der Planetenräder erhöht. Da der Bauraum für die Lagerung der Planetenräder beschränkt ist, werden anstelle von Wälzlagern vermehrt Gleitlager zur Lagerung der Planetenräder aufgrund ihres geringen radialen Bauraums eingesetzt. Gleitgelagerte Planetenräder sind in der Windindustrie bereits verfügbar, allerdings ist die Prognosegüte des Verschleißes von Gleitlagern insgesamt

wenig quantifiziert. Zusätzlich sind die Erfahrungen hinsichtlich des Einsatzes von Gleitlagern in WEA über die Anlagen-Gesamtlebensdauer von bis zu 30 Jahren bislang nicht vorhanden. Darüber hinaus resultieren unetwändige Windverhältnisse in häufigen Anfahrvorgängen der WEA oder niedrigen Drehzahlen. Derartige Betriebszustände sind für Gleitlager hinsichtlich des Verschleißes von besonderer Relevanz. Um eine Beschädigung der Gleitlager zu vermeiden, müssen diese Betriebspunkte bereits bei der Auslegung berücksichtigt werden. Im Projekt JB4WT am Center for Wind Power Drives (CWD) in Aachen wird daher mittels der Entwicklung einer Modellkette für die Prognose von abrasivem und adhäsivem Verschleiß der Planetenradgleitlager in WEA der Rahmen für den Einsatz von Gleitlagern in WEA-Getrieben geschaffen. Ziel des Projekts JB4WT ist, den zuverlässigen Betrieb gleitgelagerter Planetenräder in WEA sicherzustellen. Die im Projekt entwickelte Modellkette baut auf

einer neuartigen, am Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung der RWTH Aachen University entwickelten Methodik zur Verschleißprognose auf, deren Funktion bereits an Gleitlagern im Start-Stopp-Betrieb von Verbrennungsmotoren bewiesen wurde [1]. Die existierende Methode wird im Rahmen von JB4WT so erweitert, dass die aus Verformung resultierende Schiefstellung der Gleitlager berücksichtigt werden kann. Darüber hinaus wird die erweiterte Methode durch Abgleich mit anwendungsnahen Experimenten abgesichert.

Modellkette für Verschleißberechnungen mit Berücksichtigung von Verformungen

Die im Rahmen von JB4WT entwickelte Modellkette verknüpft mehrere Simulationsmodelle miteinander, welche die Berücksichtigung von windlastbedingter Verformung im Antriebsstrang zulassen. Mittels der Verknüpfung der Simulationsmodelle wird zudem eine simulative Abbil-

dung der Reaktionskette „Windlast --> Kontaktzustand im Gleitlager --> resultierender Verschleiß“ möglich. Die Modellkette wurde für das Fallbeispiel eines realen WEA-Triebstrangs aufgebaut und ist in Bild 1 dargestellt. Die aufgebaute Modellkette besteht aus einem Mehrkörper-WEA-Modell, einem elasto-hydrodynamischen (EHD) Gleitlagermodell und einem Verschleißmodell, welche untereinander Schnittstellen zur Datenweitergabe besitzen. Die Mehrkörpersimulation der WEA erfolgt in einer Co-Simulation mit der Reglerdynamik der Anlage in Matlab Simulink, wodurch eine Ermittlung der Lasten innerhalb eines WEA-Triebstrangs, welche aus der anlagenspezifischen Reglerdynamik resultieren, ermöglicht wird. Durch die Aufprägung von Kräften auf die Rotorblätter, die aus vorgegebenen Windfeldern berechnet werden, kann ein möglichst realistisches Anlagenverhalten simuliert werden. Mit dem Mehrkörper-WEA-Modell werden somit für die Gleitlagerauslegung relevante Lastfälle wie Anlagenstart, -stopp und Turbulenzeinflüsse abgebildet. Die aus der Mehrkörpersimulation stammenden Lasten werden dann in einer darauffolgenden Simulation auf ein EHD-Modell des Planetenradgleitlagers überführt. Das EHD-Modell berücksichtigt neben der Strukturverformung des Bolzens und des Planetenrads die Strukturverformung des Planetenträgers und ermöglicht auf diese Weise eine Ermittlung kritischer Kontaktzustände im Gleitlager. Kritische Kontaktzustände können bei Berührung der Rauheitsspitzen innerhalb des Gleitlagers vorliegen und zum Verschleiß führen. Der Verschleiß führt

Alle Newsletter kostenfrei

zunächst in der Einlaufphase zu einer Kontur- und Rauigkeitsänderung des Gleitlagers. Während und nach der Einlaufphase ist insbesondere infolge von adhäsivem Verschleiß die Gefahr für einen Totalausfall des Gleitlagers gegeben. Die vom EHD-Modell errechneten verschleißbeeinflussenden Größen wie beispielsweise lokaler Festkörperkontakt- druck, hydrodynamischer Druck und Scherspannung werden daher dem Verschleißmodell übergeben, anhand dessen die Verschleißtiefe der Lagerkontur errechnet wird. Die hieraus resultierende Änderung der Lagerkontur wird in die EHD-Berechnung zurückgespielt. Die Konturänderung nimmt wiederum einen Einfluss auf den sich ausbildenden Druck im Gleitlager und damit auf den weiteren Verschleißfortschritt durch Abrasion und Adhäsion. Der Datenaustausch zwischen EHD-Modell und Verschleißmodell erfolgt in regelmäßigen Abständen (bspw. nach Erreichen einer Verschleißtiefe von $\frac{1}{2}$ Ra). Auf diese Weise resultiert eine iterative Berechnung des Verschleißfortschritts. Diese endet, sobald sich eine konstante Einlaufkontur, Einlaufrauigkeit und Betriebstemperatur eingestellt haben. Die Berechnung des Verschleißfortschritts endet weiterhin, sobald eine zuvor definierte kritische Verschleißtiefe des Gleitlagers (bspw. vollständiger Abrieb der Gleitlagerbeschichtung) oder eine kritische Temperatur erreicht werden.

Validierung und Steigerung der Modellgüte

Im weiteren Verlauf des Projekts werden experimentelle Versuche durchgeführt, um die Berechnungen der Modellkette zu validieren. Die Validierung der Verschleißtiefe, welche sich im Gleitlager einstellt, erfolgt auf Lagerprüfständen, Getriebeprüfständen und auf einem 4MW-Prüfstand zum Testen von WEA-Gondeln. Am Lagerprüfstand werden darüber hinaus

Verschleißparameter ermittelt und Einflussfaktoren auf den Lagerverschleiß wie Werkstoff, Oberflächenrauheit oder Lagergeometrie untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse werden für die Parametrierung der Modellkette genutzt. Auf dem Getriebeprüfstand werden neben der Validierung Einflüsse der Komponentenverformung untersucht. Schließlich werden die mit der Modellkette berechneten Gleitlagerkontaktzustände auf dem 4MW-Gondelprüfstand mit Hilfe verschiedener Sensorsysteme validiert.

Ausblick

Neben der Modellkette bildet die Erstellung eines Zustandsüberwachungssystems von Planetenradgleitlagern ein weiteres Ziel von JB4WT. Das Zustandsüberwachungssystem soll eine zuverlässige und frühzeitige Detektion von gleitlagerschädigenden Betriebszuständen ermöglichen. Die Modellkette und das Zustandsüberwachungssystem bilden auf diese Weise den Rahmen für den Einsatz von Gleitlagern als Planetenradlagerung in WEA, indem sie verschiedene Möglichkeiten der Verschleißbetrachtung darstellen und Fragestellungen bezüglich der Simulation, der Zustandsüberwachung und der Ölverträglichkeit klären.

Literatur

[1] König, F.: Prognose des Verschleißverhaltens ölgeschmierter Gleitlager: Wear Prediction of Plain Bearings under Mixed Friction Conditions, Dissertation, RWTH Aachen University, 2020

Benjamin Lehmann M.Sc.
Thomas Decker M.Sc.
Mattheüs Lucassen M.Sc.
Dr.-Ing. **Francisco Gutiérrez Guzmán**
Dr.-Ing. **Dennis Bosse**
Prof. Dr.-Ing. **Georg Jacobs**

Center for Wind Power Drives,
RWTH Aachen

Immer auf dem neuesten Stand:
Mit VDI Fachmedien-Newsletter

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.

Jetzt auswählen und bestellen!



Technikwissen für Ingenieur*innen

ingenieur.de/news

Warum das nächste iPhone wieder nicht aus Deutschland kommt: Der Zusammenhang zwischen Entwicklungsmethodik und radikalen Produktinnovationen

Ein Vergleich zwischen Stanford und Deutschland

F. Kopenhagen, C. H. Wecht

INHALT In diesem Beitrag wird der Zusammenhang zwischen der Entwicklungsmethodik und der Generierung radikaler Produktinnovationen untersucht. Es zeigt sich, dass die an der Stanford Universität entwickelte „ME310“-Entwicklungsmethodik im Gegensatz zur VDI 2221 eine Koevolution von Problem- und Lösungsraum vorsieht und damit die Entwicklung eines grundlegend neuen Problemverständnisses unterstützt, aus dem radikale Innovationen hervorgehen können. Die Autoren leiten daraus Ansätze für die Weiterentwicklung der Entwicklungsmethodik und das Curriculum des Maschinenbaustudiums in Deutschland ab.

Why the next iPhone won't come from Germany again: The connection between design methodology and radical product innovations

A comparison between Stanford und Germany

ABSTRACT This paper investigates the relationship between engineering design methodology and the generation of radical product innovations. It is shown that, in contrast to VDI 2221, the ME310 engineering design methodology developed at Stanford University, allows for a co-evolution of problem and solution space, thus supporting the development of a fundamentally new understanding of problems from which radical innovations can emerge. From this, the authors derive approaches for the further development of the engineering design methodology and the curriculum of mechanical engineering studies in Germany.

1 Einleitung

Zu Beginn ihres Forschungssemesters am Center for Design Research der Stanford Universität trafen die Autoren dieses Beitrages auf einen Maschinenbaustudenten der RWTH Aachen, der seine Masterarbeit an der Stanford Universität anfertigte und bereits über mehrere Monate hinweg einen vertieften Einblick in die dortige Entwicklungsmethodik und ihre handlungsleitenden Paradigmen gewonnen hatte. Nach seinen wesentlichen Eindrücken und Erkenntnissen befragt, die sich insbesondere auf den Vergleich der Entwicklungsmethodik zwischen Stanford und Deutschland bezogen, zog dieser Studierende ein einfaches, aber zugleich prägnantes Fazit: „Wenn ich eine komplexe Maschine bis ins Detail perfekt auskonstruiert haben möchte, dann würde ich dies immer in Deutschland machen lassen. Aber das nächste iPhone kommt trotzdem nicht aus Deutschland.“ Bei den Autoren hat diese Aussage nachhaltigen Eindruck hinterlassen und sie während ihres gesamten Forschungsaufenthaltes in Stanford begleitet. Warum ist die von dem Studierenden in Deutschland verortete ingenieurwissenschaftliche Exzellenz, die sich in dieser Aussage widerspiegelt, nicht hinreichend für die Entwicklung disruptiver Innovationen, für die

das iPhone in diesem Zitat als generische Referenz steht? Der Unterschied zwischen dem Silicon Valley, dessen innovatives und wissenschaftliches Herz die Stanford Universität ist, und Deutschland in Bezug auf die Fähigkeit, radikale Innovationen hervorzubringen, wurde bereits vielfach diskutiert. Bei der Benennung der Ursachen für die größere Innovationskraft des Silicon Valley dominieren dabei stets die bessere Verfügbarkeit von Risikokapital, eine weniger stark regulierte Wirtschafts- und Gewerbeordnung sowie ein genereller Kultur- und Mentalitätsunterschied, der sich in einer größeren Risikobereitschaft sowie einer positiven Fehlerkultur ausdrückt (vgl. z. B. [1]). Obwohl alle vorgenannten Gründe wichtige contribuiende Faktoren darstellen, gibt es nach Ansicht der Autoren noch einen weiteren – vielleicht entscheidenden – Einflussfaktor, der bislang in dieser Diskussion keine Berücksichtigung fand, nämlich die in Deutschland vorherrschende Trennung von Problemverständnis und Lösungsentwicklung im Kontext der Neuproduktentwicklung, die sich sowohl in der Entwicklungsmethodik als auch im akademischen Diskurs und den Entwicklungsprozessen der betrieblichen Praxis zeigt. Der vorliegende Aufsatz soll zur Entwicklung eines neuen Problemverständnisses beitragen, das zu neuen Lösungen führen kann.

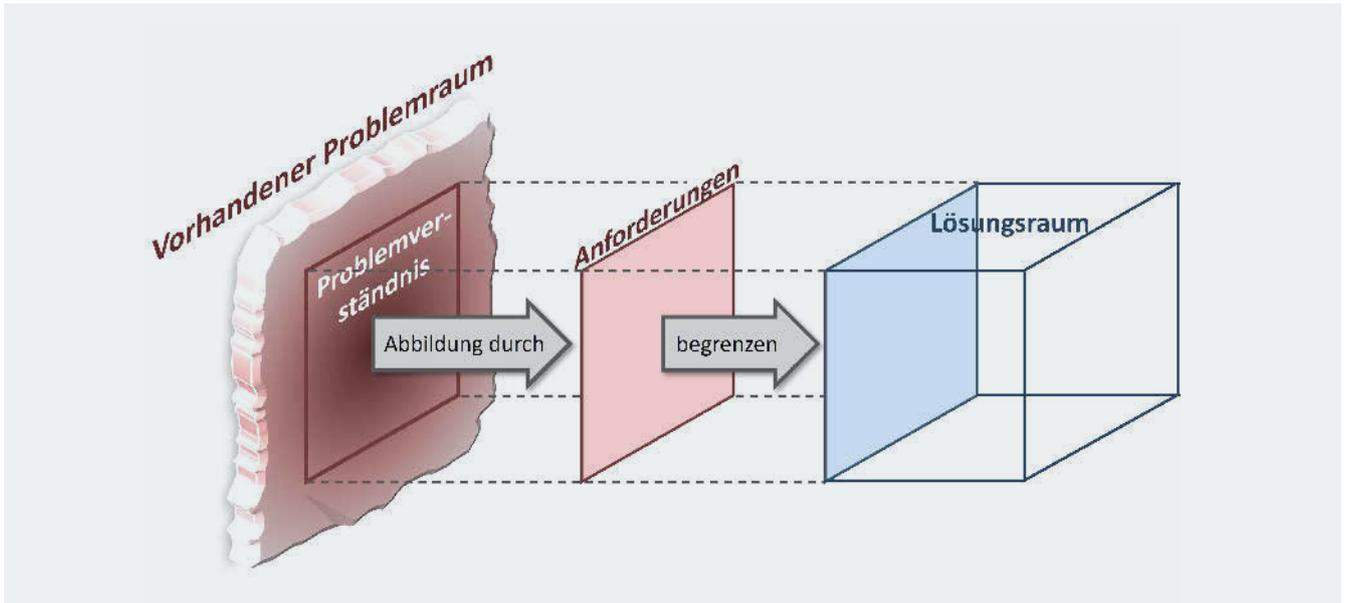


Bild 1. Problem- und Lösungsraum in der Produktentwicklung (vgl. auch [4]). Grafik: HAW Hamburg

2 Problem- und Lösungsraum in der Produktentwicklung

Produktentwicklungsprozesse sind kreative Problemlösungsprozesse, bei denen bereits das zugrunde liegende Problem häufig nicht klar und abschließend definiert werden kann. Damit ist sowohl der Problemraum, als kognitiver Verständnisraum, als auch der Lösungsraum, als technischer Möglichkeitsraum, grundsätzlich offen. Die Entwicklung von Problem- und Lösungsraum bedingt sich dabei gegenseitig, da das Problemverständnis von den bekannten oder denkbaren Lösungsmöglichkeiten abhängt [3]. Die Entwicklung eines Problemverständnisses und seine Abbildung durch Anforderungen auf unterschiedlichen Aggregationsebenen ist damit ein erster kreativer Akt, der den Lösungsraum begrenzt und bereits eine erste Vision der anzustrebenden Lösung enthält (Bild 1).

Ein Produktentwicklungsprozess kann somit als Transformationsprozess beschrieben werden, bei dem ausgehend von einem tatsächlichen Nutzerbedürfnis zunächst ein Problemverständnis entwickelt und mithilfe von Anforderungen abgebildet werden muss, bevor die eigentliche Lösung entwickelt werden kann, die schließlich das Nutzerbedürfnis befriedigen soll (Bild 2). Bei jedem Schritt dieses Transformationsprozesses kann es zu Abweichungen und Informationsverlusten kommen, die zu einer späteren Inkongruenz zwischen dem Entwicklungsergebnis und dem Nutzerbedürfnis führen können.

Die Entwicklung radikaler Innovationen erfordert in der Regel ein neues Verständnis des zugrunde liegenden Problems und der mit ihm verbundenen Nutzerbedürfnisse [5]. Da Problem- und Lösungsraum aber keine getrennten Sphären, sondern zwei Seiten derselben Medaille sind, bildet sich ein umfassendes und tiefgehendes Problemverständnis häufig erst während der Entwicklung konkreter Lösungen heraus. Grundlegende Innovationen entstehen daher in der Regel durch eine parallele iterative Entwicklung von Problemverständnis und -lösung, die von einer

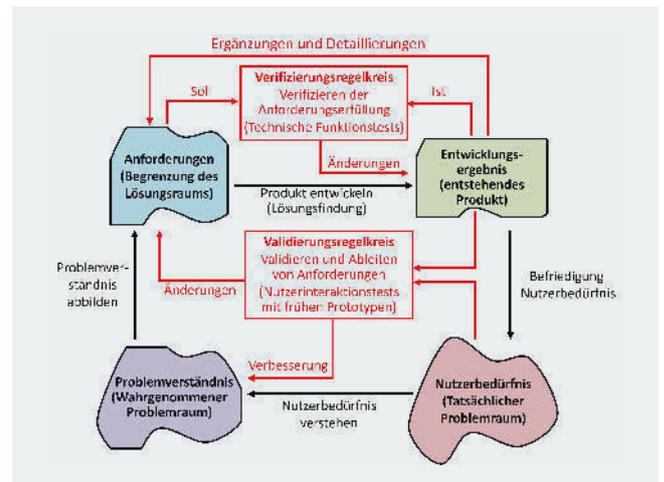


Bild 2. Verifizierungs- und Validierungsregelkreis in einem agilen Entwicklungsprozess. Grafik: HAW Hamburg

stringenten Nutzerzentrierung geleitet wird. Diese „Koevolution von Problem- und Lösungsraum“ [6] stellt das entwicklungsmethodische Grundprinzip agiler Produktentwicklungsverfahren wie Design

„The situation is complex and uncertain, and there is a problem in finding the problem“ [2]

Thinking dar und wird in dem beschriebenen Transformationsprozess durch zwei Regelkreise gesteuert: einem Validierungsregelkreis und einem Verifizierungsregelkreis (Bild 2) (vgl. auch [7]). Der Validierungsregelkreis wird zwischen dem Entwicklungsobjekt und dem tatsächlichen

Nutzerbedürfnis etabliert. Hierbei werden von Beginn an Nutzerinteraktionstests durchgeführt, in denen Prototypen unterschiedlichen Umfangs und Auflösungsgrades verschiedene Aspekte des entstehenden Produktes repräsentieren, um Nutzerbedürfnisse zu verstehen sowie Anforderungen abzuleiten und zu validieren. Der Validierungsregelkreis bestimmt die nutzerzentrierte Entwicklung des Pro-

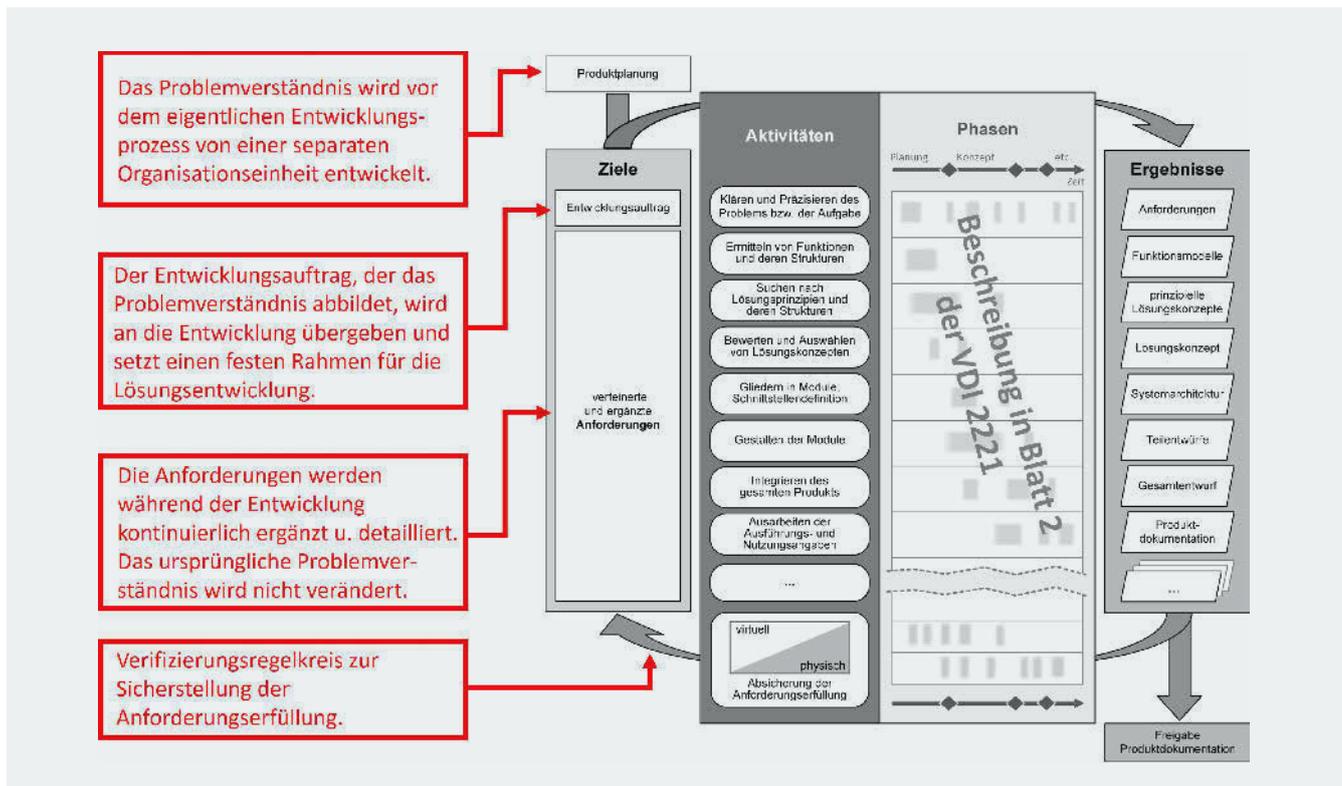


Bild 3. Allgemeines Modell der Produktentwicklung nach VDI 2221 [9] (Ergänzungen der Autoren in rot). Grafik: HAW Hamburg

blemverständnisses und definiert damit die grundlegende Richtung der Entwicklungsbemühungen. Er verhindert eine Diskrepanz zwischen dem Entwicklungsergebnis und dem Nutzerbedürfnis. Parallel dazu wird ein Verifizierungsregelkreis zwischen den Anforderungen und dem Entwicklungsgegenstand etabliert, der mit Hilfe technischer Funktionstests die Erfüllung der Anforderungen durch den Entwicklungsgegenstand absichert. Dieser Regelkreis steuert die technische Realisierung, also die konkrete Lösungsentwicklung im Lösungsraum. Bei einer agilen Produktentwicklung bleibt das zugrunde liegende Problemverständnis und damit auch die Begrenzung des Lösungsraumes während der Lösungsentwicklung grundsätzlich volatil. In der praktischen Anwendung dominiert der Validierungsregelkreis meist die frühe Phase des Entwicklungsprozesses. Nach dem Einschwingen des Validierungsregelkreises verlagert sich der Schwerpunkt auf den Verifizierungsregelkreis, der durch die kontinuierliche Ergänzung und Detaillierung der Anforderungen schließlich eine Konvergenz der Lösungsentwicklung im Lösungsraum bewirkt.

Der beschriebene Entwicklungsprozess kann jedoch nur stattfinden, wenn die Erarbeitung des Problemverständnisses und die Lösungsentwicklung weder zeitlich inhaltlich noch personell organisatorisch voneinander getrennt werden. In der betrieblichen Praxis werden das Problemverständnis und die Lösungsentwicklung bei der Entwicklung disruptiver Produktinnovationen häufig durch „Schlüsselpersonen“ [8] verbunden.

3 Der Status quo in Deutschland: die dreifache Trennung von Problemverständnis und Lösungsentwicklung

Die Neuproduktentwicklung in Deutschland ist von einer klaren Trennung von Problemverständnis und Lösungsentwicklung geprägt, die sich in drei Bereichen zeigt:

- der Entwicklungsmethodik,
- den Entwicklungsprozessen in der betrieblichen Praxis und
- dem akademischen Diskurs.

3.1 Die Entwicklungsmethodik

Die in Deutschland vorherrschende Entwicklungsmethodik basiert auf einem Systems Engineering Ansatz, dessen projekthafte Umsetzung in der Regel durch einen Stage-Gate Prozess erfolgt. In solchen Prozessen existiert eine klare Trennung zwischen den Phasen Problemanalyse und Lösungsentwicklung, wie es anhand der erst kürzlich überarbeiteten VDI 2221 [9] deutlich wird. Hier wird das zugrunde liegende Problemverständnis vor dem Start des eigentlichen Entwicklungsprozesses erarbeitet und durch einen Entwicklungsauftrag abgebildet, der an die Entwicklungsorganisation übergeben wird (Bild 3). Der Entwicklungsauftrag beschreibt auf hoher Aggregationsebene Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt und enthält – wie jedes Anforderungsdokument – stets auch erste Vorstellungen über Lösungsprinzipien und Konzepte zu deren Verwirklichung (vgl. [10]). Er spannt damit einen festen Rahmen („Rahmenheft“) für die nachfolgende Lösungsentwicklung auf. Während der anschließenden Lösungsentwicklung wird durch das kontinuierliche Präzisieren und Ergänzen von Anforderungen lediglich der Auflösungsgrad des ursprünglichen Problemverständnisses erhöht. Eine Veränderung dieses Problemverständnisses, sprich eine Veränderung des Rahmens, der durch den initialen Entwicklungsauftrag aufgespannt wurde („Reframing“), ist in dem Prozessmodell der VDI 2221 nicht vorgesehen. Im Gegensatz zur agilen Entwicklung wird hier während der Lösungsentwicklung nur ein Verifizierungsregelkreis etabliert, der über eine virtuelle und physische Absicherung die Anforderungserfüllung des Entwicklungsgegenstandes sicherstellt.

Produktentwicklungsansätze, die wie die VDI 2221 eine Trennung von Problemanalyse und Lösungsentwicklung vorsehen, sind „spezifikationsgetrieben“ [11] und damit stark auf Konvergenz ausgerichtet. Die Stärke dieser Ansätze besteht in der systematischen Lösungsentwicklung für klar definierte Problemstellungen, wie es z. B. bei der Entwicklung einer Nachfolge-Produktgeneration der Fall ist. Sie stoßen jedoch an ihre Grenzen, wenn es um grundlegende Innovationen geht, da sie während der Lösungsentwicklung keine Veränderung des zugrunde liegenden Problemverständnisses vorsehen.

3.2 Der Entwicklungsprozess in der betrieblichen Praxis

Die Definition des Entwicklungsauftrages in der Strategie- oder Vorprojektphase wird in der industriellen Praxis in der Regel von einer Organisationseinheit mit direkter Markt- bzw. Kundenschnittstelle, wie z. B. dem Vertrieb, dem Marketing oder dem Produktmanagement, verantwortet (Bild 4). Die Entwicklung des grundlegenden Problemverständnisses in der frühen Phase der Produktentwicklung wird damit durch betriebswirtschaftlich geprägte Unternehmensbereiche bestimmt, welche nicht an der späteren Lösungsentwicklung beteiligt sind.

3.3 Der akademische Diskurs

Die disziplinäre Trennung zwischen Betriebswirtschaft und Ingenieurwissenschaften bei der Erarbeitung des Problemver-

ständnisses und der Lösungsentwicklung wird auch durch den akademischen Diskurs reflektiert. So liegt die frühe Phase der Produktentwicklung im Fokus des Technologie- und Innovationsmanagements, einer Wissenschaftsdisziplin der Betriebswirtschaft, während sich die Ingenieurwissenschaften in ihren Forschungsaktivitäten primär auf die Phase der eigentlichen Lösungsentwicklung konzentrieren.

4 Der Status quo in Stanford: Gemeinsame Entwicklung von Problemverständnis und Lösung

Sowohl das akademische Selbstverständnis als auch die Entwicklungsmethodik des Centers for Design Research (CDR) der Stanford Universität sind von einer gemeinsamen Erarbeitung von Problemverständnis und Lösungsentwicklung im Kontext der Neuproduktentwicklung geprägt (Bild 5).

Die Entwicklung eines nutzerzentrierten Problemverständnisses ist integraler Bestandteil der am CDR entwickelten ME310-Entwicklungsmethodik und wird von den Entwicklungsingenieuren selbst durchgeführt (Bild 6). Entwicklungsmethodisch handelt es sich bei dem ME310-Prozessmodell um ein agiles Stage-Gate Hybridmodell, das im Kern auf einem Design Thinking Ansatz basiert. Während Design Thinking sowohl im akademischen Diskurs als auch in der industriellen Praxis überwiegend als eine Methodik verstanden wird, die nur in der

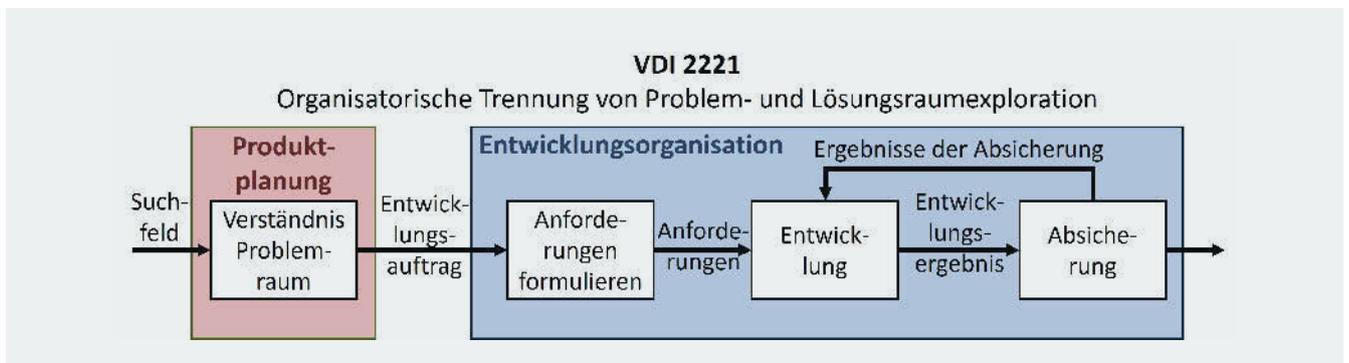


Bild 4. Organisatorische Verantwortung für Problem- und Lösungsraumexploration in der VDI 2221. Grafik: HAW Hamburg

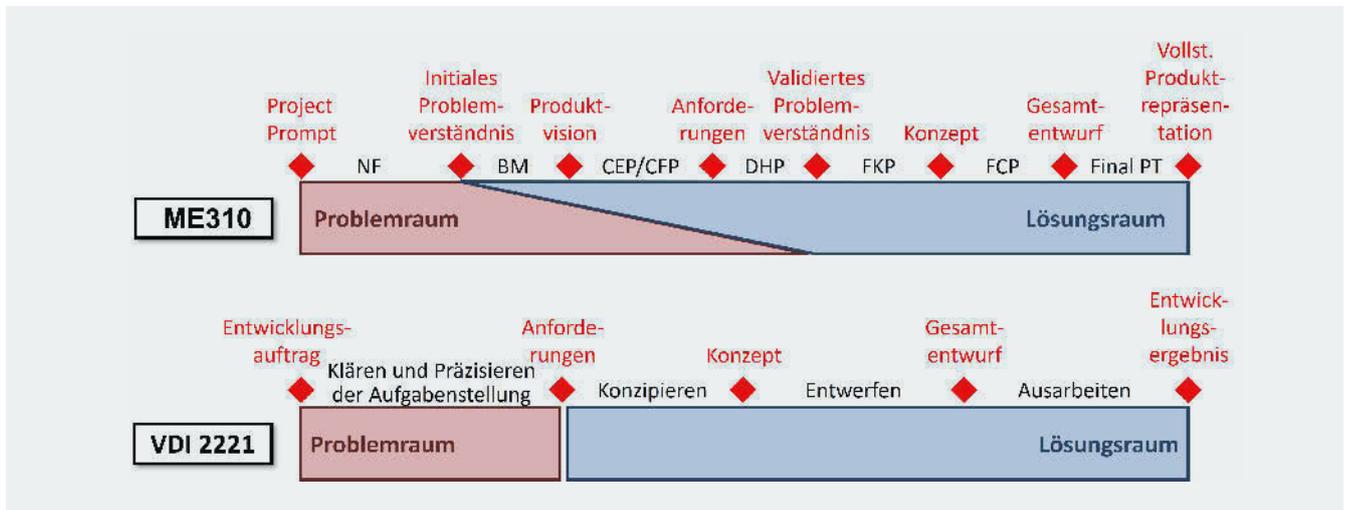


Bild 5. Problem- und Lösungsraumentwicklung im ME310-Prozessmodell und in der VDI 2221. Grafik: HAW Hamburg

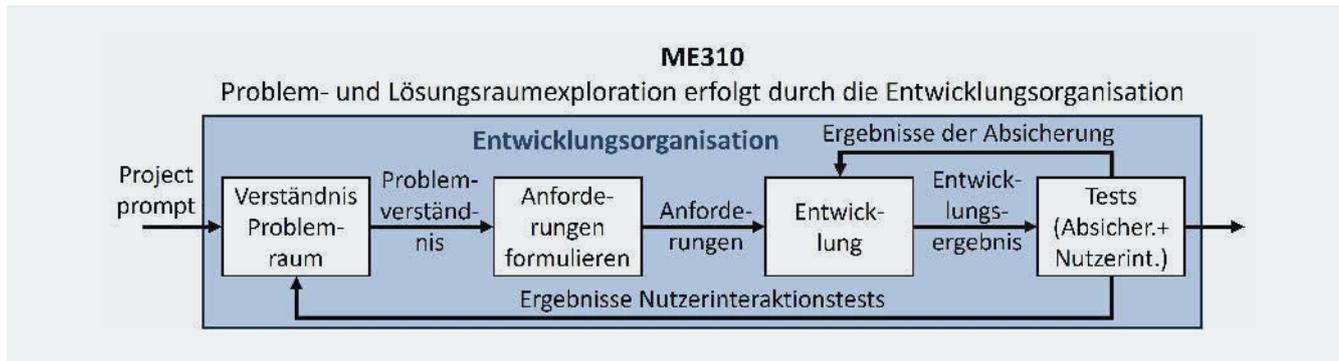


Bild 6. Organisatorische Verantwortung für Problem- und Lösungsraumexploration im ME310-Prozessmodell. Grafik: HAW Hamburg

frühen Phase der Produktentwicklung eingesetzt wird, um die Entwicklung eines Problemverständnisses und die Ermittlung von Nutzerbedürfnissen zu unterstützen (vgl. z. B. [12]), wird Design Thinking im ME310-Prozessmodell zur durchgängigen Strukturierung des gesamten Entwicklungsprozesses eingesetzt. Das bedeutet, dass die „Makro-Logik“ [13] des ME310-Prozessmodells auf den fundamentalen Prinzipien von Design Thinking basiert und eine methodische Selbstständigkeit zum iterativen Kernzyklus von Design Thinking aufweist, welcher als „Mikro-Logik“ [13] zur Lösung von Teilproblemen innerhalb der einzelnen Projektphasen genutzt wird (für eine Darstellung der unterschiedlichen semantischen Ebenen und methodischen Taxonomiestufen von Design Thinking im Kontext der Produktentwicklung sei an dieser Stelle auf [7] verwiesen). Die Lösungsentwicklung erfolgt prototypenbasiert, wobei Problemverständnis und Lösung über weite Strecken iterativ parallel entwickelt werden. Die unterschiedlichen Prototypenarten definieren gleichzeitig die Meilensteine der Makro-Logik, welche den Entwicklungsprozess strukturieren und die Konvergenz der Lösungsentwicklung steuern.

Ausgehend vom project prompt erfolgt in der Needfinding Phase (NF) zunächst eine intensive Problemaumerkundung, bei der unterschiedliche ethnografische Methoden angewendet werden, um die Nutzer, ihre Bedürfnisse und Probleme sowie den Nutzungskontext zu ermitteln. Die gewonnenen Informationen werden über das Skizzieren archetypischer Nutzer nach dem Persona-Konzept veranschaulicht und zusammengefasst. Hierbei werden in Anlehnung an das Modell des Value Proposition Canvas die wichtigsten „Customer Jobs“, existierende „Pains“ und mögliche „Gains“ formuliert. Ergebnis dieser Phase ist das Entwickeln eines initialen Problemverständnisses, das den Ausgangspunkt für den nachfolgenden Produktentwicklungsprozess darstellt. In der anschließenden Benchmarking Phase (BM) erfolgt über die Analyse bereits existierender Produkte eine erste Verbindung von Problem- und Lösungsraum: Zum einen wird das Problemverständnis verbessert, da erkennbar wird, welche Probleme noch nicht zufriedenstellend gelöst sind. Zum anderen werden über die technischen Funktionsträger der Produkte erste Einblicke in den Lösungsraum gewonnen. Über die Zusammenführung der Ergebnisse aus dem Needfinding und dem Benchmarking wird eine Produktvision erarbeitet, die eine strategische Positionierung des späteren Produktes beinhaltet.

Die eigentliche Lösungsentwicklung beginnt auf der Teilsystemebene. Die Critical Experience Prototypen (CEP) sollen kritische Kernelemente der Nutzererfahrung der entwickelten Pro-

duktvision erlebbar machen und dienen zum Ableiten und Validieren von Nutzeranforderungen. Mithilfe der Critical Function Prototypen (CFP) wird die Tauglichkeit von Wirkprinzipien lösungsbestimmender Funktionsträger eines möglichen Gesamtkonzeptes bewertet. In dieser Phase erfolgt die Entwicklung vollständig agil, sprich das Problemverständnis und damit auch die Lösungsraumbegrenzung bleiben volatil (**Bild 7**). Die CEP etablieren dabei den in Abschnitt 2 beschriebenen Validierungs- und die CFP den Verifizierungsregelkreis. Das Formulieren von Anforderungen, also die Abbildung des abschließenden Problemverständnisses, erfolgt erst nach Abschluss der Lösungsentwicklung auf Teilsystemebene zum Ende der CEP-/CFP-Phase. Dieses Problemverständnis wird in der anschließenden Dark Horse Phase zunächst kritisch überprüft, bevor es als fester Rahmen für die weitere Lösungsentwicklung auf der Gesamtsystemebene gesetzt wird. Dazu werden Prototypen aufgebaut, die ein besonders riskantes, radikales, unkonventionelles oder vielleicht auch zunächst nicht umsetzbar erscheinendes Lösungsprinzip beinhalten. Der obligatorische Aufbau dieser Dark Horse Prototypen soll die Entwickler dazu zwingen, sich von bewussten oder unbewussten kognitiven Vorfixierungen zu lösen und damit verhindern, dass Problemverständnis und Lösungsraum durch bestehende Konventionen oder dem Streben nach geringem Risiko zu früh zu stark eingegrenzt werden. Die anschließende Lösungsentwicklung auf der Gesamtsystemebene ist auf Konvergenz ausgerichtet und zeigt in ihren Hauptmeilensteinen Ähnlichkeiten zur VDI 2221. Der Funky System Prototyp (FKP) beschränkt sich als erster Systemprototyp auf die lösungsbestimmenden Hauptfunktionsträger und dient nur der Konzeptdefinition und -absicherung. Der Functional System Prototyp (FCP) verkörpert hingegen schon den Gesamtentwurf, beinhaltet also den vollständigen Funktionsumfang und weist bereits eine produktnahe Wertanmutung auf. Der Final Prototyp markiert schließlich den Abschluss der Entwicklung und repräsentiert das vollständige Nutzererlebnis eines späteren industriell realisierten Produktes.

5 Fazit: Handlungsempfehlungen für die Produktentwicklung im Maschinenbau in Deutschland

Die Überwindung der in Abschnitt 3 beschriebenen Trennung von Problem- und Lösungsraum erfordert ein neues Selbstverständnis der Produktentwicklung im Maschinenbau. Die ingenieur-

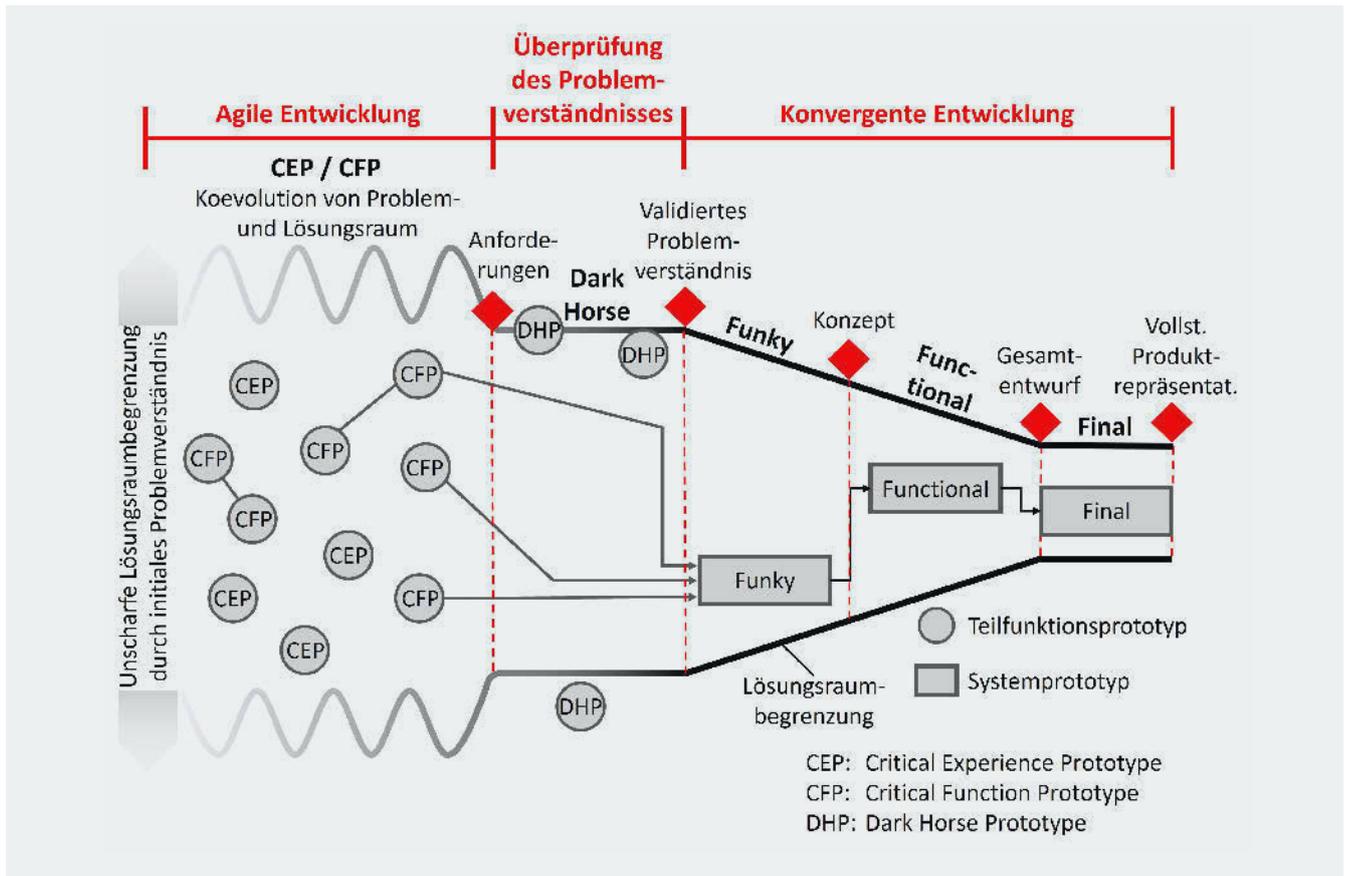


Bild 7. Agile und konvergente Entwicklung im ME310-Prozessmodell. Grafik: HAW Hamburg

wissenschaftliche Produktentwicklung darf sich nicht auf die reine Lösungsentwicklung für einen vorgegebenen Entwicklungsauftrag beschränken, sondern muss die frühe Phase der Produktentwicklung, in der ausgehend von den Bedürfnissen potenzieller Nutzer ein grundlegendes Problemverständnis erarbeitet wird, wieder als integralen Bestandteil einer ganzheitlichen Produktentwicklung verstehen und selbst verantworten. Um darauf aufbauend eine Koevolution von Problem- und Lösungsraum bei der Neuproduktentwicklung zu ermöglichen, die auch den Randbedingungen der Entwicklung diskreter physischer Produkte in der industriellen Praxis Rechnung trägt und damit praktikabel umsetzbar ist, wird eine neue Entwicklungsmethodik benötigt. Darüber hinaus müssen die Ausbildungsinhalte des Maschinenbaustudiums um die nutzerzentrierte Problemauerkundung ergänzt werden.

Im Folgenden sollen die Lösungsansätze für eine neue Entwicklungsmethodik sowie die Implikationen für das Curriculum des Maschinenbaustudiums kurz skizziert werden.

5.1 Lösungsansatz für die Entwicklungsmethodik: Hybride Entwicklungsprozessmodelle

Ein möglicher Ansatz zur Realisierung einer Koevolution von Problem- und Lösungsraum bei der Entwicklung physischer Produkte im Maschinenbau sind hybride Entwicklungsprozessmodelle. Hybride Produktentwicklungsprozessmodelle stellen eine Weiterentwicklung agiler Entwicklungsansätze dar, die den Besonderheiten der Entwicklung physischer Produkte, den sogenannten „Constraints of Physicality“ [14] Rechnung tragen.

Da die Erstellung und Erprobung physischer Prototypen mit entsprechendem Aufwand verbunden sind, kann die Entwicklung komplexer physischer Produkte auf der Gesamtsystemebene in der Regel nicht mehr vollständig agil, sprich nicht mehr hochfrequent iterativ, erfolgen. Hybride Prozessmodelle unterteilen den Entwicklungsprozess daher in eine agile und eine auf Konvergenz ausgerichtete Entwicklungsphase; ihnen ist somit ein Spannungsfeld zwischen Agilität und Konvergenz bei der Lösungsentwicklung inhärent. Der prototypenbasierte Entwicklungsansatz verstärkt darüber hinaus das generell bei der Neuproduktentwicklung bestehende Spannungsfeld zwischen Breite und Tiefe der Lösungsraumexploration. Die Erstellung und Erprobung eines Prototyps generiert zwar – bezogen auf die konkrete physisch realisierte Lösung – einen größeren Erkenntnisgewinn als eine rein virtuelle Entwicklung. Ein paralleles Aufbauen und Bewerten konkurrierender Lösungen führt bei komplexen Produkten insbesondere auf der Gesamtsystemebene jedoch schnell zu einem prohibitiven Aufwand. Prototypbasierte Entwicklungsansätze sind daher tendenziell durch eine stärkere „point-based“ [15] orientierte Lösungsraumexploration gekennzeichnet, was die Gefahr erhöht, nur ein lokales Optimum im Lösungsraum zu finden. Die aufgaben- und ressourcenadäquate Positionierung in den zwei vorgenannten Spannungsfeldern stellt eine Hauptschwierigkeit bei dem Entwurf eines praktikablen hybriden Prozessmodells dar, die bislang noch nicht zufriedenstellend gelöst ist. Auch das ME310-Prozessmodell der Stanford Universität zeigt diesbezüglich noch deutliche Limitationen bei der Lösungsraumexploration [7].

5.2 Implikationen für das Curriculum im Maschinenbaustudium: Vom Maschinenbau zur menschenzentrierten Produktentwicklung

In der projektbasierten Lehrveranstaltung „ME310 Design Innovation Course“, in der Master- und PhD-Studierende ausgehend von realen Aufgabenstellungen aus der Industrie über ein Jahr lang innovative Produkte nach dem ME310-Prozessmodell entwickeln, nimmt die nutzerzentrierte Problemraumerkundung ein Drittel der Bearbeitungszeit ein. Das Entwickeln von Empathie mit potenziellen Nutzern und die Ermittlung ihrer Bedürfnisse besitzen damit einen großen Stellenwert in der Ausbildung angehender Entwicklungsingenieure.

In Deutschland konzentrieren sich die Lerninhalte des Maschinenbaustudiums nahezu ausschließlich auf die Gestaltung des technischen Systems, also den Aufbau und die Funktionsweise sowie das Zusammenwirken seiner verschiedenen Komponenten. Der Mensch, seine Eigenschaften und Bedürfnisse sowie die ganzzeitliche Betrachtung des Mensch-Produkt-Wirksamkeits nehmen dagegen nur wenig Raum ein. Studierende lernen, wie man Anforderungen formuliert, aber nicht wie man Empathie mit potenziellen Nutzern entwickeln und systematisch ihre Bedürfnisse ermitteln kann. Vor allem aber lernen die Studierenden, Lösungen für komplexe, aber bereits vorgegebene Problemstellungen zu entwickeln. Ansätze, wie das Design Thinking, die auf die multiperspektivische Entwicklung eines grundsätzlich neuen Problemverständnisses abzielen, welches zu radikal neuen Lösungen führen kann, werden kaum vermittelt.

Um angehende Ingenieure dazu zu befähigen, nicht nur inkrementelle, sondern radikale und disruptive Innovationen zu entwickeln, muss auch der Fokus des Maschinenbaustudiums auf die frühe Phase der Produktentwicklung erweitert werden. Dazu müssen Lerninhalte zur Entwicklung eines menschenzentrierten Problemverständnisses sowie das kritische Hinterfragen desselben – ähnlich wie in Stanford – in das Curriculum integriert werden. Dies könnte in Zeiten sinkender Bewerberzahlen im Maschinenbau einen Beitrag dazu leisten, das Maschinenbaustudium zu einem Produktentwicklungsstudium weiterzuentwickeln und es damit zukunftssicher aufzustellen. ■

Literatur

- [1] Zimmermann, N.: Warum das Silicon Valley nicht in Deutschland liegt, 2019. <https://p.dw.com/p/3NsXG>, abgerufen am: 10.09.2022
- [2] Schön, D. A.: The reflective practitioner. How professionals think in action. New York: Basic Books 1983
- [3] Rittel, H. W. J.; Webber, M. M.: Dilemmas in a General Theory of Planning. Policy Sciences 4 (1973) 2, S. 155–169
- [4] Ponn, J.; Lindemann, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte. Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltungsformen. Berlin: Springer 2011
- [5] Löwer, C.: Ingenieure entdecken die Kunden. VDI-Nachrichten (2017) 20, S. 31
- [6] Dorst, K.; Cross, N.: Creativity in the design process: co-evolution of problem–solution. Design Studies 22 (2001) 5, S. 425–437. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6)
- [7] Koppenhagen, F.; Blümel, T.; Held, T.; Wecht, C.: Zeitliche und inhaltliche Konvergenz der Lösungsfindung als zentrale Herausforderung in hybriden Produktentwicklungsprozessen – eine empirische Analyse von Stanfords ME310-Prozessmodell. In: Entwerfen Entwickeln Erleben in Produktentwicklung und Design 2021. Dresden: TUDpress 2021, S. 137–154. <https://doi.org/10.25368/2021.17>
- [8] Gemünden, H. G.; Hölzle, K.: Schlüsselpersonen der Innovation. In: Albers, S. u. Gassmann, O. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement. Wiesbaden: Gabler Verlag 2005, S. 457–474. https://doi.org/10.1007/978-3-322-90786-8_25
- [9] VDI 2221: Entwicklung technischer Produkte und Systeme. Modell der Produktentwicklung. Blatt 1. Berlin: Beuth Verlag 2019
- [10] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: Pahl / Beitz Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung; Methoden und Anwendung. Berlin: Springer 2007
- [11] Reinertsen, D. G.: Managing the Design Factory. A Product Developer's Toolkit. New York, NY: The Free Press 1997
- [12] Schüttoff, M.; Herrmann, T.; Roth, D.; Binz, H.: Analyse und Beurteilung der unterschiedlichen Einsatzzwecke und Anwendungsgrenzen von Design Thinking. In: Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2019. Agilität und kognitives Engineering. 2019, S. 193–202
- [13] Haberfellner, R.; Weck, O. L. de; Fricke, E.; Vössner, S.: Systems Engineering. Fundamentals and Applications. Cham, Switzerland: Springer Nature 2019
- [14] Schmidt, T. S.; Chahin, A.; Kößler, J.; Paetzold, K.: Agile Development and the Constraints of Physicality: A Network Theory-based Cause-and-Effect Analysis. In: Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17). Vol. 4: Design Methods and Tools. 2017, S. 199–208
- [15] Sobek II, D. K.; Ward, A. C.; Liker, J. K.: Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering. Sloan Management Review 40 (1999) 2, S. 67–83

Prof. Dr.-Ing. Frank Koppenhagen

Foto: Autor

Professor für Maschinenelemente und Produktentwicklung
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Technik und Informatik
Berliner Tor 21, 20099 Hamburg
Tel. +49 40 42875 8627
frank.koppenhagen@haw-hamburg.de
www.haw-hamburg.de



Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Christoph H. Wecht

Foto: Autor

Professor für Management
New Design University – Privatuniversität St. Pölten
Fakultät Technik und Wirtschaft
Mariazeller Str. 97a, 3100 St. Pölten, Österreich
Tel. +43 2742 851 24430
christoph.wecht@ndu.ac.at
www.ndu.ac.at/new-design-university





AMA Innovationspreis für Magnetfeld-Quantensensor für den industriellen Einsatz

Der AMA Verband für Sensorik und Messtechnik hat im Mai das Gewinnerteam der Quantum Technologies GmbH mit dem AMA Innovationspreis ausgezeichnet. Die Verleihung erfolgte auf der SMSI 2023 – Sensor and Measurement Science International Conference, Nürnberg. Laut AMA überzeugte das rein optische Quantenmagnetometer die Jurymitglieder aus Forschung und Industrie durch seinen innovativen Lösungsansatz und eine hohe Marktrelevanz. Das Entwicklerteam bestehend aus Robert Staacke, Lutz Langguth, Romy Müller und Dominik Rajsp von der Quantum Technologies GmbH, Leipzig, erhält das Preisgeld von 10.000 Euro und einen Sonderpreis ‚Junges Unternehmen‘.

Der QT-RH105 ist ein fasergekoppelter Magnetfeldsensor, der rein optisch präzise die Magnetfeldstärke misst. Dieser Quantensensor nutzt die Magnetfeldabhängigkeit der Spinzustände von Stickstoff-Fehlstellen, sogenannte NV-Zentren, in Diamant und deren Fluoreszenz. Der Sensorkopf ist nicht dicker als ein menschliches Haar, chemisch inert, nicht-magnetisch, nicht-leitend und damit galvanisch getrennt. Im Vergleich zu gängigen Halbleitersensoren eröffnet dies vollkommen neue Anwendungsbereiche in der Magnetfeld Sensorik, heißt es weiter.

„Wir gratulieren dem Entwicklerteam von Quantum Technologies und freuen uns, dass wieder einmal ein junges Unternehmen sowohl den AMA Innovationspreis als auch einen Sonderpreis erhält. Das Messverfahren ist so konzipiert ist, dass der Sensor ohne die Anwendung von Mikrowellen auskommt. Durch seine extreme Detektionsempfindlichkeit und den weiten Erfassungsbereich eignet er sich für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen. Wir dürfen auf die weitere Entwicklung dieses jungen Unternehmens, aber auch weitere Quantensensoren der 2. Generation gespannt sein,“ erklärt Professor Andreas Schütze, von der Universität des Saarlandes und AMA Juryvorsitzender, die diesjährige Entscheidung.

www.ama-sensorik.de



Die Gewinner des AMA Innovationspreis 2023: Quantum Technologies GmbH; vl: Prof. Andreas Schütze (Juryvorsitzender), Dr. Lutz Langguth, Romy Müller, Dominik Rajsp, Dr. Robert Staacke (alle Quantum Technologies GmbH), Peter Krause (AMA Vorstandsvorsitzender). Foto: AMA Verband/Bischoff und Broel

Welche Regeln braucht KI? Plattform Lernende Systeme gibt Überblick

Ob staatliche Normen wie der aktuell verhandelte AI Act der Europäischen Union (EU) oder freiwillige Selbstverpflichtungen von Branchen oder einzelnen Unternehmen – Ziel gelungener Regeln für Künstliche Intelligenz ist es, sichere, vertrauenswürdige KI-Systeme zu gestalten. Zugleich schaffen einheitliche Regeln faire Wettbewerbsbedingungen für die Wirtschaft. Wie können wir sichere und vertrauenswürdige KI-Systeme gestalten? Welche Regeln für Entwicklung und Einsatz von KI brauchen wir, um die Risiken zu minimieren? Und was ist das richtige Maß an Regulierung, um wettbewerbsfähige KI-Innovationen aus Europa zu unterstützen? Zu diesen Fragen liefert das neue Webangebot der Plattform Lernende Systeme Impulse – mit Standpunkten ihrer Expertinnen und Experten zur KI-Regulierung, Literatur-Tipps zum Weiterlesen sowie einem Überblick über bestehende Leitfäden und Prüfkataloge zur Regelung von KI-Systemen. Der AI Act der EU sowie die KI-Normungroadmap des Deutschen Instituts für Normung (DIN) werden als wichtigste Regulierungsinitiativen ausführlich erläutert.

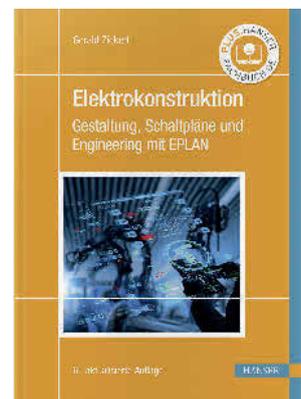
„Normen und Standards für KI-Systeme schützen Menschen sowie Unternehmen vor möglichen Risiken, die mit dem Einsatz von KI-Anwendungen verbunden sind. Es gilt jedoch, die richtige Balance zwischen einer harten Beschränkung und der Innovationsförderung für den Wirtschaftsstandort Deutschland zu finden. Überregulierung ist unbedingt zu vermeiden. Ziel ist eine vertrauensstiftende Gestaltung der Technologie. Im besten Fall gelingt es uns, durch einheitliche Regeln in Europa eine Art Qualitätssiegel ‚AI made in Europe‘ zu schaffen“, so Jan Wörner, Co-Vorsitzender der Plattform Lernende Systeme.

www.plattform-lernende-systeme.de

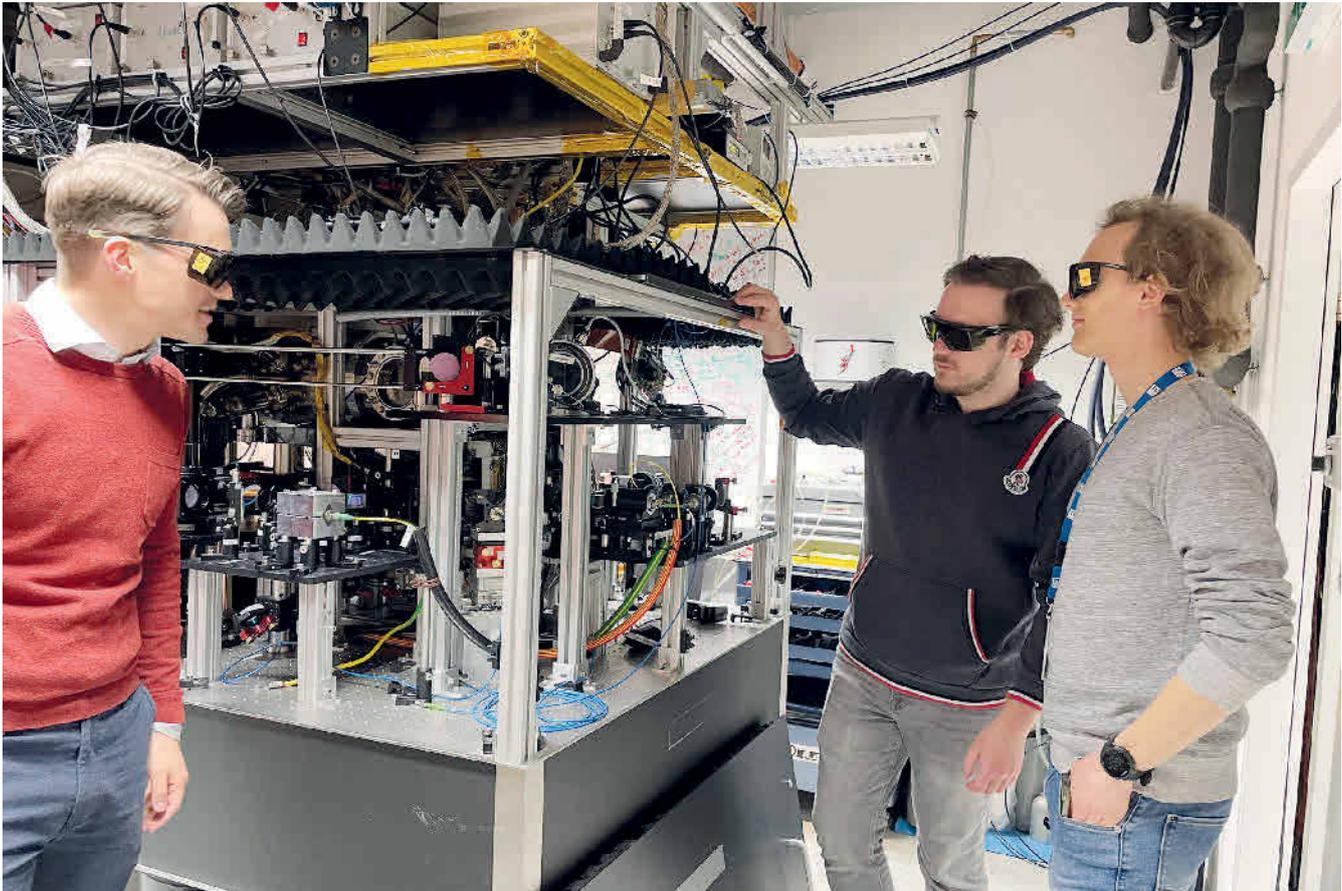
Elektrokonstruktion

Gestaltung, Schaltpläne und Engineering mit EPLAN

Dieses Lehrbuch vermittelt Grundwissen der Elektrokonstruktion und Gestaltung elektrischer Anlagen einschließlich der Risikobeurteilung. Darüber hinaus wird gezeigt, wie Pläne und Listen der Elektrotechnik erarbeitet werden können. Neben energietechnischen werden auch steuerungstechnische und mechatronische Komponenten berücksichtigt. Besonderes Augenmerk liegt auf den rechnerunterstützten Konstruktionsmethoden (CAD). Die Anfertigung der Konstruktionsunterlagen wird unter Nutzung des Elektro-Engineering-Systems EPLAN gezeigt. Zwei Beispiele veranschaulichen und erläutern die Zusammenhänge und dienen dem besseren Verständnis. Das Lehrbuch richtet sich an Studierende einer elektronischen Fachrichtung, Auszubildende aus den Bereichen Mechatronik oder Industrieelektronik sowie Praktiker:innen, die ihre Kenntnisse insbesondere auf dem Gebiet der rechnerunterstützten Arbeit erweitern wollen. Für die Neuauflage wurde das Lehrbuch aktualisiert. Zum Erlernen der Arbeit mit EPLAN Electric P8 und zur Anfertigung der Beispiele in diesem Buch wird das Programm EPLAN Education – Version 2.9 eingesetzt. Auf plus.hanser-fachbuch.de finden Leser kostenlosen digitalen Zusatzinhalt. Gerald Zickert: *Elektrokonstruktion – Gestaltung, Schaltpläne und Engineering mit EPLAN*. Carl Hanser Verlag, 2022, 256 Seiten, ISBN: 978-3-446-47380-5, 29,99 Euro.



Elektrokonstruktion – Gestaltung, Schaltpläne und Engineering mit EPLAN – 256 Seiten – 29,99 Euro. Foto: Carl Hanser



Für dieses Projekt brauchte es eine enge Zusammenarbeit von theoretischer Physik und Experimentalphysik. Die zwei Erstautoren Yevhenii Kuriatnikov (TU Wien; 2. v. R.) und Martino Calzavara (FZ Jülich; 1.v.L) besprechen letzte Details des Setups. Foto: TU Wien

Maßgeschneidertes neuronales Netz

KI lernt Quantenteilchen zu kontrollieren

In der Quantenforschung braucht man maßgeschneiderte elektromagnetische Felder, um Teilchen präzise zu kontrollieren. An der TU Wien zeigte man: maschinelles Lernen lässt sich dafür hervorragend nutzen.

Mit elektromagnetischen Feldern lassen sich winzige Teilchen manipulieren: Man kann sie einfangen, festhalten,

oder an einen bestimmten Ort bewegen. Welche Form diese elektromagnetischen Felder aber genau haben sollen, und wie man sie während des Experiments dann konkret steuern muss, ist schwer herauszufinden. Oft sind dafür langwierige Ver-

suchsreihen mit zahlreichen Messungen notwendig.

An der TU Wien konnte man nun aber zeigen, dass sich diese Aufgabe mit Hilfe von lernenden Algorithmen viel schneller erledigen lässt als bisher – und zwar mit

derselben Präzision. Dafür entwickelte ein Team der TU Wien zusammen mit Kollegen vom FZ Jülich ein maßgeschneidertes neuronales Netz, das genau für diese Anwendung eine möglichst schnelle Lernkurve hat. Das Resultat wurde im Fachjournal „Physical Review Applied“ publiziert und soll nun in ganz unterschiedlichen Quanten-Experimenten zum Einsatz kommen.

Elektromagnetische Felder kontrollieren Quanten

„Um Quantenteilchen zu kontrollieren, verwenden wir eine Kombination aus mehreren elektromagnetischen Feldern“, sagt Maximilian Prüfer, Postdoktorand in der Gruppe von Jörg Schmiedmayer am Vienna Center for Quantum Science and Technology (VCQ), Atominstitut, TU Wien. „Durch winzige Strukturen wird elektrischer Strom geschickt, dadurch entsteht ein Magnetfeld. Zusätzlich verwenden wir Lichtstrahlen, die durch Linsen, Spiegel und Filter gezielt manipuliert werden können.“

Ähnlich wie der Strahl eines Beamers, der ein Bild auf eine Leinwand projiziert, ist der Lichtstrahl an manchen Stellen heller und an manchen dunkler. Die Form des Lichtstrahls bestimmt, welche Kräfte die Teilchen an welcher Stelle spüren. Indem man die Intensitätsverteilung des Lichts anpasst, kann man die Teilchen gezielt beeinflussen.

„Prinzipiell gibt es zwei unterschiedliche Methoden, dieses Lichtfeld zu steuern“, erklärt Maximilian Prüfer. „Man kann vorab berechnen, welche Form das Feld haben muss – das gelingt aber nur dann, wenn man alle Details des Experiments, inklusive aller Störeffekte, wirklich ganz genau kennt. Das Ergebnis kann immer nur höchstens so präzise sein, wie das Rechenmodell, das man verwendet.“

Die Alternative dazu sind sogenannte iterative Steuerungsalgorithmen: Sie können das Lichtfeld sukzessive verbessern, indem man nach jedem Änderungsschritt ein neues Experiment durchführt und aus dem Ergebnis abliest, auf welche Weise man im nächsten Schritt das Lichtfeld weiterverbessern muss, um dem Ziel möglichst nahe zu kommen. Ein detailliertes Verständnis der zugrundeliegenden Effekte ist dabei gar nicht nötig.

„Solche Algorithmen sind im Prinzip nur durch die experimentelle Messgenauigkeit beschränkt. Diese wunderbare Ei-

genschaft hat jedoch einen Preis: jeder Verbesserungsschritt benötigt einen eigenen Versuch am Experiment.“ erklärt Andreas Deutschmann-Olek, welcher als Postdoktorand im Team von Prof. Andreas Kugi vom Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik an der Arbeit beteiligt ist. Die notwendigen Messungen solcher Versuchsreihen können Wochen dauern, und eine geringfügige Änderung am gewünschten Lichtfeld bedeutet, dass man von vorne beginnen muss. Durch eine digitale Kopie des Experiments auf Basis aller bisherigen Versuchsdaten könnte die Anzahl der benötigten Messungen jedoch dramatisch reduziert werden.

Neuronales Netz für die Teilchenphysik

Genau für diese Aufgabe wurde nun künstliche Intelligenz (AI) eingesetzt. „Wichtig war es, unser Wissen über die physikalischen Eigenschaften des Systems zu nutzen, und von vornherein in die künstliche Intelligenz einzubauen“, erklärt Maximilian Prüfer. „Wir haben ein neuronales Netz entwickelt, dessen Struktur genau an die physikalische Aufgabe angepasst ist, die es hier zu lösen gilt. Wir nennen das ein Physik-inspiriertes neuronales Netz. Erst damit war es möglich, bei experimentell handhabbaren Datenmengen hervorragende Prognosen durch das neuronale Netz zu erhalten.“ Das neuronale Netz wurde in enger Zusammenarbeit mit Forschern von FZ Jülich um Tomaso Calarco entwickelt.

Die Strategie war erfolgreich: Mit einer Kamera wird gemessen, wo sich die Teilchen befinden, und mit diesen Bildern wird das neuronale Netz trainiert. Im Lauf der Zeit lernt es dadurch, welche Änderungen am Experiment sich auf welche Weise auf die Quantenteilchen auswirken – und zwar ohne die physikalischen Formeln, die diesen Zusammenhang beschreiben, einprogrammiert zu haben. Die künstliche Intelligenz entwickelt in gewissem Sinn eine Art „Verständnis“ des Systems.

„Wir konnten zeigen: Die künstliche Intelligenz lernt tatsächlich, das Verhalten des physikalischen Systems korrekt zu imitieren“, sagt Maximilian Prüfer. Somit können die Algorithmen blitzschnell ausprobieren, wie sich verschiedene Änderungen am Experiment in der aktuellen Situation auswirken, ohne dass dafür lan-

ge, aufwendige experimentelle Versuchsreihen nötig wären. „Die gesammelte Information aus vergangenen Versuchen wird im neuronalen Netz strukturiert abgelegt und kann so auf neue Situationen übertragen werden“, ergänzt Andreas Deutschmann-Olek.

Nur noch eine Bruchteil der Experimente nötig

Wo man früher vielleicht hundert Experimente gebraucht hätte, bis man die richtigen Einstellungen gefunden hat, reicht heute ein kleiner Bruchteil davon. Ähnlich wie ein Mensch vielleicht nur ein paar gezeichnete Linien sehen muss, um zu erkennen, welches Tier hier abgebildet ist, braucht auch die künstliche Intelligenz, wenn sie gut trainiert ist, nur ein relativ geringes Maß an Information, um recht genau zu wissen, wie das Experiment gesteuert werden muss. Nur wenn besonders hohe Präzision benötigt wird oder bei besonders ungewöhnlichen Gegebenheiten muss das „echte“ Experiment anstelle des neuronalen Netzes befragt werden.

Damit kann man nun eine Vielzahl von Experimenten durchführen, die bisher nur mit viel größerem Aufwand oder gar nicht möglich gewesen wären. „Der Einsatz von maschinellem Lernen in der quantenphysikalischen Forschung ist gerade groß im Kommen“, meint Maximilian Prüfer. „Wir hoffen, dass unsere Arbeit auch Einsichten liefert wie ein physikalisches Verständnis zusammen mit den weit entwickelten AI Methoden Experimente verbessern kann.“ ■

Literatur

- [1] M. Calzavara et al., Optimizing Optical Potentials With Physics-Inspired Learning Algorithms; Phys. Rev. Applied 19, 044090 (2023)

Kontakt

TU Wien
Dr. Andreas Deutschmann-Olek
deutschmann@acin.tuwien.ac.at
Dr. Maximilian Prüfer
maximilian.prufer@tuwien.ac.at

Spritzgussteile konstruieren für Praktiker

Dieses Fachbuch schafft einen neuen Blickwinkel auf die Konstruktion von Kunststoffbauteilen. In vielen Büchern besteht ein starker Fokus auf dem Werkstoff, den Materialeigenschaften und der Berechnung oder Dimensionierung. Unberücksichtigt bleibt oft, dass sehr viele Kunststoffbauteile nur geringe Belastungen aushalten müssen; bei sehr vielen Anwendungen geht es um die eigentliche Gestaltung. Dafür ist ein gutes Verständnis für die Spritzgießwerkzeuge notwendig.

Der komplexe Prozess der Herstellung eines Kunststoffbauteils wird ganzheitlich verständlich, weil eine Verbindung zwischen Verarbeiter, Formenbauer und Bauteilkonstrukteur geschaffen wird. Der Schwerpunkt liegt auf Spritzgießwerkzeugen und daher auf thermoplastischen Kunststoffen.

Alles, was für die Konstruktion und Herstellung eines Spritzgussbauteils nötig ist, wird einfach, äußerst praxisnah und auf das Wesentliche beschränkt dargestellt. Viele anschauliche Bilder sowie Beispiele anhand des Demonstrationsbauteils „Polyman“ erleichtern das Verständnis enorm.

In der 2. Auflage gibt es ein neues Kapitel zu Tandemwerkzeugen, die ermöglichen, Baugruppen in einem Werkzeug zu realisieren. So können zwei ähnliche Bauteile im Zyklus alternierend mit einem Werkzeug auf einer Maschine hergestellt werden.

Christoph Jaroschek: Spritzgussteile konstruieren für Praktiker. Carl Hanser Verlag, 2022, 241 Seiten, ISBN:

978-3-446-47023-1, 49,99 Euro.



Spritzgussteile konstruieren für Praktiker – 241 Seiten – 49,99 Euro. Foto: Carl Hanser



Die neue Fraunhofer-Technik ist ein wichtiger Baustein für ein robustes Energienetz der Zukunft. Foto: PantherMedia/majaFOTO

NEUE STEUERUNGSKOMMUNIKATION FÜR WINDENERGIEANLAGEN

Die Energiewende mit den steigenden Anteilen von regenerativen Energieträgern und die sinkende Menge rotierender Massen stellt Energienetze vor neue Herausforderungen. Im Zuge der Einführung der neuen Generation von „E-Gondeln“ will der Hersteller Enercon dabei einen wichtigen Beitrag leisten: Die Leistungselektronik ist nicht mehr im Turm, sondern in der Gondel integriert. Die neue von Fraunhofer entwickelte Kommunikationstechnik ermöglicht es, auf der Grundlage einer sehr schnellen Echtzeit-Regelung den Wirkungsgrad der Leistungselektronik zu steigern und die Kosten des Einspeisenumrichters zu senken.

Beitrag des Fraunhofer-Instituts im Rahmen des gemeinsamen Prototyps: Die Kommunikationstechnik zwischen der zentralen Steuerung und den Umrichter-Einheiten (UE). Die Ansteuerung der sogenannten IGBT (insulated gate bipolar transistor) geschieht zyklisch, das heißt, die UE werden von der zentralen Steuerung mit Echtzeit-Informationen gesteuert, um eine optimale Effizienz und Energieeinspeisung in das Energienetz zu gewährleisten. Die Echtzeit-Messwerte fließen in die zentrale Steuerung. Durch kürzere Informationszyklen erhöht sich die Präzision der Steuerung in der Gesamtanlage und reduziert Störfrequenzen mit dem Ergebnis, dass die Qualität des eingespeisten Stroms signifikant erhöht und gleichzeitig die Lebensdauer der IGBT-Module bestmöglich ausgereizt wird. Diese schnelle Steuerungsreaktion gelingt durch Nutzung von Gigabit-Ethernet in Kombination mit einem optimierten Protokoll und Implementierung. Die Lösung erreicht eine Zykluszeit von 1,5 Mikrosekunden. Das Fraunhofer-Institut in Lemgo hat das optimierte Kommunikationsprotokoll entwickelt und auf der Steuerungs-Hardware von Enercon implementiert.

Die Mehrwerte der neuen Kommunikationstechnik haben die beiden Projektpartner zur Realisierung in dem Prototyp der Enercon-E-Gondel im Modelltyp E-138 EP3 mit 138 m Rotordurchmesser und einer Nennleistung von 4,26 MW überzeugt: Zum einen ist eine besonders einfache Integration der Elektronik in ein bestehendes System möglich, weil die Lösung Plug-and-Play-Fähigkeiten unterstützt. Dann bietet sich durch die Geschwindigkeit die Möglichkeit zur genaueren, filigraneren Steuerung, wodurch die WEA mit höherer Effizienz und geringerem Verschleiß gefahren werden kann. Dieser Vorteil wirkt sich vor allem bei größeren Windenergieanlagen aus, die leistungsfähiger als kleinere sind und nur einen Standort statt mehreren mittleren oder kleinen beanspruchen. Wie hoch das konkrete Potenzial der Effizienzsteigerung einer einzelnen Anlage tatsächlich ist, wollen die Projektpartner nun im laufenden Betrieb ermitteln.

Der Projektleiter für die Entwicklung dieser neuen Kommunikation, Fraunhofer-Gruppenleiter Dr.-Ing. Holger Flatt, freut sich über die im Einsatz arbeitenden Forschungsergebnisse: „Was mich persönlich hoch erfreut ist, dass eine neue Technologie von uns in einer Pilotanlage im Einsatz ist. Es ist für uns bei Fraunhofer die zentrale Mission, Forschung in den Dienst der Anwendung zu stellen – hier ist sie bereits im praktischen, operativen Betrieb und leistet einen Beitrag zur Energieerzeugung der Zukunft.“



Jetzt auf E-Paper-Teamlizenz umstellen und profitieren

**50%
Rabatt***

Ihre Vorteile:

- * 50% Rabatt auf den regulären Jahresabonnementpreis. Angebot nur gültig für das erste Jahr sowie nur für Neu-Abonent*innen.
- E-Paper für den Desktop
- Downloadfunktion
- Zugriff auf das Archiv
- Volltext-Suche über das Archiv seit 2015
- E-Paper bereits fünf Tage vor Printausgabe verfügbar

Ihre Zugänge:

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

Jetzt E-Paper-Lizenz Konstruktion bestellen!

Anzahl Nutzer*nnen	Preise in EUR
1	471,50
2-5	943,00
6-10	1.414,50
11-50	1.886,00
> 50	2.357,50

Alle Preise brutto.



Technikwissen für Ingenieur*innen

Leserservice VDI Fachmedien
T +49 6123 9238-202
E vdi-fachmedien@vuservice.de



Jetzt VDI-Z
abonnieren:
20% Rabatt erhalten

9
Ausgaben
pro Jahr



Sie wollen als Person mit Produktionsverantwortung in den Schlüsselbranchen Maschinenbau, Fahrzeugbau und metallbearbeitende Industrie immer auf dem neuesten Stand sein? Dann abonnieren Sie jetzt die Zeitschrift VDI-Z, Deutschlands älteste ingenieurwissenschaftliche Zeitschrift, die den technischen Fortschritt in 165 Jahrgängen begleitet und erfolgreich mit vorangetrieben hat. **Auf das Jahresabo erhalten Sie im ersten Jahr 20% Rabatt – statt 291,50 EUR zahlen Sie nur 233,20 EUR zzgl. 14,50 EUR Versandkosten innerhalb Deutschlands!**¹⁾



Technikwissen für Ingenieur*innen – jetzt abonnieren:

T +49 6123 9238-202

E vdi-fachmedien@vuservice.de

vdi-fachmedien.de

1)
Angebot nur gültig für
Neu-Abonnenten und
Neu-Abonnentinnen.