

antriebstechnik

WISSEN SCHAFFT IDEEN

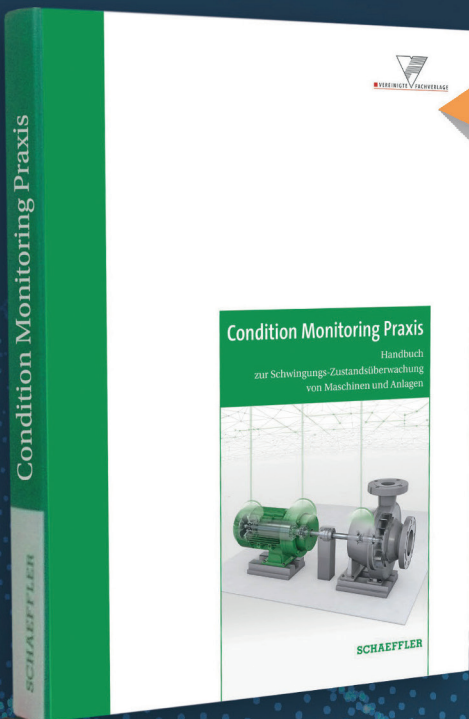
08

August 2021
15,50

Organ der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V.

VERZÄHNUNGS- TECHNIK

Präzisionswerkzeuge für das
Wälzschälen und -fräsen



**Ab sofort
erhältlich!**

**Das Handbuch zur Schwingungs-
Zustandsüberwachung
von Maschinen und Anlagen**

Condition Monitoring Praxis



**Das ultimative Know-How für die Instandhaltung.
Aus der Praxis – für die Praxis!**

Bestellen Sie Condition Monitoring Praxis in unserem Shop
für nur 46 Euro unter: **shop.engineering-news.net**

JETZT IST ES PASSIERT!

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der Titel ist weg – Deutschland ist nicht mehr Exportweltmeister. China hat uns im Jahr 2020 um einige Zehntelprozent Weltmarktanteil im Maschinen- und Anlagenbau übertroffen. China kam mit seinen restriktiven Methoden schneller aus dem wirtschaftlichen Lockdown und konnte so mehr produzieren.

Mit oder ohne Pandemie – der Moment, in dem Deutschland von China als Exportweltmeister abgelöst wird, war abzusehen. Einen Grund nannte Stefan Mayer, der CEO der Werkzeugmaschinenpartie bei Trumpf im Interview mit der Wirtschaftswoche: „Die perfekte Maschine, die wir deutschen Ingenieure bauen können, ist nun mal nicht in allen Märkten die passende Lösung.“ Allein die Erfüllung aller EU-Konformitätsregelungen mache bis zu 20 % des Herstellungspreises mancher Maschine aus, so Mayer. Im Bereich Antriebstechnik sieht die Zukunft aber nicht so schlecht aus: Der VDMA hat gerade seine Wachstumsprognose für 2021 von 5 % auf 10 % nach oben korrigiert. Hartmut Rauen, Geschäftsführer des Fachverbandes Antriebstechnik im VDMA, meint: „Deutschland ist heute bester Innovationsraum für die Antriebstechnik und will auch bester Produktionsraum bleiben.“

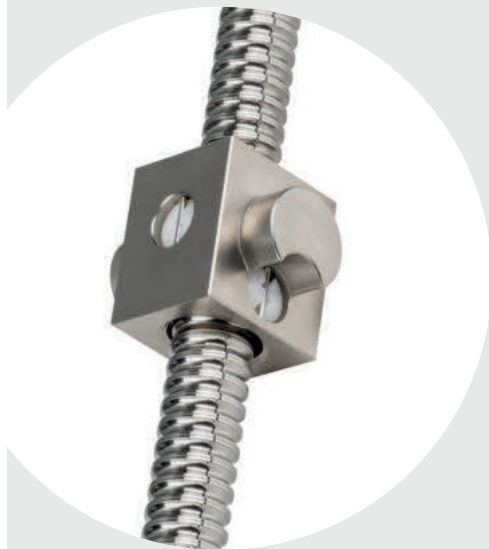
Einen Ausschnitt aus diesen Innovationen zeigen wir in der aktuellen Ausgabe der **antriebstechnik**: Kompakte und smarte Elektromotoren, Wälzlager und Getriebevarianten sowie energieeffiziente Technik für Prüfstände. Aber es gibt noch so viele gute Ideen mehr! Lesen Sie diese Ausgabe und freuen Sie sich schon auf die nächste.

Ihr Miles Meier
m.meier@vfmz.de



EichenbergerGewinde

Erhöhen Sie den
Wirkungsgrad mit
massgeschneiderten
Gewindetrieb Lösungen
von Eichenberger



100% Swiss made



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

www.eichenberger.com

Ein Unternehmen der Festo Gruppe

Passion for Perfect Motion



10



28



34

INHALT

EDITORIAL

03 Jetzt ist es passiert!

SOFTSTARTER

06 Menschen, Märkte, Unternehmen

10 Gemeinsam stark: Wie der türkische Maschinenbau die Krise als Chance nutzt

MECHANISCHE ANTRIEBSTECHNIK

GETRIEBE UND GETRIEBEMOTOREN

14 **TITEL** Technologieführerschaft als Anspruch

20 Effizient um die Ecke kommen

WÄLZ- UND GLEITLAGER

22 Härter und leichter als Stahl

ELEKTRISCHE ANTRIEBSTECHNIK

ELEKTROMOTOREN

24 Anschlussfertig und flexibel steuerbar

26 Gestanzte Musik zum Durchdrehen

KOMPONENTEN UND SOFTWARE

28 Mit Supraleitern bis in die Spitze



ANZEIGE

TITELBILD

LMT Tools, Schwarzenbek

SPECIAL: MONTAGE UND HANDHABUNG

- 30 Zahnriemen testen ohne Energieverschwendung
- 34 Minimierter Messversatz für präzise Ergebnisse
- 36 Sicher versenden mit Vibrations- und Schockprüfständen

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- 38 Bestimmung der Schraubenzusatzkräfte von beliebig rechtwinklig berandeten Mehrschraubenverbindungen

SERVICE

- 13 Impressum



MEIN TIPP

Auf Seite 10 lesen Sie das große Interview mit Kutlu Karavelioglu, dem Präsidenten von Turkish Machinery. Der Verbandsleiter der türkischen Maschinenexporteure spricht über Wachstum in Zeiten von Corona, die EU, Deutschland als Partner und das Problem mit Chinas Märkten. Ein spannendes Gespräch, durch das man den internationalen Maschinenbaumarkt aus einer anderen Perspektive kennenlernt.

*Ivo Greuloch,
Redakteur,
i.greuloch@vfmz.de*

BREMSEN

hydraulisch • pneumatisch • elektrisch
325 000 Nm



www.ringspann.de

RINGSPANN®

Ihr Nutzen ist unser Antrieb

Brems-Chopper
www.kimo.de **Bremsgeräte**
Spannungssteller
Sanftanlauf- und Sanftauslaufgeräte
Rückspeisefähige Frequenzumrichter


KIMO®
 Antriebstechnik

ANTRIEBSTECHNIK AUF KURS – PROGNOSE 2021 UM 10 % ERHÖHT



Anlässlich der Vorstandssitzung des VDMA Fachverbands Antriebstechnik am 15. Juli 2021 wurde die Umsatzprognose aus dem Frühjahr von + 5 auf + 10 % erhöht – trotz

Einschränkungen in den globalen Lieferketten. Entscheidend sind die stark angestiegenen Auftragseingänge, die von Januar bis Mai 2021 bei + 33 % im Vergleich zum Vorjahreszeitraum liegen. Allen voran Unternehmen aus den Bereichen Windkraft, Landtechnik, Baumaschinen und Fördertechnik, sowie die Exportmärkte USA und China stützen diese Entwicklung. Sorgen machen jedoch nach wie vor weltweite Engpässe, die Lieferschwierigkeiten bereiten und den Kostendruck verschärfen. Die Branche ist dennoch zuversichtlich, das laufende Jahr mit einem Umsatzplus von mindestens 10 % abzuschließen. Aufgrund von Kundenstruktur und Produktvielfalt der Antriebstechnik kann laut VDMA das Wachstum von Unternehmen zu Unternehmen stark variieren. Zudem hätten einige Akteure in der Automobilzulieferindustrie große Transformationsprozesse vor sich.

Bild: nikkytok – stock.adobe.com
www.vdma.org

ABB: VERKAUF VON „DODGE“ AN RBC BEARINGS BESIEGELT

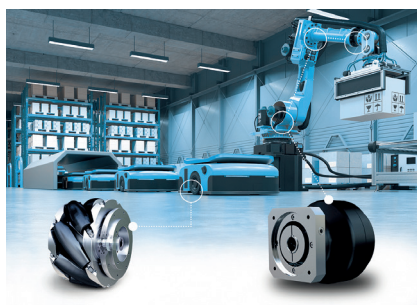


ABB hat eine Vereinbarung zum Verkauf der Division Mechanical Power Transmission (Dodge) an RBC Bearings Incorporated für 2,9 Mrd. USD bekannt gegeben. Der Abschluss der Transaktion soll bis

Ende 2021 erfolgen. Damit entsteht ein führender Hersteller von hochentwickelten Lagern und Motion-Control-Komponenten. „Wir freuen uns, dass Dodge seine erfolgreiche Wachstumsgeschichte unter dem Dach von RBC Bearings fortsetzen kann“, sagt Björn Rosengren, CEO von ABB. „Diese Transaktion wird die Bilanz von ABB weiter stärken.“ Dr. Michael J. Hartnett, Chairman, President und Chief Executive Officer von RBC Bearings ergänzt: „Mit dem Zusammenschluss stärkt RBC Bearings ihre Kompetenzen, Präsenz und den Zugang zu ihren Kunden. Gleichzeitig steigern wir das Wachstum in den attraktiven Endmärkten von Dodge. Beide Geschäftsfelder ergänzen sich hervorragend, wobei Dodge neue Angebote, neue Absatzmärkte und eine größere Reichweite in das neue Unternehmen einbringt.“

www.abb.com

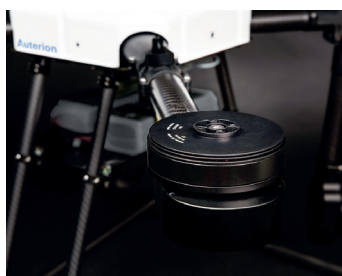
ANTRIEBSLÖSUNGEN FÜR DAS LAGER DER ZUKUNFT



Die Getriebespezialisten Nabtesco und Balance Drive sind Partner im Schweizer Innovationsprojekt „Intelligent Dark Warehouse“. Dieses bringt Hersteller zusammen mit dem Ziel, Lagerhäuser zu entwickeln, die intelligent agieren. „Dark

Warehouse“ steht für ein Lager, in dem einmal alle Prozesse autonom ablaufen sollen, von der Warenanlieferung bis hin zu Verpackung und Versand. Für das Projekt werden Systeme benötigt, die Prozesse miteinander kombinieren und sich selbstständig an sich ändernde Situationen anpassen können. Getriebe nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein. Konkret Zykloidgetriebe, wie sie Nabtesco herstellt, zeichnen sich durch eine hohe Präzision und Leistungsdichte aus. Speziell für fahrerlose Transportsysteme bietet Nabtesco zudem eine vollintegrierte und dezentrale Antriebseinheit mit Mecanum-Rad, die eine omnidirektionale Manövrierfähigkeit gewährleistet. Ergänzt wird diese Getriebekompetenz durch die Konstruktionserfahrung von Balance Drive.
www.nabtesco.de

DROHNEN WERDEN FLOTT GEMACHT FÜR FLOTTEN



Der Antriebshersteller Maxon und der Drohnen-Spezialist Auterion arbeiten bei der Entwicklung von Drohnen zusammen. Ziel der Kooperation ist der Aufbau ganzer Flotten autonom fliegender Fahrzeuge. Auterion bietet ein Programm von softwarebasierten Drohnen, Nutzlasten und Drittapplikationen in einer Plattform an, die auf Open-Source-Standards basiert. Maxon produziert Präzisionsmotoren, die z. B. auch dem autonomen Helikopter Ingenuity und dem Rover Perseverance die Erkundung des Mars ermöglicht haben. Nun werden das Skynode-Modul von Auterion und die BLDC-Motoren von Maxon kombiniert. Dies geschieht mithilfe einer Open-Source-Standardisierung, die für die nächste Phase der Drohnenbranche hinsichtlich Skalierung und Workflow-Management von Bedeutung ist. Ein offenes System vereinfacht Komponenten-Upgrades und den Betrieb einer gemischten Flotte mit kleinen, mittleren und Schwerlast-Drohnen. Die Kooperation berücksichtigt zudem bevorstehende Gesetze in Bezug auf Drohnen in den USA.

www.maxongroup.com

„DER DEUTSCHE INNOVATIONSPreis“: BOSCH REXROTH ÜBERZEUGT JURY



Bosch Rexroth ist für seine Automatisierungsplattform ctrlX Automation mit dem „Deutschen Innovationspreis 2021“ ausgezeichnet worden. „ctrlX Automation ist das Gehirn der modernen Fabrik“, erklärt Dr. Marc Wucherer, Mitglied des Vorstands der Bosch Rexroth AG, und fährt fort: „Mit der Plattform automatisieren Anwender ihre Prozesse, sie spricht verschiedene Programmiersprachen und integriert unterschiedliche Systeme zur Datenübertragung.“ Dies sind einige der wesentlichen Vorteile, mit denen sich die Lösung von den konventionellen starren Automatisierungslösungen abhebt und ctrlX Automation zu einem wichtigen Baustein für die Fabrik der Zukunft macht. Die Plattform bringt damit bisher getrennte Welten in einem durchgängig offenen und modularen System einfach zusammen: Maschinensteuerung, Informationstechnologie (IT) und das Internet der Dinge (IoT). Die Plattform bietet alle erforderlichen Soft- und Hardware-Komponenten für Automatisierungslösungen. Die Initiative „Deutscher Innovationspreis“ wurde 2010 von der WirtschaftsWoche, Accenture und EnBW gegründet und kürte Bosch Rexroth am 25. Juni unter der Schirmherrschaft von Bundesminister Peter Altmaier zum Sieger in der Kategorie „Großunternehmen“.

www.boschrexroth.de

SCHAEFFLER HEBT PROGNOSE AN



Der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler hat seine Zwischenmitteilung für die ersten drei Monate des Jahres 2021 vorgelegt. Im Berichtszeitraum lag der Umsatz der Schaeffler Gruppe bei 3,56 Mrd. EUR (Vorjahr: 3,281 Mrd. EUR). Der währungsbereinigte Anstieg um 11,2 % ist vor allem auf die deutliche Erholung der Sparte Automotive Technologies zurückzuführen, nachdem die Umsatzentwicklung in der Vorjahresperiode aufgrund der Coronavirus-Pandemie durch eine stark rückläufige Automobilproduktion belastet war. Klaus Rosenfeld, Vorsitzender des Vorstands der Schaeffler AG: „Das starke erste Quartal 2021 versetzt uns in die Lage, unsere Prognose für das laufende Jahr 2021 trotz der bestehenden Unwägbarkeiten nach oben anzupassen.“

www.schaeffler.com

Koyo

Japanese quality – trusted worldwide since 1921

Bearings for Rigidity



Get to know our bearings at www.koyo.eu

JTEKT GROUP

TUNNELBOHRMASCHINE – PRODUKTPALETTE VON EATON VERBAUT



Eine von Eaton unterstützte Studierendengruppe der TU München hat mit ihrem Konzept einer neuartigen Tunnelbohrmaschine das Finale des von Elon Musk ausgeschriebenen Wettbewerbs „Not-a-boring Competition“ erreicht.

Die Aufgabe besteht darin, eine Maschine zu entwickeln, mit der ein 30 m langer Tunnel mit einem Durchmesser von einem halben Meter schnell und präzise gebohrt werden kann. 400 Bewerbergruppen nahmen teil, zwölf davon treten im Finale gegeneinander an. Darunter die 60 Studierenden im TUM Boring-Team. Bei Entwicklung und Bau der Wettkampfmaschine bot Eaton Hilfestellung an: „Uns ist schnell klar geworden, welches Potenzial für die globalen Nachhaltigkeitsziele in einer Technologie steckt, mit der man schneller und einfacher Tunnel bohren kann“, so Stefan Rohmoser, Geschäftsführer Vertrieb von Eaton Deutschland. Das TUM Boring Team konnte bei der Realisierung auf die Produktpalette von Eaton zugreifen. Im Herbst 2021 wird das Automatiksystem in den USA vorgestellt.

www.eaton.com

BEM UM EINEN WEITEREN STARKEN PARTNER REICHER



Phoenix Contact E-Mobility ist neuer Partner im Bundesverband eMobilität e.V. (BEM), der sich dafür einsetzt, die Mobilität in Deutschland mithilfe erneuerbarer Energien auf Elektromobilität umzustellen.

Das Tochterunternehmen von Phoenix Contact bietet für den wachsenden Markt der Elektromobilität ein komplettes Portfolio an Ladetechnik-Komponenten, sowohl für die Elektrifizierung von Fahrzeugen als auch zum Aufbau moderner Ladeinfrastruktur. „Gemeinsam mit Kunden und Partnern setzen wir uns bereits seit mehr als zehn Jahren für innovative Produkte und Lösungen in der Elektromobilität ein“, sagt Michael Heinemann CEO der Phoenix Contact E-Mobility GmbH. Das Leitziel des BEM gehe einher mit dem eigenen Anspruch, sich für eine „All Electric Society“ zu engagieren. „Für uns war es ein logischer Schritt dem Bundesverband für Elektromobilität beizutreten und uns auf diesem Weg noch weiter mit Herstellern von Ladesystemen, den Nutzern aber auch den OEMs zu vernetzen“, so Heinemann weiter.

www.phoenixcontact.com

NEUER MARKETING-CHEF VON INDUSTRIE-EINHEIT BEI STABILUS



Christian Kirchbaumer ist neuer Head of Global Marketing der Geschäftseinheit Industrie der Stabilus-Gruppe. Zu dieser Einheit gehören die Marken ACE, Fabreeka, General Aerospace, Hahn Gasfedern und Tech Products.

Diese Marken beinhalten

Produkte und Dienstleistungen in der Dämpfungs- und Schwingungstechnik sowie zur Geschwindigkeitsregulierung und für die Sicherheit. Stabilus hat 2016 durch die Akquisition verschiedener Marken damit begonnen, das Geschäft mit Industriekunden voranzutreiben.

Christian Kirchbaumer verfügt über 15 Jahre Berufserfahrung in verschiedenen Positionen im internationalen Marketing und hat einschlägige Erfahrung mit Rebrandings, Positionierung von Marken und digitalem Marketing. In den nächsten Monaten soll er die weltweit tätigen Marketingteams der neu geformten Stabilus Business Unit Industrial zu einer global vernetzten Marketingeinheit formen und mit dieser u. a. die geplante Expansion im asiatischen Raum unterstützen.

www.ace-ace.de

BALLUFF: UMSATZ STEIGT WIEDER STARK



Der Gesamtumsatz der Balluff Gruppe ist im 1. Quartal 2021 auf 127 Mio. EUR gestiegen. Damit erreichte das Unternehmen wieder das Umsatzniveau vom 1. Quartal 2018, dem bisher stärksten Quartal. Die Auftragslage des Unternehmens aus Neuhausen verbesserte sich seit Ende des letzten Jahres: Im 1. Quartal 2021 verzeichnet Balluff ein Plus von 17 % im Auftragseingang verglichen mit dem Vorjahr. Damit ist die Auftragslage noch besser (+ 11 %) als im 1. Quartal des Rekordjahrs 2018. Wachstumsimpulse kommen vor allem aus den Regionen Asia Pacific und Nordamerika. Der wichtige europäische Markt nimmt dagegen – pandemiebedingt – erst langsam wieder Fahrt auf. Im Jahr 2020 erzielte die Gruppe einen Umsatz von 410 Mio. EUR (- 13 %). Mit einem Umsatzrückgang von 19 % war der deutschsprachige Raum am stärksten betroffen. Ein Meilenstein in diesem Jahr wird der Baubeginn des Neubaus in Neuhausen sein. Die Bauarbeiten werden voraussichtlich in der zweiten Jahreshälfte beginnen.

www.balluff.com

VERNETZEN SIE SICH MIT

antriebstechnikwww.antriebstechnik.dedigital.antriebstechnik.dewww.antriebstechnik.de/facebookwww.antriebstechnik.de/twitterwww.antriebstechnik.de/linkedinwww.antriebstechnik.de/xing**5G-TESTFELD OFFEN FÜR KLEINE UND MITTELSTÄNDISCHE BETRIEBE**

Nach Abschluss der aktiven Projektlaufzeit des Innovationsforums „5GrT - 5G-ready Testfeld im nördlichen Rheinland-Pfalz“ macht sich die Hochschule Koblenz an den Aufbau eines 5G-Testfeldes und sucht Partner.

Angesprochen werden insbesondere Firmen aus dem Maschinenbau und Automotive-Umfeld, die ihre Anwendungsfälle untersuchen wollen. Dazu Dr. Wolfgang Kiess vom Fachbereich Ingenieurwesen der Hochschule Koblenz: „Gerade für den deutschen Mittelstand ist es aufgrund der zukünftig erwartbaren großen Nachfrage nach 5G-fähigen Maschinen von Kundenseite wichtig, sich damit auseinanderzusetzen.“ Willkommen sind auch Unternehmen, die den 5G Standard nicht zwingend benötigen, sich aber für Mobilfunktechnologien wie LTE oder NB-IoT interessieren. Für den Aufbau des 5G-Testfelds wird derzeit ein Fördermittel-Antrag erarbeitet. „Dies ist gerade für KMU mit begrenzten Mitteln interessant, da der Einstieg in 5G hier zu einem Bruchteil der sonst anfallenden Kosten möglich sein wird“, so Kiess.

Bild: niruft - stock.adobe.com

www.hs-koblenz.de

Zahnriemen

[unsere große Liebe!]

Die kurzen

BRECOFLEXmove

[bärenstark & ab
knuddeligen 720 mm]



Zahnriementechnik aus Porta Westfalica. Das ist Bewegung.

Mehr unter www.breco.de



Kutlu Karavelioğlu,
Präsident Turkish Machinery

INTERNATIONALE KOOPERATIONEN

„GEMEINSAM STARK: WIE DER TÜRKISCHE MASCHINENBAU DIE KRISE ALS CHANCE NUTZT

Der türkische Maschinenbau hat technisch ein hohes Niveau erreicht und ist in der Lage, sich schnell an internationale Standards anzupassen.

Er zählt daher mit einer Exportquote von rund 55 % zu Europas sechstgrößtem Maschinen- und Zubehörhersteller der EU. Es liegt also nahe, mit einem starken Partner an der Seite Synergien zu nutzen und gemeinsam das Potenzial auszuschöpfen. Welche Vorteile sich dadurch für den deutschen Maschinenbau ergeben, darüber sprechen wir mit Kutlu Karavelioğlu.

Die Türkei ist der sechstgrößte Maschinenhersteller in Europa und belegt im internationalen Maschinenhandel Rang 27 (2020). 55 % der Exporte gehen an die EU. Mehr als 200 Länder in aller Welt setzen Maschinen und Anlagen aus der Türkei ein. Dennoch hinterlassen die Auswirkungen der Corona-Pandemie ihre Spuren. „Wir lassen ein turbulentes Jahr hinter uns und das aktuelle Jahr hält viele Herausforderungen für uns bereit. Zum einen befinden wir uns weiterhin in der Impfphase und es wird noch eine Weile dauern, bis wir zur Normalität zurückkehren können. Zum anderen ist es gerade jetzt wichtiger denn je, die Ziele für 2021 und 2022 abzustecken. Denn die sich stark verändernden Rahmenbedingungen, die wir gerade in vielerlei Hinsicht spüren, wirken sich auf Weltwirtschaft, Welthandel und die türkische Maschinenbauindustrie aus. Hinzu kommen weiter steigende protektionistische Maßnahmen einiger Länder. Für uns Maschinenbauer heißt es deshalb, jetzt die richtigen Strategien, Konzepte und Geschäftsmodelle auszuarbeiten, um die Negativbilanz aus 2020 zu glätten und uns für die Zukunft wettbewerbsfähig aufzustellen“, sagt Kutlu Karavelioğlu, Präsident Turkish Machinery (Vereinigung der Maschinenexporteure türkischer Maschinenbau). Doch wie lässt sich diese Herausforderung gemeinsam und partnerschaftlich meistern?



Mr. Karavelioğlu, wie ist die aktuelle Lage des Maschinenbaus in der Türkei?

Die Produktion läuft erfreulicherweise kontinuierlich weiter, sodass wir in der Lage sind, unsere Maschinen und Anlagen weiterhin ohne Einschnitte zu exportieren. Und das trotz der Corona-Pandemie. Denn die Auswirkungen sind nicht unbeachtlich: Strenge hygienische Maßnahmen in der Produktion und deutlich höhere Rohmaterialkosten wirken sich eher belastend aus. Wir freuen uns also, dass der türkische Maschinenbau wirtschaftlich gut dasteht. Auch im Bereich der Investitionen haben wir Positives zu berichten. Während die Investitionen im Maschinenbau im Jahr 2020 weltweit um 8 % zurückgegangen sind, verzeichnet die Türkei einen Anstieg von über 21 %. Ein Grund dafür ist der erhöhte Bedarf der Europäischen Union, den wir mit 55 % unserer Maschinenexporte decken. Maschinenbauer in der Türkei mussten also investieren, um ihre Produktionskapazitäten zu erhöhen. Auch die ausländischen Direktinvestitionen (FDI) in der Türkei wurden im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen erhöht. Während die EU im Jahr 2020 einen Rückgang von 12 bis 14 % verzeichnete, steigerte die Türkei ihr Produktionsvolumen im gleichen Zeitraum um starke 9 %.

Was zeichnet den türkischen Maschinenbau aus? Wo liegen seine Stärken?

Die Maschinenbauindustrie in der Türkei ist geprägt von überwiegend kleinen, aber auch mittelständischen Unternehmen (KMU). Das liegt daran, dass unsere Industrie beispielsweise im Vergleich zu Deutschland noch recht jung ist. Bis zur Corona-Pandemie war dies zu unserem Nachteil. Denn um ein Global Player zu sein, ist es häufig Voraussetzung, auf eine lange Unternehmenshistorie zurückblicken zu können. Mittlerweile sieht die Lage anders aus. Denn junge Unternehmen sind in der Regel flexibler und können schneller auf sich ändernde Marktbedingungen und Bedürfnisse ihrer Kunden reagieren.

Maschinenbauunternehmen in der Türkei sind offen gegenüber neuen Technologien. Ich möchte sogar behaupten, dass viele ungeduldig darauf warten, ihre neuen Technologien in ihren Unternehmen zum Einsatz bringen zu können. Und genau das ist ein Vorteil im weltweiten Wettbewerb: Neugier, Interesse und Motivation. Die Dynamik in der jungen Branche ermöglicht es ihnen sich international beweisen zu können. Türkische Maschinenbauer produzieren in 23 Branchensegmenten, können

auf ein hervorragendes Zulieferer-Netzwerk zurückgreifen und leisten branchenübergreifenden Support. Damit bedienen sie ein breites Spektrum im Ökosystem der Fertigungsindustrie weltweit.

Wie sieht die Entwicklung auf dem türkischen Maschinenmarkt im Vergleich zu den weltweiten Entwicklungen anderer Länder wie China, USA und Europa aus?

Hierzu kann ich keine pauschale Antwort geben, versuche aber gerne auf die einzelnen Länder und Ländergruppen einzugehen. In China beispielsweise gibt es enorme staatliche Unterstützungen und es herrscht großer Protektionismus. Bei Produkten im Low-Technology-Segment ist China daher unschlagbar. Die Türkei exportiert wenig nach China. Denn würden wir den Zielmarkt Asien mit Low-Technology-Produkten bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen erschließen wollen, so würden wir stets auf unsere chinesischen Mitbewerber stoßen. Wenn der chinesische Markt liberalisiert werden würde, könnte ein fairer Wettbewerb für die Türkei und Europa stattfinden.

Betrachten wir die USA, konnten wir bis zur Corona-Pandemie mit unserer Exportquote zufrieden sein. Mit der Pandemie ist der Bedarf an Maschinen und Anlagen für den US-Luftfahrtsektor jedoch zurückgegangen und die Arbeitslosigkeit stark angestiegen. Der US-Markt spielt für die Türkei eine wichtige Rolle. Denn die in die USA exportierten Maschinen haben einen hohen Wertschöpfungsanteil und unsere Exportpreise pro Einheit sind auf einem guten Niveau. Zudem werden gegenseitige Investitionen getätigt.

Europa müssen wir detaillierter betrachten. Der für uns wichtigste Markt in Europa ist Deutschland, und zwar nicht nur als Absatzmarkt, sondern auch als wichtiger Partner und Leistungsträger. Die Maschinenexporte nach Deutschland sind in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. Gleichzeitig sind unsere Importe aus Deutschland relativ hoch. Wir erwarten, dass sich die Handelsbilanz in naher Zukunft einpendeln wird. Denn das ist nicht nur für nachhaltige Beziehungen wichtig, sondern auch für die bilaterale Partizipation der gegenseitigen Stärken. Länder wie Italien, Frankreich und die Niederlande sind ebenfalls wichtige Handelspartner für uns.

Zusammenfassend würde ich sagen, dass China im fairen Wettbewerb nicht als Gefahr eingestuft werden sollte; Deutschland ist und bleibt in Sachen Technologie unser Vorbild, von dem wir viel lernen können.



Worin sehen Sie aktuell die größten Herausforderungen, einerseits bedingt durch die Schwierigkeiten der Corona-Pandemie, andererseits durch den internationalen Wettbewerb?

Das Corona-Virus hat uns gezeigt, wie sensibel und zerbrechlich die Welt ist, in der wir leben. Kategorisierungen zwischen Industrie, Natur, Gesellschaft und Mensch wurden überflüssig und wir haben erkannt, dass es um das große Ganze geht und wir eine umfassende Herangehensweise und Umgangsart mit Umwelteinflüssen wie der aktuellen Pandemie benötigen. Wir haben feststellen müssen, dass die Menschheit in keiner Weise auf eine derartige Pandemie vorbereitet ist.

Beim Thema Wettbewerb sind alle internationalen Wirtschaftsakteure sehr routiniert. Aufgrund der Globalisierung wissen wir, wie klein die Welt doch ist, was, wo und wie produziert werden

„EUROPA KONZENTRIERT SICH WIEDER AUF SEINEN EIGENEN BESCHAFFUNGSMARKT

muss. Auf der anderen Seite hat die Pandemie uns Maschinenbauern gelehrt, dass Produkte nicht über den Preis, sondern über ausgezeichnete Technologie und Zuverlässigkeit vermarktet werden: „Erhöhe deine Preise, aber nicht das Risiko“. Die Zeiten, in der immer mehr Kompromisse in Bezug auf Qualität, sprachliche Barrieren oder Zeitzonen gemacht wurden, sind vorbei. Die Beziehungen gen Osten sind auf dem Abwärtstrend und Europa konzentriert sich wieder auf den eigenen Beschaffungsmarkt.

Wir müssen die Probleme, die sich durch uns Menschen, durch die Natur und durch unsere Gesellschaft entwickelt haben nun aus einer anderen Perspektive betrachten. Der europäische Green Deal und die Digitalisierungsstrategien Europas geben uns hier Anhaltspunkte.

Was erwartet uns aus Ihrer Sicht in 2021?

Während wir in 2020 noch die Covid-Fallzahlen beobachteten, verfolgen wir dieses Jahr die Zahl der geimpften Personen – das bringt Hoffnung und gleichzeitig Ungeduld. Experten erwarten ein globales Wirtschaftswachstum von 4 %. Der Handel von Wa-

ren und Maschinen soll um etwa 8 % steigen. Dennoch erreichen wir noch nicht das Niveau von 2019. Der Vergleich Q1-2019 vs. Q1-2021 zeigt, dass wir die Exporte um 750 Mio. USD steigern und die Pandemie hinter uns lassen konnten. Zum Jahresende wird ein Anstieg der Exporte um 13 % erwartet, sodass wir ein Exportvolumen von 21 Mrd. USD erreichen sollten. Der Anteil Deutschlands wird hier 15 % sein. Gleichzeitig werden wir aus Deutschland Waren im Wert von 4,5 Mrd. USD importieren.

Sie sprechen davon, jetzt die richtigen Strategien, Konzepte und Business-Modelle auszuarbeiten. Wie möchten Sie hier vorgehen?

Es gibt keine pauschal anwendbare globale Strategie. Was ich aber sagen kann ist, dass die kommenden Maßnahmen aktuelle Faktoren wie Klimawandel, Digitalisierung, Naturkatastrophen, Energieressourcen sowie Migrationsbewegungen und die damit verbundenen Erschwernisse für die Branche mitberücksichtigt werden müssen. Auf der anderen Seite müssen Herausforderungen wie die Marktwirtschaft China und Handelskriege mit einfließen. Wir leben in einem schwierigen Zeitalter und müssen in unseren Lösungsstrategien neu denken. Dabei steht beispielsweise der Ausbau von Kooperationen ganz weit oben auf der Agenda. Denn nur gemeinsam sind wir stark.

Besorgniserregend sind die steigenden Importe aus China. Im Verhältnis zu 2019 sind diese im Jahr 2020 um 49,9 % gestiegen. Man geht davon aus, dass China die offensiven Exportstrategien fortsetzen wird. Wie kann man sich dagegen behaupten?

Ich hoffe, dass die hohe Importquote aus China pandemiebedingt ist. Denn wie wir wissen, ist China am schnellsten zur Normalität zurückgekehrt, während viele Länder noch im Shutdown waren und nicht produzieren konnten. China hat diese schwierige Lage für sich genutzt und ist voll durchgestartet. Dennoch gehe ich davon aus, dass diese Entwicklung nicht nachhaltig sein wird. In einem ausgeglichenen Wettbewerb unter selbigen Voraussetzungen wäre China mit seinen Exporten sicher nicht so durch die Decke gegangen. China muss die Grenzen öffnen sowie indirekte Staatshilfen und Finanzierungen stoppen. Kurzum: China den Rücken zu kehren wäre der falsche Weg, situationsbedingt ist es aber die logische Konsequenz. Wir müssen also dafür sorgen, dass China seine Türen öffnet und ein Miteinander in einem fairen Wettbewerbsrahmen möglich wird.

Neben den Herausforderungen der Globalisierung müssen sich gerade auch kleine und mittelständische Unternehmen mit dem Thema Digitalisierung auseinandersetzen. Was bedeutet das für die Unternehmen?

Natürlich beschäftigen sich unsere Unternehmen aktiv mit dem Thema Digitalisierung. Aber wir sind noch am Anfang, auch wenn der Begriff Industrie 4.0 dieses Jahr sein 10-jähriges Jubiläum feiert. Die Nase vorn haben die Branchen Konsumgüter und Finanzwesen, gefolgt von der Produktionsgüterindustrie. Das ist nicht nur bei uns in der Türkei so. Bis auf wenige Ausnahmen der EU-Mitgliedsstaaten ist die Situation ähnlich. Aus meiner Sicht ist es wichtig, die Basis und Infrastruktur zu schaffen, auf der die Digitalisierung der Unternehmen aufsetzen kann.

Was müssen Unternehmen tun, wie müssen Sie die digitale Transformation angehen? Wichtig ist ein „digitales Verständnis“ zu entwickeln und dazu haben wir im letzten Monat ein „Glossar“ in drei Sprachen (Türkisch, Englisch, Deutsch) herausgebracht. Schauen Sie einfach einmal unter folgendem Link und stöbern Sie ein wenig: www.digital-glossary.com. Als nächstes folgt ein sogenannter „Digitalisierungs-Guide“, der die unterschiedlichen Branchen beleuchtet.

Wie weit ist der Maschinenmarkt im Bereich der Digitalisierung, betrachten wir beispielsweise „Machine Learning“? Diese Technologie gilt als wegweisend für Maschinen und Anlagen der Zukunft.

Machine Learning und Deep Learning sind für unsere Branche sehr wichtig. Um diese Technologien sinnvoll nutzen und auch weiterentwickeln zu können, benötigen wir eine stabile Infrastruktur. Der Bedarf an 5G-Technologie ist in diesem Zusammen-

hang hoch! Solange keine 5G-Technologie flächendeckend verfügbar ist, können wir diesen Wandel aus meiner Sicht nicht effizient umsetzen. Bisher sind wir sehr gut aufgestellt im Bereich digitaler Service-Dienstleistungen, Predictive Maintenance und Condition Monitoring aus der Ferne. Unser Ziel ist jedoch, Maschinen und Anlagen mit einer Intelligenz auszustatten und Entwicklungen, z. B. in der kollaborativen Robotik voranzutreiben. Wir fordern daher technische Open Source Software-Lösungen, damit auch KMU's hiervon partizipieren können.

Wo können sich Unternehmen über den türkischen Maschinenbau informieren und wie kommen Sie an konkrete Hilfestellung?

Wie bereits eingangs erwähnt, ist Deutschland in jeder Hinsicht ein attraktives Partnerland für türkische Maschinenbauer. Damit wir die Aktivitäten und Entwicklungen unmittelbar verfolgen können, haben wir seit vielen Jahren in Braunschweig eine Niederlassung. Herr Ahmet Yilmaz ist als Deutschland Repräsentant mit seinem Team vor Ort und steht in stetigem Austausch mit Unternehmen, Institutionen, Organisationen und diversen Partnern von Turkish Machinery. Sie unterstützen gerne bei allen Vorhaben und Fragen rund um den türkischen Maschinenbau und sind erreichbar unter folgender E-Mail-Adresse: deutschland@turkishmachinery.org.

Bilder: Aufmacher muratart – stock.adobe.com & Onidji – stock.adobe.com;
01: Turkish Machinery, 02: czdistagon@rambler.ru

Das Interview führte Dipl.-Ing. (FH) Nicole Steinicke, Ltd. Chefredakteurin, Vereinigte Fachverlage

<http://turkishmachinery.org/de>

IMPRESSUM

antriebstechnik

erscheint 2021 im 60. Jahrgang,
ISSN 0722-8546 / ISSN E-Paper: 2747-7991

REDAKTION

Redakteure: Miles Meier (mm), Tel.: 06131/992-208,
E-Mail: m.meier@vfmz.de
(verantwortlich i.S.d. § 18 Abs. 2 MStV)

Ivo Greuloch (Vol.) (ig), Tel.: 06131/992-353,
E-Mail: i.greuloch@vfmz.de

Vanessa Weingärtner (Vol.) (vv), Tel.: 06131/992-352,
E-Mail: v.weingaertner@vfmz.de

Redaktionsassistent:

Melanie Lerch, Tel.: 06131/992-261,
Petra Weidt, Tel.: 06131/992-371,
Ulla Winter, Tel.: 06131/992-347,
E-Mail: redaktionsassistent_vfv@vfmz.de,
(Redaktionsadresse siehe Verlag)

GESTALTUNG

Anette Fröder, Sonja Daniel, Conny Grothe

SALES

Oliver Jennen, Tel.: 06131/992-262,
E-Mail: o.jennen@vfmz.de

Andreas Zepig, Tel.: 06131/992-206,
E-Mail: a.zepig@vfmz.de

Anzeigenpreisliste: Heike Rauschkolb,
Tel.: 06131/992-241, E-Mail: h.rauschkolb@vfmz.de

Anzeigenpreisliste Nr. 57: gültig ab 1. Oktober 2020

LESERSERVICE

vertriebsunion meynen GmbH & Co. KG,
Große Hub 10, 65344 Eltville, Tel.: 06123/9238-266
Bitte teilen Sie uns Anschriften- und sonstige
Änderungen Ihrer Bezugsdaten schriftlich mit
(Fax: 06123/9238-267, E-Mail: vfv@vertriebsunion.de).

Preise und Lieferbedingungen:

Einzelheftpreis: € 15,50 (zzgl. Versandkosten)
Jahresabonnement Inland: € 153,- (inkl. Versandkosten)
Jahresabonnement Ausland: € 168,- (inkl. Versandkosten)
Abonnements verlängern sich automatisch um ein
weiteres Jahr, wenn sie nicht spätestens vier Wochen vor
Ablauf des Bezugsjahres schriftlich gekündigt werden.

VERLAG

Vereinigte Fachverlage GmbH
Lise-Meitner-Straße 2, 55129 Mainz
Postfach 100465, 55135 Mainz
Tel.: 06131/992-0, Fax: 06131/992-100
E-Mail: info@vfmz.de, www.vereinigte-fachverlage.de
Handelsregister-Nr.: HRB 2270, Amtsgericht Mainz
Umsatzsteuer-ID: DE149063659
Ein Unternehmen der Cahensly Medien

Geschäftsführer: Dr. Olaf Theisen, Matthias Niewiem

Gesellschafter: P.P. Cahensly GmbH & Co. KG,

Karl-Härle-Straße 2, 56075 Koblenz

Verlagsleiter: Dr. Michael Werner, Tel.: 06131/992-401

Chef vom Dienst: Dipl.-Ing. (FH) Winfried Bauer

Leitende Chefredakteurin: Dipl.-Ing. (FH) Nicole Steinicke

Head of Sales: Carmen Nawrath

Tel.: 06131/992-245, E-Mail: c.nawrath@vfmz.de

(verantwortlich für den Anzeigenteil)

Vertrieb: Sarina Granzin, Tel.: 06131/992-148,

E-Mail: s.granzin@vfmz.de

DRUCK UND VERARBEITUNG

Westdeutsche Verlags- und Druckerei GmbH
Kurfürstenstraße 4 - 6, 64546 Mörfelden-Walldorf

DATENSPEICHERUNG

Ihre Daten werden von der Vereinigte Fachverlage GmbH
gespeichert, um Ihnen berufsbezogene, hochwertige Infor-
mationen zukommen zu lassen. Sowie möglicherweise von
ausgewählten Unternehmen genutzt, um Sie über berufs-

bezogene Produkte und Dienstleistungen zu informieren.
Dieser Speicherung und Nutzung kann jederzeit schriftlich
beim Verlag widersprochen werden (vertrieb@vfmz.de).

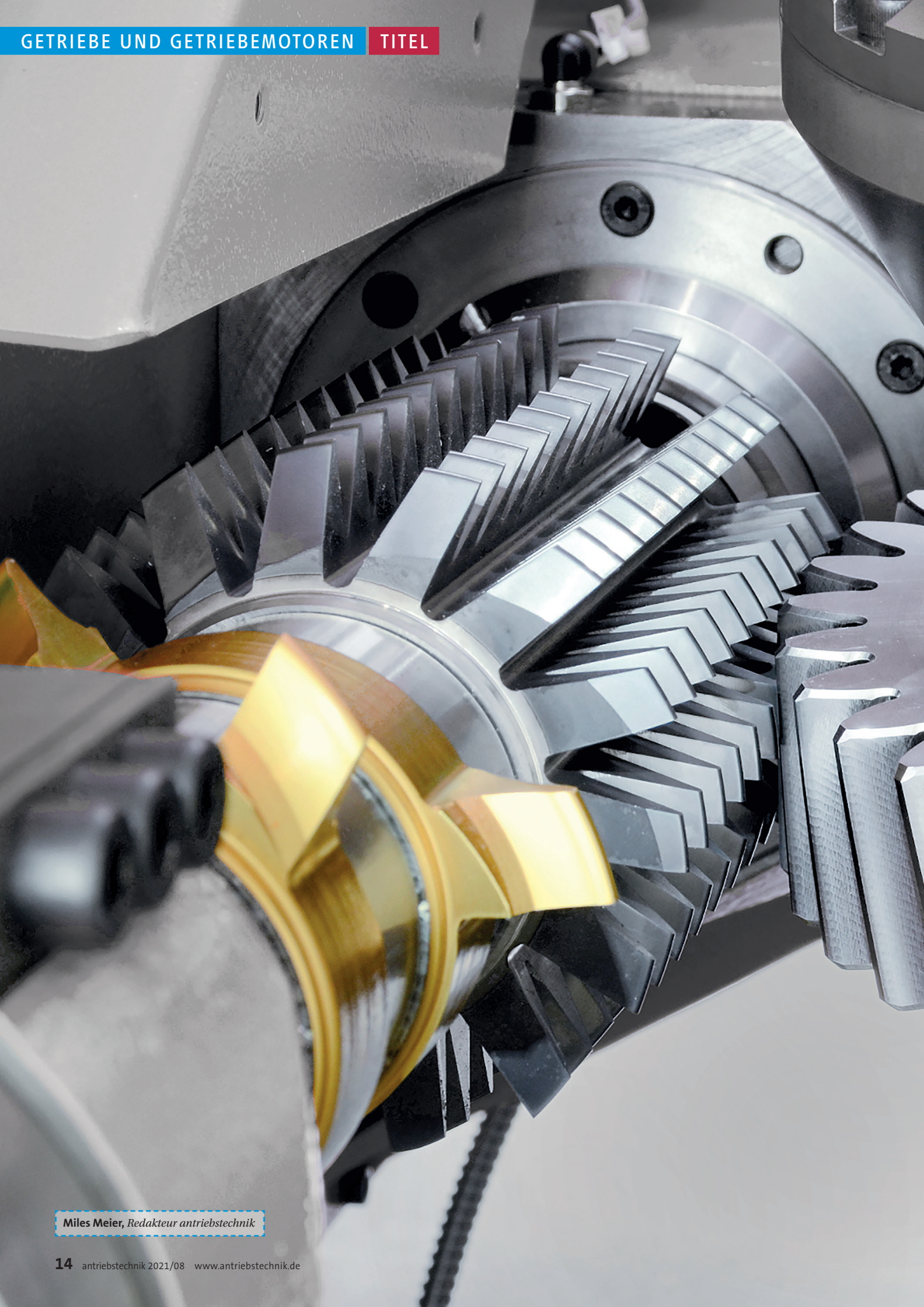
Die Zeitschrift sowie alle in ihr enthaltenen Beiträge und
Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit der
Annahme des redaktionellen Contents (Texte, Fotos,
Grafiken etc.) und seiner Veröffentlichung in dieser
Zeitschrift geht das umfassende, ausschließliche, räum-
lich, zeitlich und inhaltlich unbeschränkte Nutzungsrecht
auf den Verlag über. Dies umfasst insbesondere das Recht
zur Veröffentlichung in Printmedien aller Art sowie
entsprechender Vervielfältigung und Verbreitung, das
Recht zur Bearbeitung, Umgestaltung und Übersetzung,
das Recht zur Nutzung für eigene Werbezwecke, das
Recht zur elektronischen/digitalen Verwertung, z. B. Ein-
speicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen,
zur Veröffentlichung in Datenbanken sowie Datenträger
jedweder Art, wie z. B. die Darstellung im Rahmen von
Internet- und Online-Dienstleistungen, CD-ROM, CD und
DVD und der Datenbanknutzung und das Recht, die vor-
genannten Nutzungsrechte auf Dritte zu übertragen, d. h.
Nachdruckrechte einzuräumen. Eine Haftung für die Rich-
tigkeit des redaktionellen Contents kann trotz sorgfältiger
Prüfung durch die Redaktion nicht übernommen werden.
Signierte Beiträge stellen nicht unbedingt die Ansicht der
Redaktion dar. Für unverlangt eingesandte Manuskripte
kann keine Gewähr übernommen werden. Grundsätzlich
dürfen nur Werke eingesandt werden, über deren Nut-
zungsrechte der Einsender verfügt, und die nicht gleichzei-
tig an anderer Stelle zur Veröffentlichung eingereicht oder
bereits veröffentlicht wurden.

Datenschutzerklärung: ds-vfv@vfmz.de

Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen.



Mitglied der Informations-Gemeinschaft
zur Feststellung der Verbreitung von
Werbeträgern e. V. (IVW), Berlin.



Miles Meier, Redakteur antriebstechnik



VERZÄHNUNGSWERKZEUGE

TECHNOLOGIEFÜHRER- SCHAFT ALS ANSPRUCH

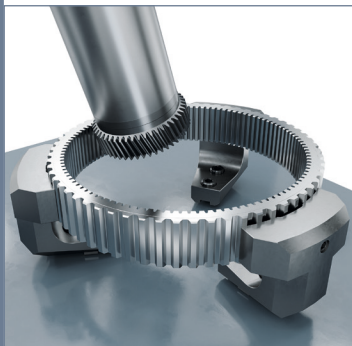
Innovatives Arbeiten gehört für LMT Tools zum Alltag – in über 100 Jahren Unternehmensgeschichte blickt man heute in der Verzahnungstechnik auf zahlreiche spannende Werkzeugentwicklungen. So überrascht es auch nicht, dass das Unternehmen die Tradition weiterführt und mit dem ChamferCut und dem GearSkiving, einer Lösung für das Wälzschälen, immer wieder Maßstäbe und neue Impulse auf dem Markt setzt.

Zahnräder sind beinahe so alt wie die Geschichte selbst, und Zahnräder aus Metall gab es schon in der Antike, wie der berühmte Mechanismus von Antikythera aus dem ersten Jahrhundert v. Chr. beweist. Schon damals wurden die Zahnräder wohl aus Blech herausgetrennt. Modernere Techniken stammen aus dem 19. Jahrhundert. Das Wälzfräsen wurde 1856 erfunden, setzte sich aber erst um die Jahrhundertwende durch. Im Jahr 1916 stellte Wilhelm Fette in Hamburg-Altona Wälzfräser her und legte damit die Grundlage für die Unternehmen LMT Fette und später LMT Tools, die bis heute mit ihren Verzahnungsverfahren immer wieder Benchmarks setzen.

Heute vereint LMT Tools mit LMT Belin, LMT Fette, LMT Kieninger und LMT Onsrud die Kompetenzen führender Spezialisten der Präzisionswerkzeugtechnik unter einem Dach. Das weltweit agierende Unternehmen hat Niederlassungen und Produktionsstandorte in Europa, Asien und Nordamerika. Forschung und Entwicklung wird von einem global vernetzten R&D-Team vorangetrieben, darunter auch die Verzahnungstechniker bei LMT Fette in Schwarzenbek. „Mit gebündelter Innovationskraft arbeiten wir kontinuierlich an neuen Produkten, Technologien und Lösungen“, erläutert Michel Meyer, Projektingenieur Entwicklung & Verzahnung bei LMT Tools. „Unsere Kunden stehen vor wachsenden Herausforderungen in der Produktion, nicht nur in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit von Prozessen. Mit passgenauen Werkzeugen können wir diesen Entwicklungen begegnen.“ Wie Werkzeugneuheiten Performance steigern und Kosten senken können, zeigt der

GEARSKIVING: SIMULATION SCHAFFT SICHERHEIT

Beim Wälzschälen (engl. Gear Skiving) steht das Werkzeug unter einem definierten Winkel zur Achse des zu bearbeitenden Werkstücks. Durch diesen sogenannten Achskreuzwinkel in Verbindung mit einer synchronen Bewegung zwischen Werkzeug- und Werkstückachse sowie einem axialen Vorschub wird die Verzahnung ausgebildet. Es ist ein sehr präzises und schnelles Verfahren, stellt aber hohe Anforderungen an die eingesetzten Werkzeuge. Sind diese nicht optimal ausgelegt, kommt es verfahrensbedingt sehr schnell zum Verschleiß. Eine leistungsstarke



Lösung ermöglicht LMT Fette mit einer selbst entwickelten Simulationssoftware. Diese erlaubt bereits in der Designphase eine detaillierte Beurteilung der relevanten Prozesskennwerte unter Berücksichtigung der jeweiligen Kundenanforderungen. So können

alle Schwierigkeiten im Vorfeld beseitigt und schon im Simulationsprozess das ideale Werkzeug je nach Bedarf entwickelt und kreiert werden. Aber auch beim Werkzeug selbst hat LMT Fette innovative Verfahren für die Schneidkantenpräparation entwickelt. Eine gezielte Verrundung und eine speziell ausgelegte Schneidengeometrie verbessern Effizienz und Bearbeitungssicherheit.

CHAMFERCUT: ENTGRATEN BIS ZUM ZAHNGRUND

Kompakte Bauteile stellen Hersteller bei Verzahnungs- und Entgratbearbeitungen vor immer neue Herausforderungen. Der ChamferCut als Werkzeugsystem auf einem Dorn mit einem Wälzfräser ermöglicht mit einer entsprechen-



den Software das Verzahnen und Anfasen auf einer Spindel. Damit können alle Vorteile des patentierten Verfahrens einfach auf bestehenden Wälzfräsmaschinen genutzt werden. Weiterentwicklungen machen nun auch die Bearbeitung von kompakten Bauteilen möglich: Kollisionsprobleme reduzieren die

Auswahl der einsetzbaren Entgratverfahren. Besonders Hersteller von Wellen kennen diese Anforderungen. Mit der Weiterentwicklung des ChamferCut-CG (Collision Gear) durch LMT Fette lässt sich nun selbst an besonders nahen Störkonturen die Lücke bis in den Zahngrund entgraten. Mit einer separaten Spindel oder einer Stand-alone-Maschine wird sogar das hauptzeitparallele Anfasen von Werkstücken möglich. Mit dem ChamferCut-IG (Internal Gear) können auch Innenverzahnungen spanend entgratet und angefast werden. Der Prozess erfolgt dabei äquivalent zur konventionellen Bearbeitung mit einem ChamferCut, die Zahnücke wird mit einem Schnitt beidseitig angefast. Die großen Einsparpotenziale gehen damit auch bei Innenverzahnungen in Serie.

SpeedCore Wälzfräser: „Ein echter Standard in der Verzahnungsindustrie“, sagt Meyer. Mit dem SpeedCore können die thermischen und mechanischen Belastungen der Werkzeuge beim Wälzfräsen besser beherrscht werden. Ein neuer Schneidstoff mit höherer Wärmehärte macht es so möglich, auf vorhandenen Anlagen durch eine höhere Schnittfrequenz eine größere Produktivität zu generieren.

GENAUIGKEIT UND TIEFE AUF EXTREMEN NIVEAU

Ganz neu im Portfolio von LMT Fette ist das GearSkiving. Dabei handelt es sich um das sogenannte Wälzschälen, dass bereits vor über 100 Jahren von Wilhelm von Pittler patentiert wurde. Den Durchbruch des Verzahnverfahrens erfuhr der Prozess mit dem Fortschritt in der Maschinenteknologie um die Jahrtausendwende. Maschinen waren nun in der Lage, die Drehzahlen mit entsprechender Synchronisation für den Prozess bereit zu stellen. Für die Verzahnungsspezialisten von LMT Fette galt, die Entwicklung leistungsstarker Lösungen für den Kunden voranzutreiben und die Methode so auf ein neues Level zu heben. Eine eigens entwickelte Simulationssoftware unterstützt dabei den Weg von der Kundenzeichnung bis zum sicheren und erfolgreichen Werkzeugeinsatz. „Mit dieser Software können wir den idealen Prozess entwickeln“, erläutert Meyer. „Wir müssen für jede Kundenanwendung genau verstehen, was zwischen Werkstück und Schneide passiert. Die zahlreichen Faktoren, die in der wälzschä-

„IMMER IN BEWEGUNG“

Klaus Wichmann ist Produktmanager der Produktlinie Verzahnen bei LMT Tools. Im Gespräch mit der antriebstechnik erklärt er, wie LMT Tools die Qualität mit und für seine Kunden steigert und welche Entwicklungen der Verzahnungsexperte für die Zukunft der Verzahnungstechnik noch im Köcher hat.

Herr Wichmann, wie gelingt es, solche Innovationen wie das GearSkiving bei LMT auf den Markt zu bringen?

Wir können ja auf eine lange Geschichte im Verzahnen zurückblicken und liefern immer wieder neue Impulse in diesem Bereich. Besondere Leistungsmerkmale wie damals beim ersten Wälzfräser zeichnen auch unsere heutigen Produkte aus. Beim GearSkiving, also Wälzschälen, setzen wir vor allem auf die richtige Weiterentwicklung eines bereits etablierten Verfahrens, um einen neuen Standard zu setzen.

Und wie ist es Ihnen in dem Fall gelungen?

Wie bei unseren anderen Erfolgsprodukten, etwa dem SpeedCore-Wälzfräser oder dem ChamferCut arbeiten wir kunden- und lösungsorientiert. Wir verkaufen nicht nur das Werkzeug, sondern denken den gesamten Prozess mit. Der SpeedCore ermöglicht Anwendern, z. B. bei der Zahnradproduktion, richtig an Tempo zuzulegen. Damit haben wir Industriestandard geschaffen. Im konkreten Fall des GearSkiving spielt unsere selbstentwickelte Software eine große Rolle. Mit deren Hilfe können wir sehr tief und sehr genau die Vorgänge in der Anwendung des Kunden vorhersagen und ihm dadurch wertvolle Hinweise für Anwendung und Betrieb seiner Werkzeuge geben.

Dieser Weg bedarf sicher einer Menge Kommunikation zwischen LMT Tools und seinen Kunden.

Unser Kunde kann sich darauf verlassen, dass er bei LMT Tools in besten Händen ist, wir seine Bedürfnisse wahrnehmen und ihn entsprechend beraten. Damit schaffen wir viel Vertrauen, was eben auch wiederum das Feedback verbessert. Wir arbeiten auch nach der Auslieferung eng mit unseren Kunden zusammen und reagieren auf deren Rückmeldungen um unseren Service weiter zu verbessern.

Wie sehen Sie die mittelfristige Marktentwicklung im Bereich Zahnräder?

Zahnräder sind in unglaublich vielen Geräten verbaut, von der Zahnbürste bis zum riesigen Windrad. Die Anforderungen verändern sich stetig, das zeigt der Trend zu exotischen Materialien und hochfesten Metall-Legierungen. In Zukunft werden auch kleine und kleinste Toleranzen eine große Rolle spielen. Da können wir mit unseren hochpräzisen Verfahren den Markt bedienen. Grundsätz-



ES MUSS PASSEN

KLAUS WICHMANN, PRODUKTMANAGER VERZAHNEN

lich kann es aber sein, dass die Zahl der zu produzierenden Zahnräder sinkt, gerade im Blick auf die Veränderungen im Automotive-Bereich. Doch auch in Elektrofahrzeugen findet man ein Getriebe und Zahnräder. Die Anforderungen an die Verzahnungen sind jedoch höher. Schallemission und Effizienz sind wichtige Themen, die den Fokus auf Qualität und Präzision der Zahnräder legen. Um die großen Drehzahlen von E-Motoren zu bändigen, eignen sich Planetengetriebe als Übersetzung, hier können wir mit dem GearSkiving beste Lösungen bieten.

Welche Vorteile bietet das Verfahren für Planetengetriebe?

Wir können bei der Bearbeitung von Innenverzahnungen wie Planetenradträger in Planetengetrieben ganz neue Akzente setzen. Im Gegensatz zu Außenverzahnungen werden Innenverzahnungen nach dem Härten häufig weder geschliffen noch gehont. Daher bedarf es einer sehr genauen Vorarbeit. Wir liefern hier ein äußerst präzises Werkzeug, denn sonst würde unser Kunde Ungenauigkeiten am Werkstück erfahren. Wir liefern ihm aber ein hochpräzises Schneidrad, das passgenau auf den kunden-spezifischen Prozess abgestimmt ist und höchste Anforderungen an Qualität, Wirtschaftlichkeit und Prozesssicherheit erfüllt.

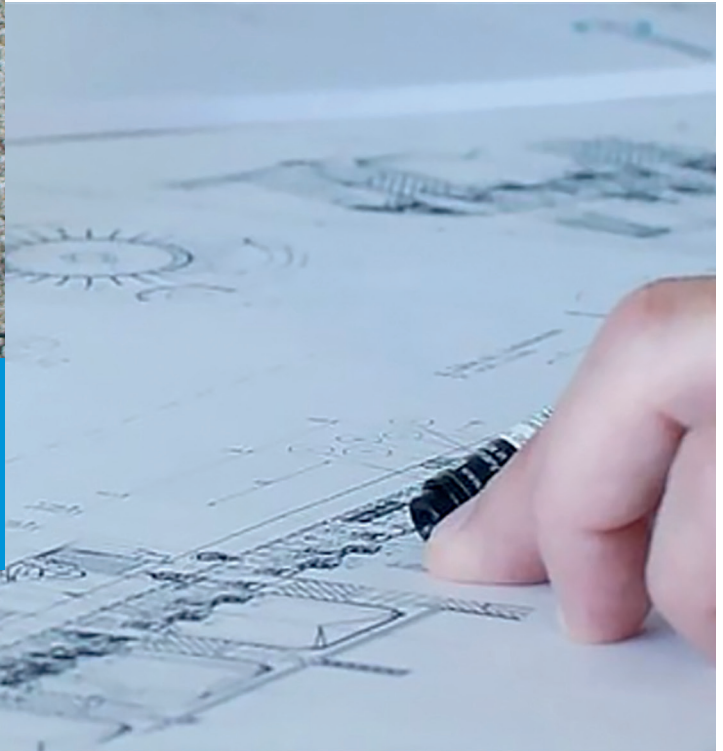
Mit welchen Innovationen wird LMT den Markt in Zukunft überraschen?

LMT Fette als Teil von LMT Tools sucht immer und überall nach schlummernden Potenzialen. Als Verzahnungsspezialist arbeiten wir mit unseren Entwicklern sowohl an neuen Werkzeuglösungen, als auch an innovativen Weiterentwicklungen. Es gibt durchaus noch Prozesse im Bereich Verzahnung, in denen wir unser Know-how nutzen können. Dabei muss es natürlich immer zu unseren Kunden und Partnern passen, aber wir sind immer in Bewegung. Lassen Sie sich also überraschen.



„WIR BRENNEN HIER FÜR DIE VERZÄHNUNGSTECHNIK

MICHAEL MEYER, PROJEKTINGENIEUR
ENTWICKLUNG & VERZÄHNUNG



lenden Zerspanung zum Tragen kommen, lassen sich in unserer Software abbilden.“ Der Vorteil für den Kunden: Anhand dieser Simulation lässt sich das ideale Werkzeug mit dem passenden Prozess für den jeweiligen Anwendungsfall entwickeln. Denn Profilform, Ausführung der Schneidkante, Beschichtung und Schneidstoff beeinflussen die Prozessgüte. Meyer beschreibt: „Die komplette Entwicklung der Simulationssoftware ist inhouse durchgeführt worden. Unsere Expertise ist also bereits tief in der Programmierung verankert.“

Der Blick in die Tiefe ist ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zum Wettbewerb: „Qualität bedeutet für uns, den entscheidenden Blick aufs Ganze zu gewinnen. Wir fordern für die Planung des konkreten Werkzeugs viele Daten an und analysieren mit unserer Software den Prozess individuell.“ Um diese Qualität zu erreichen und zu halten, sind hochqualifizierte Mitarbeiter notwendig. „Wir brennen hier für die Verzahnungstechnik“, sagt Meyer und lächelt.

Kompetentes Fachpersonal zu finden, denen Verzahnung und Getriebe tatsächlich am Herzen liegen, ist für LMT Tools eine wichtige Aufgabe. Gleichzeitig wird auf Weiterbildung gesetzt, um das Feuer der Präzisionswerkzeugtechnik auch anderswo zu entfachen. So ist Michel Meyer als Gastdozent für Zahnradtechnologie und Getriebetechnik an der Technischen Hochschule Lübeck tätig. „LMT Tools ist in vielen technischen Bereichen erfolgreich, dennoch ist das Verzahnen etwas Besonderes. In der Tradition als Technik-Pionier können wir hier die Zukunft der Verzahnungswelt mitgestalten und unsere Technologieführerschaft ausbauen“, erklärt der Projektingenieur. „Ge-

meinsam wollen wir unsere Technologieführerschaft ausbauen. Deshalb erhalten neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Rahmen eines Onboarding-Programms alle Einblicke, die sie brauchen, um Teil der Erfolgsgeschichte zu werden.“

PARTNERSCHAFT MIT KUNDEN

Um den eigenen Qualitätsansprüchen zu genügen, stellt LMT Tools seine Werkzeuge zu einem großen Teil auf eigens modifizierten Maschinen her. „Eigentlich können wir nur so die von uns selbst geforderte Genauigkeit erreichen“, erklärt Meyer. Ebenfalls von großer Bedeutung für das Unternehmen ist die enge Zusammenarbeit mit Kunden und Partnern. „Beim gemeinsamen Austausch profitiert nicht nur der Kunde, auch wir als LMT Tools erhalten immer neue Erkenntnisse. Wir können im Detail erfassen, worauf der Kunde Wert legt und wie wir ihn bestmöglich unterstützen können.“ In der Zusammenarbeit mit den Kunden entsteht so ein Vertrauen, welches oft über viele Jahre wachsen kann und Bestand hat.

Die Technologiepartnerschaft von LMT Tools mit Liebherr ist dafür ein eindrucksvolles Beispiel. Bei der ChamferCut-Entgratungstechnologie (siehe Kasten) arbeiteten beide Unternehmen eng zusammen. Auch in Zukunft soll das ChamferCut-Verfahren gemeinsam kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Bilder: LMT Tools

www.lmt-tools.com

SICHER UND VERSCHLEISSFREI AUCH BEI TEMPO UND HITZE

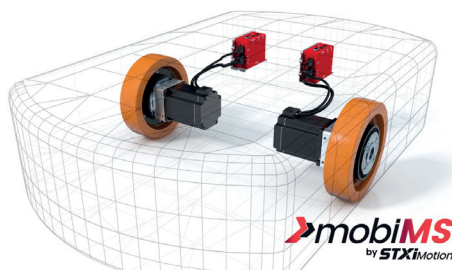


Mit Iglidur AX500 hat Igus einen verschleißfesten Werkstoff für Hochtemperaturanwendungen in der Lebensmittel- und Verpackungsindustrie entwickelt, der gleichzeitig elektrostatisch ableitend ist. AX500 steigert die Lebensdauer von Gleitlagern, die hohen Geschwindigkeiten ausgesetzt sind. Seine ESD-Eigenschaften sorgen dafür, dass zum Beispiel kleine Tüten mit Gummibärchen während der automatisierten Zuführung nicht aneinanderhaften. In staubigen Umgebungen, etwa bei der Verarbeitung von Mehl, wird Funkenflug verhindert. Im

Hochtemperaturbereich lässt sich der Werkstoff unter anderem in Backöfen oder bei der Flaschenreinigung einsetzen. Auch der Kontakt mit Lebensmitteln ist kein Problem, da das tribologisch abgerundete Polymer keine Schmierung benötigt. Zudem besteht Konformität gemäß EU-Verordnung 10/2011. AX500 soll im Vergleich zum Iglidur A500 mit einem bis zu dreimal besseren Verschleißwert punkten und ist in Standardabmessungen von sechs bis 20 mm Durchmesser erhältlich.

www.igus.de

MIT ALL-IN-ONE-LÖSUNG GEREGLT AUF DER ÜBERHOLSPUR

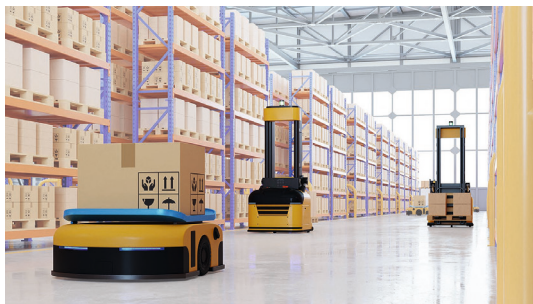


Der israelische Anbieter STXI Motion stellt sein neues Motion-System mobiMS vor, das speziell für fahrerlose Transportfahrzeuge (FTS/AGV) und autonome mobile Roboter (AMR) in der Intralogistik entwickelt wurde. Das mobiMS besteht aus dem mobiGM, einem sinuskommutierten bürstenlosen Servomotor mit Federkraftbremse, Gebersystem, einem schrägverzahnten Planetengetriebe und dem Servoregler servSD. Dieser hohe Integrationsgrad verringert den Verkabe-

lungs- und Konstruktionsaufwand. Aktuell ist das Radantriebssystem in zwei Leistungsklassen verfügbar: 500 W und 900 W. „Bei der Entwicklung vom mobiMS war uns vor allem die Leistungsdichte sowie die Robustheit wichtig. Dies zeigt sich unter anderem bei der stark dimensionierten Abtriebslagerung des Nabengetriebes sowie der kurzen Baulänge der Motorgetriebeeinheit, so Produktmanager Siegfried Pries. Das System mit Safe Torque Off deckt einen breiten Geschwindigkeitsbereich ab. Gleichzeitig wird der Stromverbrauch so gering wie möglich gehalten.

www.stixm.com

BREMSEN FÜR FAHRERLOSE TRANSPORTSYSTEME



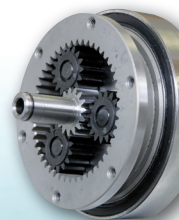
In fahrerlosen Transportsystemen (engl.: Automated Guided Vehicles, AGV) setzen Anbieter oft elektromagnetische Bremsen von Kendrion ein. Das Unternehmen bietet ein umfangreiches Standard-Sortiment und maßgeschneiderte Lösungen. Bei den Flurförderzeugen ist Kendrion in Europa Marktführer bei Federkraftbremsen für die Fahrzeugklassen 2 und 3. Das Unternehmen bietet für alle elektrisch betriebenen Fahrzeuge auf dem Markt

eine Lösung und arbeitet dafür eng mit dem Anwender zusammen. Nicht immer müssen dabei Sonderlösungen entstehen oder Modifikationen vorgenommen werden. Bei klassischen AGV können oftmals Sicherheitsbremsen aus dem Standardportfolio zum Einsatz kommen – für Sonderlösungen bietet Kendrion auch besonders kleine oder flache Bremsen für den Antriebsstrang in allen Drehmomentbereichen an.

Bild: istockphoto/Vanit Janthra

www.kendrion.com

Punktlandung in Präzision und Qualität



Sondergetriebe



GSC Schwörer GmbH
Antriebstechnik
Oberbränder Straße 70
79871 Eisenbach

www.gsc-schwoerer.de

MESSGERÄTE FÜR DIE MEDIZINTECHNIK

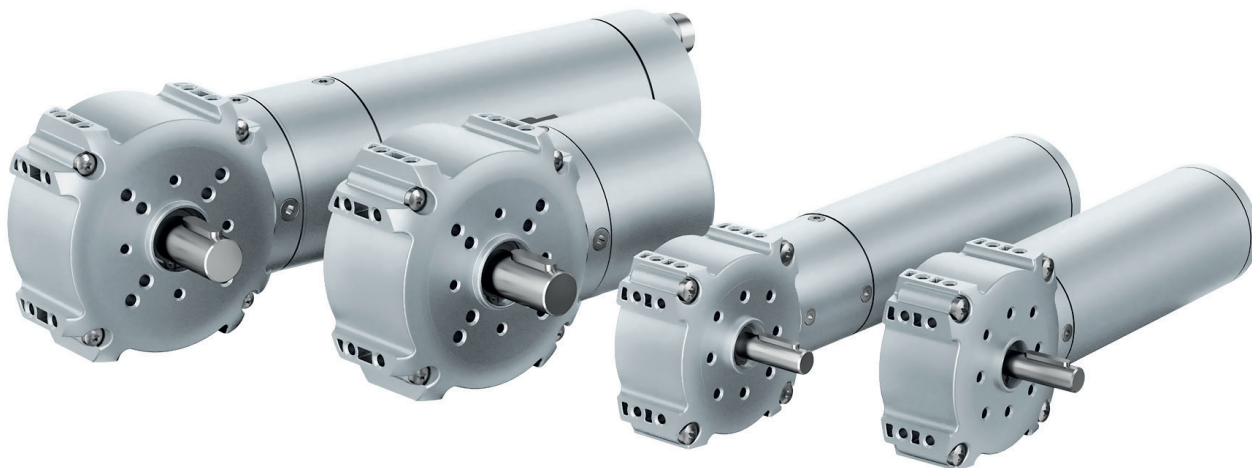


Messgeräte von AMO arbeiten präzise, sind unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störfeldern und lassen sich flexibel in die Mechanik von Therapie- und Diagnosegeräten integrieren. Die Systeme basieren auf dem Amosin-Messprinzip und bestehen aus induktiven Sensoren. Sie arbeiten mit einer Auflösung von bis zu 0,05 µm und ermöglichen Genauigkeiten von bis zu ±3 µm Bogenlänge bzw. +/-3 µm/m nach linearer Kompensation bei Längenmessgeräten.

www.amo-gmbh.com

KRONENRADGETRIEBE

EFFIZIENT UM DIE ECKE KOMMEN



Soll eine Antriebsleistung „ums Eck gehen“, sind zur Untersetzung hochdrehender Elektromotoren Kegel- oder Schneckenradgetriebe weit verbreitet. Diese können allerdings prinzipbedingt an ihre Grenzen stoßen. Teils müssen beschränkte Untersetzungen, Achsversatz und schlechtere Wirkungsgrade hingenommen und deshalb die Komponenten größer dimensioniert werden. Kronenradgetriebe von Ebm-Papst sollen hierfür Abhilfe schaffen.

Bei standardmäßigen Winkelgetrieben sind die Wirkungsgrade recht hoch. Allerdings ist ihre Herstellung aufwendig, was sich auch im Preis niederschlägt. Mit der Kronenradtechnologie kann vor allem ein wirtschaftliches und effizientes Winkelgetriebe verwirklicht werden. In Bereichen wie der dezentralen Antriebstechnik ist dieses energieeffiziente Getriebe nun neu in den Fokus gerückt. Die richtige Kombination aus effizienten Motoren, Getrieben und Steuerungen ermöglicht auch im Leistungsbereich unter 250 W hohe Energieeinsparungen. Da dezentrale Antriebstechnik durch ihre Flexibilität im Maschinen- und Anlagenbau massiv an Bedeutung gewonnen hat, gibt es immer mehr solcher Antriebe. Getriebe, die mit möglichst hohem Wirkungsgrad arbeiten, sind deshalb gefragt.

Aus diesem Grund hat der Getriebehersteller Zeitlauf, der heute zu Ebm-Papst gehört, die EtaCrown-Baureihe entwickelt. Die Kronenradgetriebe EtaCrown und EtaCrownPlus decken in unterschiedlichen Baugrößen die Untersetzungen im einstufigen Bereich bis 10:1, zweistufig bis 113:1 und dreistufig bis 289:1 ab. Im einstufigen Bereich erreichen die Kronenradgetriebe dabei Wirkungsgrade von über 90 % und lassen sich laut Hersteller wirtschaftlicher herstellen als Kegelradgetriebe. Prinzipbedingt stellen Kronenradgetriebe zudem geringere Anforderungen an die Achsabendstellung als Kegelradgetriebe und erreichen bereits aus einer Stufe eine Untersetzung von 10:1 (Kegelrad: 5:1).

WIRKUNGSGRAD VON ÜBER 90 %

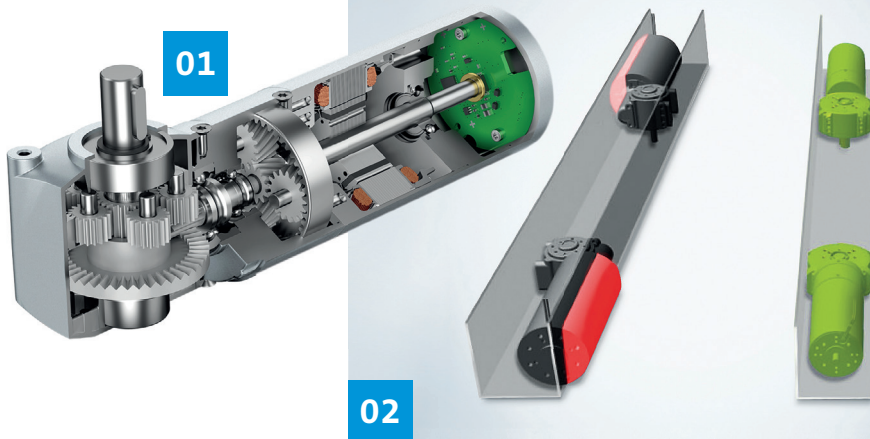
Die kegelförmigen Zahnräder von Kegelradgetrieben sorgen dafür, dass Kronenradgetriebe für viele Anwendungen einsetzbar sind. Die Getriebefunktion ist nur dann einwandfrei, wenn sich die Mittellinien der Kegelräder genau in einem Punkt schneiden. Schon Wärmeausdehnung kann die Funktion daher beeinträchtigen. Schneckenradgetriebe sind da weniger empfindlich, jedoch ist bei ihnen die Richtung des Kraftflusses ungünstig. Das Drehmoment bewirkt in erster Linie eine Zug- bzw. Druckbelastung des Schneckenritzels. Da das Ritzel auf dem Schneckenrad gleitet, werden so je nach Untersetzung bis zu 2/3 der eingebrachten Antriebsenergie in Wärme umgewandelt. Der Motor und das Getriebe müssen daher größer dimensioniert werden als eigentlich notwendig, um die gewünschte Leistung zu erreichen. Zusätzlich ist die axiale Belastung der Schnecke durch entsprechend dimensionierte Axiallager aufzufangen.

Bei den Kronenradgetrieben EtaCrown und EtaCrownPlus aus dem Ebm-Papst Antriebsbaukasten ist das anders: Das evolventische Antriebsritzel baut zylinderförmig und der Kontakt zwischen Ritzel und Abtriebsrad ist ein Wälzkontakt, es treten kaum Reibungsverluste auf. Der Wirkungsgrad liegt daher auch bei hohen Untersetzungen im Bereich von 90 %. Die Motorleistung steht so fast vollständig der Antriebsaufgabe zur Verfügung. Oft kann man den Antriebsmotor zudem kleiner dimensionieren und Bauraum sowie Kosten sparen. Da beim EtaCrown der Motor mit Antriebsritzel und die Abtriebsachse in einer Ebene liegen, lässt sich das Getriebe problemlos auch spiegelverkehrt einbauen, das reduziert die Lagerhaltung und vereinfacht die Logistik.

Friedrich Obermeyer, Technologie & Methoden im Bereich Industrielle Antriebstechnik, ebm-papst St. Georgen

01 Bei den Kronenradgetrieben baut das evolventische Antriebsritzel zylinderförmig und der Kontakt zwischen Ritzel und Abtriebsrad ist ein Wälzkontakt, es treten kaum Reibungsverluste auf

02 Durch die versatzlose Bauweise ist die Motor-Kronenradgetriebe-Kombination in den Türprofilen integrierbar – es gibt keine Motorüberstände, was Aussparungen oder zusätzliche Abstandsflansche zur Überbrückung von Abständen vermeidet



WEITERE EIGENSCHAFTEN DES GETRIEBES

Häufige Gründe für den Einsatz von Kronenradgetrieben sind neben den hohen Wirkungsgraden das hohe übertragbare Drehmoment und die fehlende Selbsthemmung. Bei Schranken und Zugangskontrollsystemen z. B. lassen sich die Getriebe im Notfall auch bei hoher Untersetzung problemlos manuell zurückdrehen, ohne dass Komponenten zur Entkopplung notwendig sind, um den Antrieb vor Beschädigung zu schützen.

Durch die versatzlose Bauweise ist die Motor-Getriebe-Kombination zudem gut in den Türprofilen integrierbar. Es gibt keine Motorüberstände. Das vermeidet Aussparungen oder zusätzliche Abstandsflansche zur Überbrückung von Abständen. Die Symmetrie in der Getriebekonstruktion macht Versionen für linken oder rechten Anschlag überflüssig. Die Bremse kann direkt an der Antriebswelle oder aber wie gewohnt an der B-Seite des Motors montiert werden, was den Aufbau vereinfacht und das Antriebssystem kompakter macht.

BREITES EINSATZFELD MÖGLICH

Weitere Anwendungsbereiche für die vielseitigen Winkelgetriebe sind z. B. Hubwagen oder fahrerlose Transportsysteme. Hohe übertragbare Drehmomente, Langlebigkeit sowie kompakte Abmessungen sind Eigenschaften, die das Kronenradgetriebe auszeichnen. Zudem weisen die Getriebe hohe Zuverlässigkeit, Laufruhe und geringe Erwärmung auf, weswegen sie auch in der Medizintechnik einsetzbar sind.

EtaCrown und EtaCrownPlus sind Teil des Ebm-Papst Baukastensystems und können mit allen DC- und EC-Motoren sowie Bremsen und Gebern kombiniert werden. Individuelle Antriebskomplettlösungen aus einer Hand mit aufeinander abgestimmten Komponenten lassen sich im Online-Portal einfach zusammenstellen. Mithilfe definierter Vorzugstypen sind ausgewählte Antriebskonfigurationen innerhalb von 48 Stunden versandfertig. So können zum Beispiel Bemusterungen in kurzer Zeit realisiert werden.

Fotos: Ebm-Papst

www.ebmpapst.com

DIE IDEE



„Ziel der Produktentwicklung war es, eine Getriebelösung zu schaffen, wo zuvor eine Kombination aus Getriebesystemen und Komponenten zur Anwendung kamen. Durch den Einsatz von Kronenradgetrieben können wir dem Kunden nun ein wesentlich breiteres Funktionsfeld in seinem Produkt bieten.“



Friedrich Obermeyer, Technologie & Methoden im Bereich Industrielle Antriebstechnik, Ebm-Papst St. Georgen



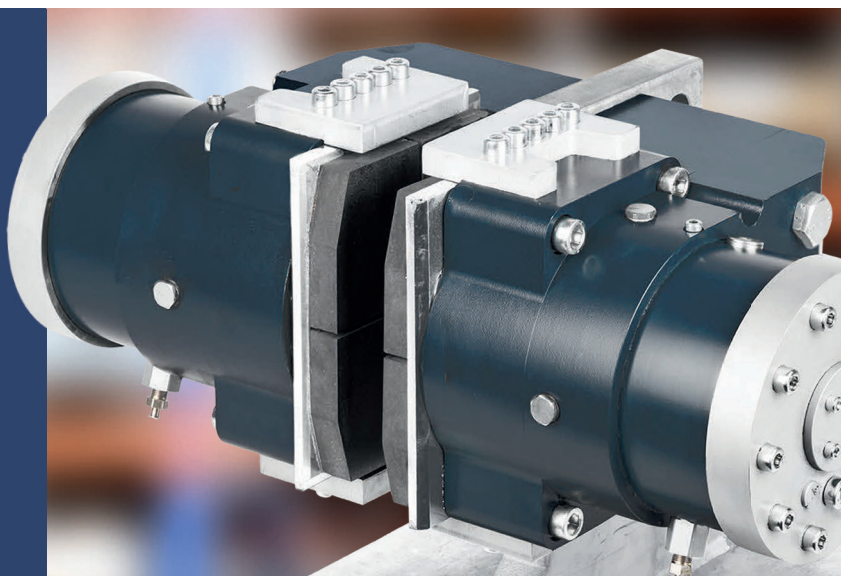
ELEPHANT BRAKES
BY RIETSCHOTEN

Die EBS-Serie

- › federbetätigt, hydraulisch geöffnet
- › Bremskräfte von 15 bis 400 kN
- › als Fest- und Schwimmsattelbremsen verfügbar

Robust und zuverlässig.
Unsere **ELEPHANT BRAKES SAFETY** Serie

lassen Sie sich jetzt beraten: E-Mail: info@rietschoten.de • www.rietschoten.de • Telefon: 0511 - 37207-0



HYBRIDLAGER

HÄRTER UND LEICHTER
ALS STAHL

Mit Kermikkugeln aus Siliziumnitrid fertigt das Unternehmen CeramicSpeed verschleißarme und temperaturbeständige Lager an. Umfangreiche Tests nach den Standards der European Space Agency bescheinigen ihre Weltraumtauglichkeit. Jetzt wollen die Dänen mit den Eigenschaften der Hybridkugellager auch in der deutschen Industrielandschaft überzeugen.

CeramicSpeed ist zertifizierter und zugelassener Hersteller von hochwertigen Lagern für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrttechnologie. „Die Satelliten von GomSpace sind definitiv unsere bisher speziellste Anwendung“, sagt Anders Thormann, CEO CeramicSpeed Bearings A/S. Das Unternehmen aus dem dänischen Holstebro ist vor einiger Zeit eine Zusammenarbeit mit dem ebenfalls dänischen Hersteller für Nano-Satelliten, GomSpace, eingegangen.

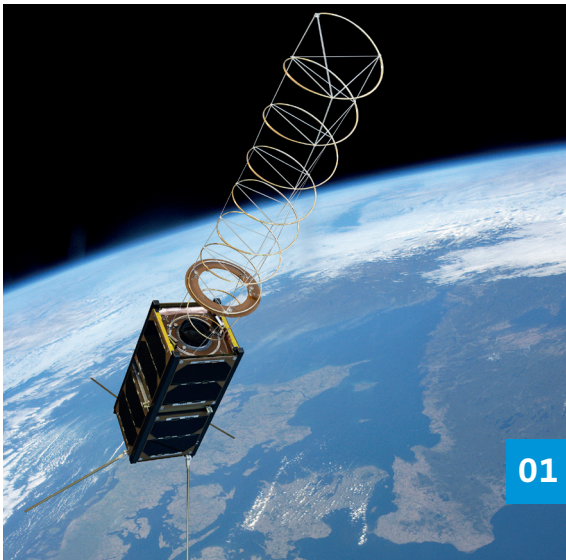
Damit die handgefertigten Lager in Raumfahrzeugen funktionieren, müssen sie unter anspruchsvollen Bedingungen wie stark schwankenden Temperaturen, dem absoluten Vakuum und heftigen Beschleunigungskräften während des Raketenstarts arbeiten können. Die CeramicSpeed Lager sind mit Siliziumnitrid-Keramikugeln ausgestattet, die über einen extrem niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten verfügen. Dadurch sind sie hervorragend für Umgebungen geeignet, in denen Temperaturschwankungen zwischen sehr hohen und tiefen Werten erwartet werden, wie dies im Weltall der Fall ist. „Während der dreijährigen Entwicklungszeit haben unsere Lager verschiedene schwierige Tests nach den Anforderungen der ESA (European

Space Agency) bestanden“, erläutert Thormann: „Bis zum heutigen Tag arbeiten die CeramicSpeed Lager noch immer – bereits über ihre erwartete Lebensdauer hinaus – und bilden einen erfolgreichen Abschluss für das Projekt und die Zusammenarbeit.“

INDUSTRIELAND DEUTSCHLAND IM FOKUS

Die Geschichte von CeramicSpeed beginnt vor 17 Jahren. Damals stellte der Gründer und CEO Jacob Csizmadia das Potenzial von Keramik-Hybridlagern zum ersten Mal in Inline-Skates unter Beweis, was ihm den Rekord im 24-Stunden-Inline-Skating einbrachte. Nachdem er beim Skaten die Reibungsarmut von Hybridlagern erfolgreich demonstrieren konnte, sah Csizmadia schnell die Chancen im professionellen Radsport und ließ bereits in den frühen 90er Jahren das erste Lager im Peloton der Tour de France einbauen. 2004 gründete er schließlich das Unternehmen CeramicSpeed, 2009 folgte die Gründung von CeramicSpeed Bearings mit dem Fokus auf Hybridlager für industrielle Anwendungen. Insbesondere Deutschland bietet als „größter Industriemarkt der Welt“ für das Portfolio von CeramicSpeed ein hohes Anwendungspotenzial, sagt Thormann. „Derzeit sind wir dabei, unseren ersten deutschen Mitarbeiter einzustellen, um bestehende und künftige Vertriebshändler in der gesamten DACH-Region zu unterstützen.“

Doris Bünnagel, Fachjournalistin



01



02

01 Nach dreijähriger Entwicklungszeit bestehen die Hybridkugellager für Nano-Satelliten auch unter den Bedingungen des Weltalls

02 Die korrosionsfreien Hybridkugellager erzielen unter nassen und anspruchsvollen Umgebungen eine lange Lebensdauer

GERINGE KONTAKTFLÄCHE ZWISCHEN KUGEL UND LAGERSPUR

CeramicSpeed-Kugeln bestehen aus Siliziumnitrid, das 128 Prozent härter ist als Stahlkugeln. Die erhöhte Härte führt zu einer verringerten Kontaktfläche zwischen Kugel und Lagerspur, was zu geringerer Reibung und höherer Leistung führt. Ihre Eigenschaften machen die Keramikugeln außerdem 58 Prozent leichter als Stahl. Das führt zu erheblichen Energieeinsparungen bei allen Maschinen. Das geringere Gewicht verringert die Fliehkraft, wenn sich das Lager dreht. Es reduziert den Verschleiß drastisch und hält das Lager länger in einem guten Zustand. Zusätzlicher Vorteil: das Lager kann eine um bis zu 50 Prozent höhere Drehzahl erreichen. Daher werden die Lager in anspruchsvollen Hochgeschwindigkeitsanwendungen wie Werkzeugmaschinen und Turbomaschinen eingesetzt. Einer der Hauptvorteile von Keramik gegenüber Stahl ist auch der extrem niedrige Reibungskoeffizient, der den Schmierbedarf erheblich reduziert.

In der Verfahrenstechnik sind bislang Edelstahllager auf dem Vormarsch, da dort der Einsatz von Standardlagern wegen häufiger Reinigung, anspruchsvoller Chemikalien oder allgemein feuchter Umgebungsbedingungen erschwert wird. Bei vielen Ingenieuren und Wartungsspezialisten haben sie allerdings keinen guten Ruf, da sie meist weder die Erwartungen an die Lagerlebensdauer noch an die Korrosionsbeständigkeit ganz erfüllen. Die üblicherweise in Lagern verwendeten Edelstähle (AISI 420 und AISI 440C) stellen nämlich einen Kompromiss zwischen Härte und Korrosionsbeständigkeit dar. Mit anderen Worten: Der Vorteil an Korrosionsbeständigkeit geht zulasten der Härte. Dadurch mindert sich die Tragfähigkeit des Lagers. Beim Einsatz in feuchten oder gar nassen Umgebungen und Anwendungen zerstört das Wasser die Viskosität von Schmierstoffen. Das beeinträchtigt den wirksamen Aufbau eines Schmierfilms zur vollständigen Trennung von Lagerringen und Wälzkörpern. Der direkte Kontakt der Stahlbauteile, abrasiver Verschleiß und Grauflecken sind die Folgen – bei Edelstahllagern wegen des weichen Stahls sogar noch schneller.

HYBRIDKONSTRUKTION VERMEIDET MIKROVERSCHLEISS UND GRAUFLECKENBILDUNG

Mit der Einführung von korrosionsfreien Hybridkugellagern, also Lagern aus Edelstahllagern und keramischen Siliziumnitridkugeln, entfällt das Risiko von Mikroverschleiß und damit von Graufleckenbildung vollständig. Das Prinzip ist dabei

einfach: Siliziumnitrid ist ein Isolator und lässt sich daher mit keinem Metall verschweißen. Es bilden sich keine Grauflecken und Oberflächenschäden bleiben aus. Erfahrungen aus Praxis-tests belegen eine vier- bis achtmal höhere Lebensdauer von Edelstahl-Hybridlagern im Vergleich zu Standard-Edstahllagern. Dieser Vorteil garantiert einen profitablen Business Case, trotz der höheren Anschaffungskosten von Hybridlagern.

Fotos: CeramicSpeed Bearings A/S

www.ceramicspeed.com/de/industry

DIE IDEE



„Immer mehr Unternehmen erkennen mittlerweile das Potenzial von Lagern zur Optimierung ihrer Geschäftsprozesse. Die Produkte von CeramicSpeed Bearings machen dabei den entscheidenden Unterschied in einer Reihe von Anwendungen – von Industrieanlagen über elektrische Maschinen bis hin zu Rad- und Motorsport.“



Anders Thormann, CEO CeramicSpeed Bearings A/S, Holstebro

ANSCHLUSSFERTIG UND FLEXIBEL STEUERBAR



Der Hamotic Varicon Synchron-Kompaktantrieb 2,2 kW ist eine anschlussfertige Antriebslösung für eine unkomplizierte Inbetriebnahme. Sein hoher Wirkungsgrad und optimierte Leistungselektronik machen den Synchronmotor auch im Teillastbereich effizient. Der Hersteller empfiehlt das Arbeitsgerät insbesondere für Pumpenanwendungen und in der Lufttechnik.

Alle Gehäuseteile des Hamotic Varicon Synchron-Kompaktantrieb 2,2 kW sind aus Aluminiumlegierungen gefertigt. Damit erreicht der Antrieb der Hanning Elektro-Werke eine hohe und langlebige Festigkeit gegen Schlag und Stoßbelastung bei gleichzeitig geringem Gewicht. Die Welle des Motors ist in korrosionsbeständigem Edelstahl ausgeführt und kann nach Wunsch bearbeitet werden. Die Montage verschiedener Spritzschutzringe und auch doppelt gedichteter Kugellager schützt den Motor gegen eindringendes Wasser. Für die meisten Pumpenanwendungen ist IP55 ausreichend, für besondere Anwendungen kann sogar die Schutzklasse IP68 erreicht werden. Für den Anbau des Synchron-Kompaktantriebs an Pumpen, Lüfter oder andere Lastmaschinen sind Flansche der IEC-Normenreihe Baugröße 71 bis 112 verfügbar. Anwendungsspezifische Lagerschildausführungen für die direkte Montage des Antriebs erzielen platzsparende Lösungen, welche mit Standardflanschen nicht erreichbar sind.

Während die Synchron-Kompaktantriebe bis 1,5 kW noch eine im Motor integrierte Umrichterelektronik besaßen, befindet sich nun die gesamte Steuerungselektronik in einem separaten Aluminiumgehäuse. Dadurch kann der leistungsfähige Umrichter auf Motoren mit verschiedenen Abmessungen montiert werden. Mit der von der Leistungselektronik gelieferten elektrischen Energie können somit niedrig drehende Motoren mit maximalem

Drehmoment betrieben werden. Für Anwendungen, bei denen der Antrieb außergewöhnlich hohen Umweltbelastungen ausgesetzt wird und extra geschützt werden muss, ist der Betrieb mit abgesetztem Umrichter möglich. Der Motor wird dazu mit einem vorkonfektionierten Kabel mit dem Umrichter verbunden. Die Elektronik kann bis zu 3 m entfernt an einer geeigneten Stelle installiert werden.

NEUE SCHALTUNG GLEICHT SPANNUNGSSCHWANKUNGEN AUS

Die gesamte Elektronik der Motorsteuerung wurde neu konzipiert. Die 2,2 kW Elektronik ist jetzt durchgängig modular aufgebaut und kann für besondere Anwendungsfälle noch einfacher angepasst werden. Der Antriebsrechner ist für den Betrieb mit der Motorauslegung bereits optimal vorkonfiguriert. Kenntnisse über den Betrieb eines Synchronmotors und eine entsprechende Parametrierung des Umrichters sind nicht erforderlich. Um die Elektronik auch in schwierigen elektrischen Umgebungen sicher

Leistung	Nenn Drehzahl	Nennmoment *	Baugröße
2,2 kW	3 000 min ⁻¹	7,0 Nm	80
2,2 kW	2 500 min ⁻¹	8,4 Nm	80
2,2 kW	2 000 min ⁻¹	10,5 Nm	90
2,2 kW	1 500 min ⁻¹	14,0 Nm	112

* Das erreichbare Anlaufmoment beträgt dabei etwa die Hälfte des Nennmoments

Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Erol Bernstein ist Produktmanager
Geschäftsbereich Antriebstechnik bei der Hanning
Elektro-Werke GmbH & Co. KG in Oerlinghausen

zu betreiben, wurde eine neue Schaltung entwickelt. Diese Schaltung gleicht Spannungsschwankungen in der Netzversorgung aus und ermöglicht sogar den Betrieb an 115 VAC Netzen. Eine in der Elektronik integrierte aktive Power-Factor-Correction (PFC) mit passenden elektronischen Entstörfiltern erlauben den direkten Anschluss und Betrieb des 2,2 kW Synchron-Kompaktantriebs an öffentlichen Netzen in Wohngebieten. Zusätzliche Filter werden nicht benötigt, um die Anforderungen aus der Norm EN 61000-3-2 und 61800-3 zu erfüllen.

Ein weiterer Vorteil dieser Schaltung ist die Begrenzung der Stromaufnahme im Netzeingang auf maximal 12 A bei Nennbelastung. Mit Hilfe mehrerer Messstellen zur Überwachung der Bauteiltemperaturen wird die Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit erhöht. Der Zustand der Elektronik wird kontinuierlich überwacht. Ein rechtzeitiges Herunterregeln der Ausgangsleistung schützt nicht nur die Elektronik vor Schäden, sondern bewahrt die Anwendung vor einem unvorhergesehenen Ausfall. Alle Elektronikplatinen sind durch einen Lackauftrag gegen Kondensatbildung bei Betauung geschützt.

FLEXIBLE STEUERUNGSMODI FÜR UNTERSCHIEDLICHE AUFGABEN

Der modulare Aufbau des Synchron-Kompaktantriebs 2,2 kW unterstützt den Anschluss unterschiedlicher Ansteuerungsmodule. Für Anwendungen, bei denen die Ansteuerung ausschließlich mit einer extern montierten elektronischen Steuerung erfolgt, stellt die Leistungselektronik eine RS485 Busschnittstelle zur Verfügung. Über Protokoll Modbus RTU Parameter können alle Funktionen zur sicheren Steuerung der Leistungselektronik verwendet werden. Zusätzlich stehen Diagnosefunktionen zur Ver-

fügung, mit denen der aktuelle Zustand des Antriebssystems abgefragt werden kann.

Komplexere Steuerungsaufgaben übernimmt ein Steuerungsboard, das über vier digitale und analoge Eingänge (0 - 10 VDC bzw. 0 - 20 mA) und zwei potentialgetrennte Relaisausgänge verfügt. Die Funktionen der Ein- und Ausgänge ist anwendungsspezifisch bestimmbar und kann ab Werk fest konfiguriert werden. Auch die nachträgliche Konfiguration ist auf Wunsch möglich, so dass Sonderlösungen zeitnah realisiert werden können. Die vorhandenen Relais können zur einfachen Störmeldung oder für weitere Steuerungsaufgaben verwendet werden. Zusätzlich ist eine Feldbusschnittstelle vorhanden, die als RS485 oder CAN einsetzbar ist. Vorbereitet ist auch ein Kommunikationsmodul. Es ermöglicht die Einbindung der Elektronik in ein WLAN-Funknetz. Optional ist der Antrieb mit Hilfe einer App, die auf einem Windows PC oder auf einem Smartphone lauffähig ist, konfigurier- bzw. steuerbar.

PROGRAMMIERBARE BEDIENUNG

Für Anwendungen, bei denen eine manuelle Bedienbarkeit während des Betriebs gewünscht ist, kann der Antrieb mit einem grafischen Display und einer Tastatur ausgestattet werden. Das hintergrundbeleuchtete Display zeigt den aktuellen Betriebszustand auch bei schwierigen Lichtverhältnissen zuverlässig an und kann entsprechend den Kundenwünschen programmiert werden. Anwender können z. B. einen Schutz gegen versehentliches Betätigen ebenso wie automatische Programmfolgen bei Störungen integrieren. Alle Funktionen lassen sich direkt über Drucktasten abrufen.

Foto: Hanning Elektro-Werke GmbH & Co. KG

www.hanning-hew.com

DIE IDEE



„Unser Hamotic Synchron-Kompaktantrieb 2,2 kW ist mit seinem Wirkungsgrad von 92 % für maximale Leistungsausbeute gerüstet. Das Gesamtsystem mit Motorsteuerung, Kommunikationsschnittstellen und einem eingebauten Interface erreicht so 85 % über einen weiten Drehzahlbereich. Dank der aktiv geregelten PFC ist die Stromaufnahme bei 2,2 kW Leistungsabgabe auf nur 12 A im Netzeingang begrenzt.“



Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)
Erol Bernstein, Produktma-
nager Geschäftsbereich
Antriebstechnik, Hanning
Elektro-Werke GmbH & Co. KG

Wir stellen aus – all about automation 2021

Wetzlar 08.09. - 09.09.2021 · Halle E0 · Stand 325
Chemnitz 22.09. - 23.09.2021 · Halle 1 · Stand 425



Schrittmotoren und Linearaktuatoren und Steuerungen (teilweise integriert)

DC-Motoren (mechanisch und elektronisch kommutiert)

AC-Kleinmotoren und Getriebe

E-MOTOREN FÜR WERKZEUGMASCHINEN

GESTANZTE MUSIK ZUM DURCHDREHEN

Passgenaue Antriebstechnik für eine Vielzahl an Anwendungen:
Ein professioneller Drehorgelspieler betreibt mit voll integrierten
SmartMotor-Servos von Moog Animatics eine selbstentwickelte CNC-Maschine.
Diese stanzt komplexe Musikstücke auf Lochbänder für Drehorgeln.



Die Drehorgel verfügt analog zur großen Schwester Kirchenorgel – der Königin der Musikinstrumente – über Pfeifen in unterschiedlichen Tonhöhen und Klangfarben: bei nur einem Klangregister zwischen 16 bis 54 Stück, bei mehreren Registern auch entsprechend mehr. Luft, oder besser „den Wind“, erhalten die Pfeifen und auch die Steuerungsventile über ein Balgsystem, das über die Kurbel angetrieben wird.

Im Gegensatz zur großen Kirchenorgel besitzt eine Drehorgel jedoch keine Tastatur. Findige Instrumentenbauer kamen bereits vor über 500 Jahren auf die Idee, das Spielen der Pfeifen zunächst über Stiftwalzen, später auch über ein Lochband aus dickerem Papier oder Karton anzusteuern, das über die Tonabnehmer-Lochleiste geführt wird. Traditionell erfolgt die Produktion der Lochbänder in aufwändiger Handarbeit. Der professionelle Drehorgelspieler Winfried Klein aus Isen hat diesen Vorgang jedoch durch eine selbstentwickelte CNC-Maschine automatisiert und vereinfacht.

LOCHMUSTER FOLGEN DEM DIGITALEN 0-1-PRINZIP

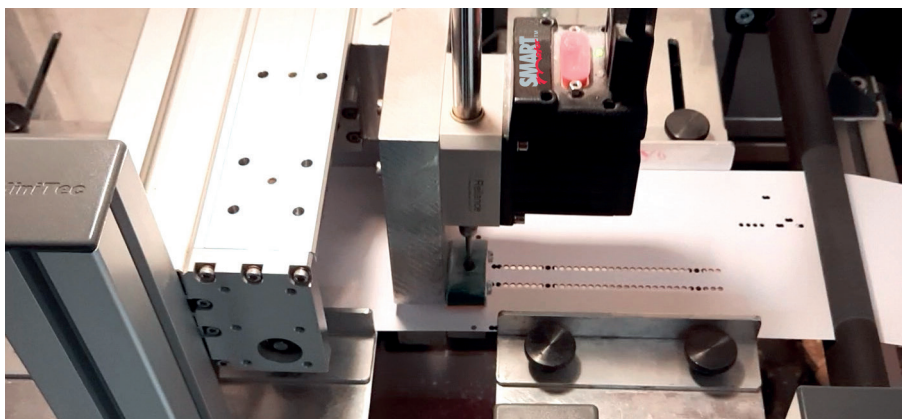
„0“, also ein Loch im Band, ermöglicht die Leitung des Windes zum Ventil und den Ton der jeweiligen Pfeife, „1“, das geschlossene Papierband verhindert die Strömung, die Pfeife bleibt stumm. Man stelle sich eine Papierbahn vor mit quasi 16 bis 54 Spuren – in Querbahnrichtung liegt die Information, welche Pfeife pro Zeiteinheit angesprochen wird, in Längsrichtung, wie oft im Stück die jeweilige Pfeife adressiert wird bzw. durch direktes Anreihen von Löchern, wie lange der Ton gehalten wird. Diese Papierbahn wird aufgerollt und enthält auf diese Weise bei 28 m Bahnlänge ca. acht Minuten Musik.

Da eine Drehorgel nicht die gesamte stufenlose Tonskala zur Verfügung hat, müssen Musikstücke für Drehorgeln zuerst adaptiert bzw. neu arrangiert werden. Im zweiten Schritt wurden mit handwerklichen Mitteln, sprich Hammer und kleinen Stanzbolzen die Löcher in die Papierbahn geschlagen – ein mühsames und zeitraubendes Unterfangen, vom Anspruch an die Genauigkeit der handwerklichen Arbeit ganz zu schweigen.

Mit dem Weg in die Computerisierung ergab sich zuerst die Option, komfortabler und schneller Musikstücke für Drehorgeln umzusetzen und zumindest als Arbeitserleichterung das Lochmuster als Vorlage auszudrucken. Elektromechanische Hilfsmittel erleich-

Jörn Jacobs ist Fachjournalist/Technological Influencer
bei der IHW Marketing GmbH in Bad Camberg

Die voll integrierte Bewegungssteuerung der drei Servomotoren generiert den Vorschub der Papierrolle, den Verfahrweg des Stanzwerkzeugs und das Stanzen selbst



terten den Kraft-Aspekt der Stanze, aber die genaue Positionierung der Papierbahn blieb viele Jahre Handarbeit. Doch der Erfindergeist des professionellen Drehorgelspielers Klein war geweckt.

ANSPRUCHSVOLLES STANZEN BEI GERINGEM STROMVERBRAUCH

Um Lochbänder für Musikstücke durch einen automatisierten Stanzvorgang herzustellen, müssen diverse maschinelle Manöver getätigt werden. Ein Vorschub bewegt die Papierbahn, während in Zwischenschritten quer zur Bahn positioniert und gestanzt wird. Im Wortlaut arbeitet eine solche Stanzmaschine dann etwa so: „Setze das erste Stück Vortrieb – bin an Position – jetzt quer zur Bahn fahren – an den relevanten Stellen genau anhalten – hier stanzen – Stanze ist wieder aus dem Papier gezogen – fahre an nächste relevante Stelle – usw.“ Die ganze Befehlskette, zugehörige Statusmeldungen plus genaueste Positionierung bei gleichzeitig möglichst geringem elektrischem Verbrauch zeigen das Anspruchsniveau dieser besonderen Applikation.

Klein entwickelte die automatisierte Stanzlösung mithilfe der voll integrierten SmartMotor-Servos von Moog Animatics. Die Stanzmaschine erhält ihre Befehlssequenz über die Midi-Schnittstelle des PCs (Midi ist die Norm, in der digitale Musikinstrumente oder Musiksoftware miteinander kommunizieren). Auf dem Trägergerüst aus Normbauteilen arbeitet ein XYZ-Portal (Vorschub, Querschub, Stanzen) wie eine CNC-Maschine mit hoher Genauigkeit. Drei voll integrierte SmartMotor-Servos generieren die Bewegungen der Papierrolle, den Verfahrweg des Stanzwerkzeugs und das Stanzen selbst. Verschiedene Breiten an Papierbändern sind einstellbar. Je nach Musikstück werden oft 50 000 und mehr Löcher in die Papierbahn gestanzt – eine enorme Arbeitserleichterung im Vergleich zur händischen Bearbeitung.

Jedes Motorgehäuse der SmartMotor-Servos beinhaltet einen BLDC-Motor mit hoher Leistungsdichte, einen vollwertigen Antriebsregler, einen Leistungsverstärker, einen hochauflösenden Drehgeber und freidefinierbare Ein- und Ausgänge. Damit entfallen sämtliche Feedback- und Steuerungskabel, I/O-Blöcke und Schaltschränke. Die Kommunikation der SmartMotor-Servos untereinander regelt den Ablauf völlig eigenständig.

OPTIONALE FUNKTION

Da sich der Rollendurchmesser beim Kurbeln des Papierbandes kontinuierlich verändert, die „transportierte Musik“ so beim Aufwickeln auf die Kurbelspule immer dicker aufrät und dadurch schneller wird, gleicht der erfahrene Drehorgelspieler diesen „Spiralverzug“ genannten Effekt durch dynamische Änderung seiner Kurbeldrehung aus.

Es besteht aber ebenfalls die Möglichkeit, diese Dynamik bereits in der Papierbahn bzw. der Stanzfolge zu berücksichtigen,

einerseits über die Software, andererseits in den Elektroniken der integrierten SmartMotor-Servos. Mittels dieser Funktionalität lassen sich auch Bänder herstellen, die in (gleichmäßig) motorisch angetriebenen Drehorgeln Verwendung finden. In der Realisierung dieser Maschine stecken jedenfalls viele Jahre gemeinsamer Arbeit zwischen dem Drehorgelprofi und Erfinder Klein und den Ingenieuren bei Moog Animatics. Zugleich ist es nur ein Beispiel, wie SmartMotor-Servos für Aufgaben der Automatisierung und Digitalisierung eingesetzt werden können.

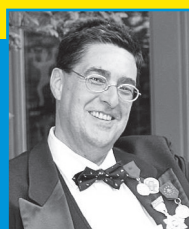
Fotos: Aufmacher: Moog GmbH, Winfried Klein; 01: Winfried Klein

www.drehorgellieder.de
www.animatics.com

DIE IDEE



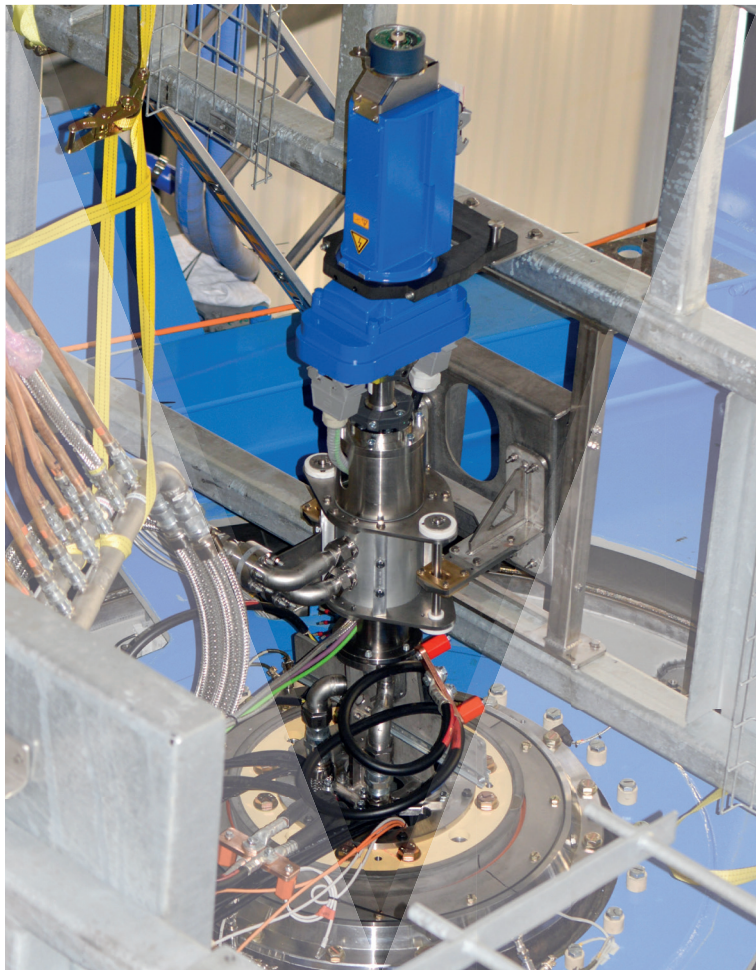
„Während andere Hersteller die Papierbänder/-rollen mit den einmal zusammengestellten Stücken unter großem Platzverbrauch auf Vorrat lagern, nutze ich die digitalen Vorteile: Aus weit über 5 000 gespeicherten Musikstücken kann ich individuelle Auswahlen zusammenstellen und mittels der automatisierten Stanze ein neues Papierband in kurzer Zeit je nach Wunsch abrufen und herstellen, ganz ohne ‚Rollen-Lager‘.“



Winfried Klein, professioneller Drehorgelspieler, Isen

DREHDURCHFÜHRUNGEN

MIT SUPRALEITERN BIS IN DIE SPITZE



Um die Nutzung von Windenergie effektiver zu machen, wurde ein auf Supraleitern basierender Generator konstruiert. Unabdingbar dafür ist es, den Generator mit einer funktionierenden Helium-Kühlung zu versorgen, ohne dass es durch die Rotation des Generators zu aufgewickelten Leitungen kommt. Hierfür war eine spezielle Drehdurchführung mit hoher Abdichtung nötig, denn das unter Druck stehende Helium als Arbeitsgas der Kältemaschinen durfte nicht durch die Umgebungsluft kontaminiert werden.

Das Projekt „EcoSwing“ wurde dabei mit 10 Mio. Euro gefördert und startete auf Initiative des Beratungsunternehmens und Ingenieurbüros ECO 5 im Jahr 2015. Ziel war die Entwicklung eines konkurrenzfähigen Windkraftgenerators auf Supraleiterbasis innerhalb von vier Jahren. Hieran beteiligt waren neben ECO 5 die Firmen Jeumont Electric, Envision Energy, Delta Energy Systems, Theva, SHI Cryogenics Group, DNV GL, das Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme sowie die Universität von Twente. Da die für die Supraleiter notwendigen Kühlanlagen aus einem Kompressor und im rotierenden Teil des Generators verbauten Expansionsgeräten bestehen, zwischen denen Helium als Arbeitsgas zirkuliert, bedurfte es einer besonders dichten Drehdurchführung. Hier wurde die Konstandin GmbH als Partner mit bereits vorhandener Erfahrung im Forschungsbereich hinzugezogen.

SUPRALEITER FÜR EINEN VERLUSTFREIEN STROMFLUSS

Für die Kühlung der Supraleiter im Generator war das Unternehmen SHI Cryogenics zuständig, die eng mit Konstandin zusammenarbeitete: „Konventionelle, direktangetriebene Windkraftgeneratoren arbeiten mit Permanentmagneten, um Strom zu erzeugen“, erklärt Hermann Boy, Business Development Manager von SHI Cryogenics. „Der Nachteil an dieser Technologie ist jedoch der große Platzbedarf und das Gewicht. In unserem Projekt benötigten wir aber einen kompakteren Generator mit weniger Gewicht und ohne Mehrkosten.“ Deswegen wurde ein leichter 3,6 MW-Genera-

DIE IDEE



„Nach unseren Erfahrungen in vergangenen Projekten konnten wir dem Team von EcoSwing eine Drehdurchführung anbieten, die so gut abgedichtet ist, dass selbst auf molekularer Ebene keine fremden Stoffe von außen in die Leitung eindringen können. Auch die Eignung für Temperaturen zwischen von - 20 bis + 50 °C bei gleichzeitigen 25 U/min haben wir bereitstellen können.“



Mathias Kraft, Leiter Technik, Konstandin GmbH

tor entwickelt, der an einer bestehenden Turbine von Envision Energy in Dänemark in den Testbetrieb ging. Da die stromführenden Spulen einen großen Teil des Generatorvolumens und des Gewichts ausmachen, entschieden sich die Projektpartner für den Einsatz von Supraleitern. Durch gezielte Kühlung sinkt bei diesen Materialien unterhalb einer spezifischen, kritischen Temperatur der elektrische Widerstand auf nahezu Null. „Durch die von Theva bereitgestellten Supraleiter, bestehend aus aufgewickelten, mit hauchdünner Keramik beschichteten Stahldrähten, konnte eine nahezu widerstandslose Stromübertragung gewährleistet werden. Das führte im Endergebnis zu enormen Einsparungen bei dem benötigten Durchmesser der Leitungen und damit bei Platz und Gewicht“, so Boy. Für die nur unter sehr niedrigen Temperaturen funktionsfähigen Supraleiter war jedoch ein umfangreiches Kühlungssystem erforderlich. Das als Arbeitsgas eingesetzte Helium musste von dem stationären Kompressor über Leitungen zu den Expansionsgeräten im Generator gelangen, die sich wiederum im drehenden Rotor befanden – hierfür war eine spezielle Drehdurchführung nötig.

„Helium ist ein Edelgas mit sehr kleinen Molekülen, die durch jeden noch so winzigen Spalt entweichen können. Daher sind heliumführende Leitungen besonders schwierig abzudichten“, erläutert Mathias Kraft, Leiter Technik bei der Konstandin GmbH. „Hinzu kam bei diesem Projekt, dass die Abdichtung trotz eines Drucks von 24 bar sichergestellt sein musste.“ Im Falle einer auch nur minimalen Undichtigkeit der Gasleitung kommt es einerseits auf Dauer zu einem unerwünschten Druckverlust und andererseits zu einer Kontamination des Heliums durch die Umgebungsluft. Da die einzelnen Bestandteile der Luft jedoch nicht wie Helium selbst bei sehr tiefen Temperaturen gasförmig bleiben, sondern gefrieren und damit fest werden, führt eine Verunreinigung zum möglichen Stillstand der Kühlung und damit zu einer Unterbrechung der Stromerzeugung im Generator. Zusätzlich musste die Drehdurchführung auch bei niedrigen Außentemperaturen stabil arbeiten, da die Generatoren in Windkraftanlagen aufgrund ihrer Höhe und häufig auch wegen ihrer Lage vor der Küste Minustemperaturen ausgesetzt sind.

LÜCKENLOSE ABDICHTUNG AUF MOLEKULARER EBENE

„Nach unseren Erfahrungen in vergangenen Projekten konnten wir dem Team von EcoSwing eine Drehdurchführung anbieten, die so gut abgedichtet ist, dass selbst auf molekularer Ebene keine fremden Stoffe von außen in die Leitung eindringen können“, erklärt Kraft. „Möglich wird dies durch eine angepasste Dichtgeometrie.“ Damit stellte die Verbindung des statischen Kompressors kein Problem mehr dar. Dank der eingesetzten Materialien wie FKM und einem Kunststoff-Verbundwerkstoff mit modifizierter PTFE-Matrix ist die Drehdurchführung für Umgebungstemperaturen von -20 bis +50°C geeignet und arbeitet somit selbst im Winter und bei Offshore-Einsätzen fehlerfrei. Auch die geforderten 25 U/min der Windturbine stellten für die Drehdurchführung von Konstandin damit kein Problem dar, ein reibungslos laufender Wellendichtring sorgte für einen unterbrechungslosen Betrieb.

DENKBAR AUCH FÜR SCHIFFSANTRIEBE

Mit dem neuartigen Generator gelang es dem Team, die anvisierte Leistung von mehr als 3 MW bei einem von 5,4 m auf 4 m verringerten Durchmesser zu erreichen und mehr als 650 Stunden Energie in das dänische Netz einzuspeisen. „Die Drehdurchführung von Konstandin hat von Anfang bis Ende einwandfrei funktioniert, sodass wir mit der Kühlung keinerlei Probleme und keine Stillstandszeiten hatten“, berichtet Boy. „Das ist nicht



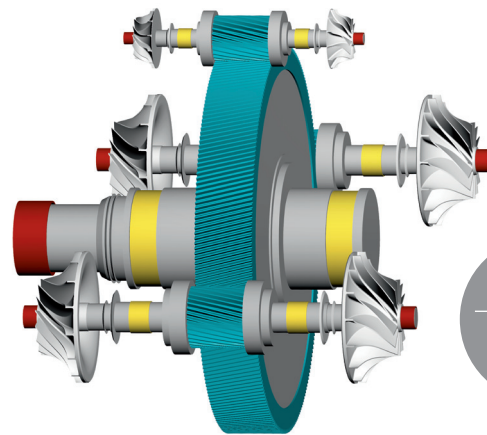
Die sonderangefertigte Drehdurchführung lässt auf Grund ihrer Dichtgeometrie selbst auf molekularer Ebene keine fremden Stoffe von außen in die Leitungen

selbstverständlich bei einem Pilotprojekt wie diesem, bei dem Neuland betreten wird und kaum Erfahrungswerte vorliegen.“

„Neben der Anwendung in der Windkraft eignet sich die Drehdurchführung auch für andere Einsatzzwecke: So könnte man damit ebenso Antriebe auf Schiffen ausstatten“, führt Kraft an. „Ein Supraleiter-Motor mit Drehdurchführung würde dort vergleichbare Vorteile im Hinblick auf den deutlich geringeren Platzbedarf und die höhere Leistungsfähigkeit bieten.“

Fotos: Aufmacher: Sumitomo; Konstandin

www.konstandin.com



NEU
Release
2021

KISSsoft Features

- Lagerberechnung mit innerer Geometrie in der „SKF Cloud“
- Kollisionsprüfung beim Honen und „Power Skiven“
- Import des Messgitters für Stirnradflanken
- Systemzuverlässigkeit auf einen Blick gemäß AGMA 6006-B20
- Varianten von Verzahnungsmodifikationen vergleichen

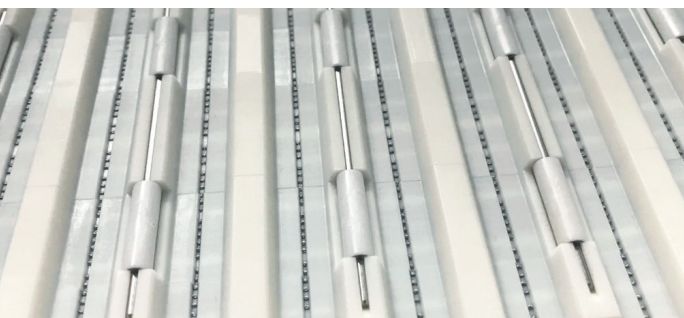
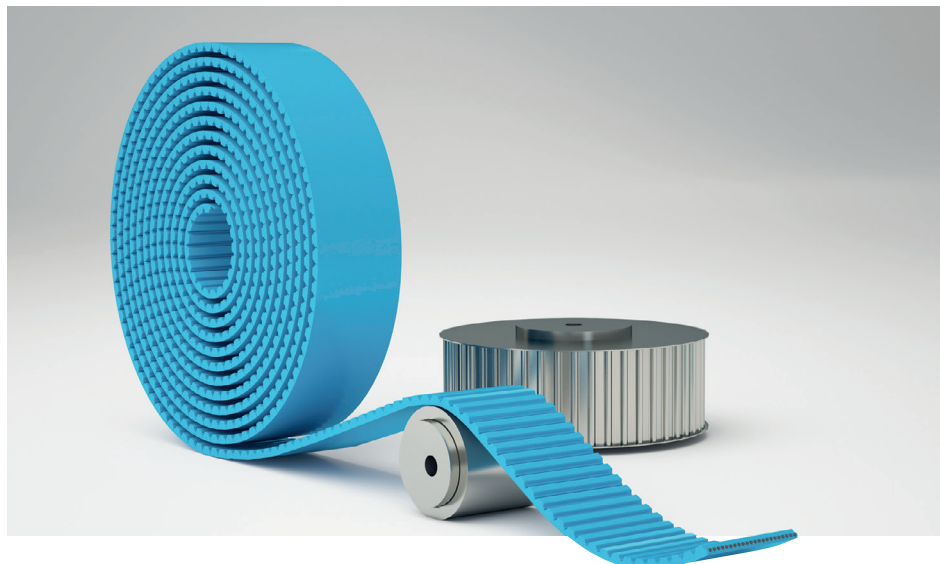
KISSsoft AG
A Gleason Company
T. +41 55 254 20 50
info@KISSsoft.com

Kostenlose Testversion unter www.KISSsoft.com

Drivetrain Design Solutions **KISSsoft**

ZAHNRIEMEN & SERVOANTRIEBE

ZAHNRIEMEN TESTEN OHNE ENERGIEVERSCHWENDUNG



Breco und Eckelmann FCS haben ihr Know-how in der Antriebstechnik in die gemeinsame Entwicklung eines Dauerlaufprüfstands für Zahnriementriebe eingebracht. Dank Zwischenkreiskopplung der Servoantriebe lässt er sich ohne nennenswerten Energieverbrauch betreiben und benötigt keine Schaltschrankkühlung.

Breco ist seit über 50 Jahren ein Markt-, Innovations- und Qualitätsführer auf dem Gebiet der Polyurethan-Zahnriementechnik. Im Hauptwerk in Porta Westfalica produzieren 300 Beschäftigte Zahnriemen und Zahnscheiben. Das Unternehmen ist weltweiter Partner des Maschinen- und Anlagenbaus, Spezialist für innovative Antriebstechnik und entwickelt in enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden und mit Hochschulinstituten immer wieder neue Erfindungen und Patente, die sich als Standard in diesem Marktsegment durchsetzen und an dem sich Wettbewerber als Benchmark orientieren. Knifflige Antriebs-, Transport- und Positionieraufgaben sind die Spezialität von Breco.

MODERNSTE PRÜFTECHNIK IM EIGENEN TECHNIKUM

Die Suche nach Innovationen und nach neuen Produkten birgt immer auch das Risiko, dass die Verbesserung einer Produkteigenschaft mit der Verschlechterung einer anderen Eigenschaft einhergeht.

Daher ist es guter Stil jedes produzierenden Unternehmens, neue Produkte auf Herz und Nieren zu testen und diese Prüfung nicht etwa auf die Kunden zu delegieren. Breco unterhält zu diesem Zweck ein sogenanntes Technikum, in dem alle neuentwickelten Zahnriemen und Zahnscheiben einer Standard-Testprozedur unterzogen werden.

KAUM SICHTBARE ÜBERLASTUNG

Polyurethan-Zahnriemen bestehen aus einem lasttragenden Zugträger – überwiegend verseilte Stahldrahtkonstruktionen – und dem Matrixwerkstoff Polyurethan, aus dem in einem Extrusionsvorgang Riemenrücken und Zähne geformt werden. Die Gebrauchsdauer eines Zahnriemens kann durch statische Überlastung (z. B. bei einem Crash), durch Ermüdung der Zugträger oder durch Verschleiß der Polyurethanzähne begrenzt werden.

Der erstgenannte Fall der statischen Überlastung, bei dem durch ein einmaliges Ereignis Zugträger ganz oder teilweise durchtrennt oder Zähne abgesichert werden, lässt sich in einfachen Zugversuchen messtechnisch abprüfen.

Die Fälle Zwei und Drei – Ermüdung und Verschleiß – erfordern jedoch eine dynamische Prüfung, die auf eigens dafür konstruier-

Dr.-Ing. Thomas Steinert ist Geschäftsführer bei der Breco Antriebstechnik Breher GmbH & Co. KG in Porta Westfalica
Dr.-Ing. Andreas Pottharst ist Prokurist und Leiter F&E und Applikation bei der Eckelmann FCS GmbH in Herford

ten Prüfständen durchgeführt wird. Bei Zugträgerermüdung nimmt die Steifigkeit des Riemens durch die fehlende Lastaufnahme sukzessive brechender Drahtfilamente ab. Der damit einhergehende Verlust an Vorspannkraft lässt sich messtechnisch erfassen. Reibung und Verschleiß entstehen meist durch mangelhaften Zahneingriff zwischen Riemen und Scheibe, z. B. durch unzulässig hohe Riemen-
dehnung bei Überlastung, schlechtes Fluchten der Riemenscheiben oder durch Riemenscheiben, die ungenau gefertigt sind und/oder eine hohe Oberflächenrauigkeit aufweisen. Verschleiß ist stets mit einem Anstieg der Riementemperatur verbunden, was sich messtechnisch ebenfalls gut verfolgen lässt.

REPRODUZIERBARE VERSUCHSBEDINGUNGEN IM UNIVERSALPRÜFSTAND

Ermüdung und Verschleiß sind stark streuende Phänomene, deren messtechnische Untersuchung einer statistischen Absicherung bedarf, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Es ist stets erforderlich, mehrere gleiche Versuche zu fahren, um über Mittelung zu Durchschnittswerten zu gelangen und um die Fehlinterpretation von Ausreißern zu vermeiden.

Damit Untersuchungen an Zahnriemengetrieben in vertretbaren Zeiträumen abgeschlossen werden können, verfügt das Breco-Technikum über mehrere Prüfstände. Um die verfügbaren Prüfkapazitäten nun weiter auszubauen, wurde ein Universalprüfstand konstruiert und gebaut.

Der Prüfstand deckt ein großes Last-, Drehzahl- und Anordnungsspektrum ab. Er verfügt über eine Vorrichtung zum Aufprägen der Vorspannkraft und der Betriebslast. Betriebslasten werden in Getriebepfprüfständen üblicherweise durch Bremsung erzeugt. Die dem Trieb dabei entzogene Energie (Winkelgeschwindigkeit mal Bremsmoment) geht dabei als Verlustleistung verloren. Die dissipierende Energiemenge muss nicht nur mechanisch, sondern auch thermisch beherrscht werden: Um Aufheizung zu vermeiden, muss der Prüfraum im Regelfall klimatisiert werden.

ENERGIESPAREN MIT ZWISCHENKREISKOPPLUNG

Diese Energieverschwendung sollte bei der Neuentwicklung nun ihr Ende finden. Bei dem neuen Prüfstand wurde der Weg beschritten, das Bremsmoment durch einen zweiten, als Generator betriebenen Motor zu erzeugen. Durch eine verlustoptimale Zwischenkreiskopplung der Antriebe kann die so gewonnene Bremsenergie wieder dem Antriebssystem zur Verfügung gestellt werden. Durch Vorgabe geeigneter Sollprofile einer überlagerten SPS an die Antriebe kann der Universalprüfstand ohne nennenswerten Energieverbrauch betrieben und auf eine Klimatisierung des Schaltschranks verzichtet werden.

Bei der Lösung dieser antriebs- und steuerungstechnisch anspruchsvollen Aufgabe wurde Breco durch die Eckelmann FCS GmbH unterstützt, die bereits seit Jahrzehnten bei der Ansteuerung von Produktionsanlagen mit Breco zusammenarbeiten. Der mittelständische Hersteller und Lösungspartner für elektrische Antriebstechnik und Automatisierung hat seinen Firmensitz in Herford. Gerade bei der Automatisierung von Sondermaschinen oder der Prüfstandsautomatisierung schätzt Breco die große Flexibilität der modularen Antriebssysteme und die stets kundenspezifische Herangehensweise bei Eckelmann. Der modulare Hardware-Aufbau und das FPGA-basierte Design machen es beim hier verwendeten E°Darc C Antriebssystem von Eckelmann FCS möglich, anwendungs- und technologiespezifisches Know-how direkt in den Servoregler zu integrieren.

Auf dem neuen Universalprüfstand können Zahnriementriebe unter Realbedingungen getestet werden. Ständiges hochdynamisches Beschleunigen und Bremsen kann auf solchen Prüfständen schnell die Energiekosten unnötig in die Höhe treiben, zumal die Anwendung mitunter über Wochen ununterbrochen laufen – und zwar ständig nahe dem Nennbetrieb. Dies spricht auch für die besondere Eignung und Robustheit der E°Darc C Antriebstechnik für Bearbeitungszentren, wo die Antriebsregler von Eckelmann FCS üblicherweise Werkzeugspindeln auf Touren bringen (bis zu 40.000 min⁻¹) und ähnliche Belastungen meistern müssen.

SERVO-UMRICHTER SPAREN ENERGIE IM DUETT

Eckelmann FCS hat die Antriebstechnik für den Prüfstand mit High-Speed-Servoreglern des Typs E°Darc C48 realisiert, die über eine Maximalleistung von 52 kW verfügen. Durch die Zwischenkreiskopplung konnte der Energieverbrauch erheblich minimiert werden. Verluste entstehen nur durch Reibung an dem mechanischen Aufbau und durch Wärmeverluste im Motor und der Leistungselektronik. Bei

TEST!



Mit Lastwiderständen von FRIZLEN die Leistungsfähigkeit von Spannungsquellen testen.

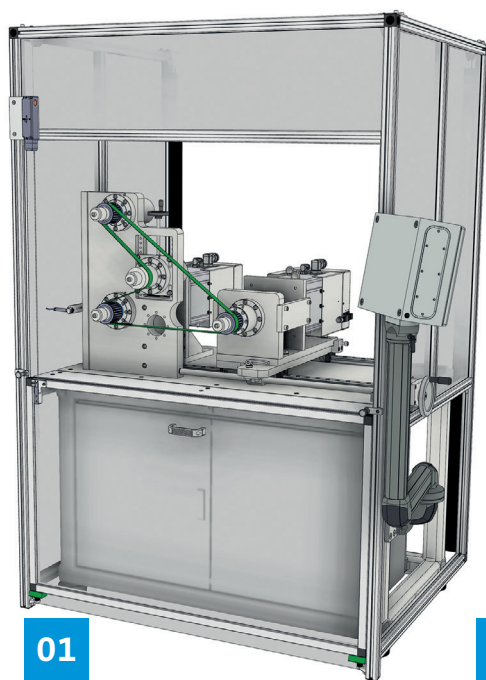
- USV-/ Notstromanlagen
- Laborprüfungen
- Lastsimulation (auch für 19"-Rack)

FRIZLEN Leistungswiderstände

- Belastbar
- Zuverlässig
- Made in Germany

+100 JAHRE DYNAMIK DURCH WIDERSTAND

Tel. +49 7144 8100-0
www.frizlen.com



01

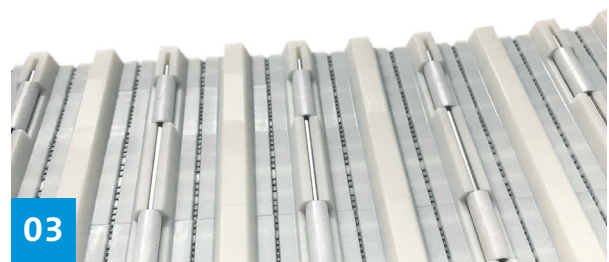


02

01 Breco-Prüfstand zur dynamischen Prüfung von Zahnriementrieben

02 Antriebsregler für den Betrieb von schnell drehenden Synchron- und Asynchronmotoren, z. B. für Spindelantriebe; der Regler liefert einen Ausgangsnennstrom von $I_{eff} = 48 \text{ A}$ und einen Ausgangsspitzenstrom von $I_{max} (eff) = 75 \text{ A}$

03 Beispiel für im Technikum umfassend getestete Produkte ist der Riemen Brecoroll, in dessen Zähne Rollen integriert sind; dadurch wird die Gleitreibung zwischen Riemen und Auflageschiene durch Rollreibung ersetzt, was die Selbsterwärmung des Systems deutlich reduziert



03

der Zwischenkreiskopplung nutzen die beiden 400 V Umrichter einen gemeinsamen Zwischenkreis. Wird einer oder mehrere Umrichter generatorisch betrieben, kann den Umrichtern, die momentan motorisch arbeiten, „kostenlos“ Energie aus dem Zwischenkreis zur Verfügung gestellt werden. Kann die generatorische Energie nicht vollständig verwendet oder in den Zwischenkreiskondensatoren gespeichert werden, wird sie gegebenenfalls über einen Brems-Chopper an einen Bremswiderstand abgeleitet.

Bei Antriebsreglern mit 48 A Ausgangsströmen und Drehmomenten von 100 Nm benötigt man sehr fein abgestimmte Antriebs- und Steuerungslösungen, wie die Anwendung bei Breco eindrucklich zeigt. Die Antriebsexperten von Eckelmann FCS haben die Antriebe für die Anwendung energetisch optimal eingestellt. Hierfür konnten sie auf leistungsfähige eigene Service-Tools zur Parametrierung und Einrichtung der Servoantriebe zurückgreifen, wie z. B. Frequenzganganalyse, 8-Kanal-Online-Tracer oder ein Software-Oszilloskop. Solche praktischen Tools sind unerlässlich, beim Einfahren, Testen und Optimieren von Achsen, egal ob es – wie hier – um einen individuellen Prüfstand geht oder anspruchsvolle CNC-Anwendungen.

Die mit einem E^oEXC Controller der Eckelmann AG realisierte SPS-Applikation haben die Applikationsingenieure von Eckelmann FCS unter CODESYS V3 programmiert und eine individuelle Bedienoberfläche realisiert. Der Anwender kann über ein an einem Schwenkarm montiertes, robustes Standard-Bedienterminal mit der Anwendung interagieren, um z. B. Prüfprogramme einzurichten und zu starten.

Darüber hinaus ist bei der Projektierung einer solchen Sonderlösung auch viel Know-how im Schaltschrankbau gefragt. Die kompakten Servo-Umrichter und der kompakte Controller finden hier in einem kleinen Schaltschrank direkt unter dem mechanischen Aufbau Platz und beanspruchen nur wenig Luftvolumen.

FAZIT

Maßgeschneiderte Prüfstandstechnologie für Antriebskomponenten erfordert Know-how in unterschiedlichen Bereichen. Dies zeigt der neue Prüfstand für Zahnriementriebe, den Breco gemeinsam mit seinem langjährigen Automatisierungspartner Eckelmann FCS realisiert hat. Durch eine ausgeklügelte Lösung mit Zwischenkreiskopplung konnte der Energieverbrauch drastisch reduziert werden.

Fotos: Aufmacher, 01 und 03: Breco GmbH; 02: Eckelmann FCS GmbH

www.breco.com

DIE IDEE



„Breco hat sich zu umweltbewusstem und nachhaltigem Handeln verpflichtet. Unsere Innovationskraft setzen wir nicht nur für die Entwicklung neuer Zahnriemen, sondern auch für den Bau energiesparender Produktionsanlagen und Prüfeinrichtungen ein. Durch die intelligente Zwischenkreiskopplung bei unserem neuen Prüfstand müssen wir nun keine überschüssige Energie mehr ‚verheizen‘. Die einfache Idee: Wir erzeugen das Bremsmoment über einen als Generator betriebenen Motor – fast ein Perpetuum mobile!“

Dr.-Ing. Thomas Steinert,
Breco GmbH

AUFZUGSTECHNIK VOM WOHNHAUS BIS ZUM WOLKENKRATZER



Gefran erweitert sein Aufzugstechnik-Angebot um die Frequenzumrichter-Baureihe ADL500. Diese enthält sowohl einfache Modelle für Wohngebäude als auch smarte Umrichter für komplexe Aufgaben. Die neuen Umrichter sind

smarter geworden, z. B. was die Inbetriebnahme, Bedienung aus der Ferne oder vorausschauende Wartung betrifft. Der ADL510, ein Umrichter für niedrige Gebäude und 400 VAC Netzeinspeisung, kann Asynchronmotoren mit einfachem Inkrementalgeber antreiben. Beim ADL530 und ADL550 liegt der Fokus auf komplexeren Anwendungen in mittleren und hohen Gebäuden mit erweiterten Anforderungen an die Funktionalität des Antriebs. Sie eignen sich auch für Synchronmotoren und enthalten einen EMV-Filter, einen Universal-Encoder-Eingang sowie eine CAN417-Schnittstelle. Weitere Features sind ein Wi-Fi-Plugin, ein USB-Anschluss für die einfache Datenübertragung sowie diverse Energiespar-Optionen. Der ADL550 bietet zudem die Sicherheitsfunktionen STO SIL3, SBC und SBT.

www.gefran.com

MASCHINEN EFFIZIENT SCHÜTZEN MIT SAFETY CARD



Zur Erweiterung oder Nachrüstung der Altivar Frequenzumrichter bietet Schneider Electric eine Safety Card an, mit der sich zusätzliche Sicherheitstechnik einsparen lässt. Die Safety Card eignet sich zum Einsatz in Frequenzumrichter-Familien ATV 340 für

den Maschinenbau und ATV 900 für die Prozesstechnik. Dabei verfügt sie über Sicherheitsfeatures, die die Anforderungen von Norm IEC 61800-5-2 zum Teil übersteigen. Die Safe-Stop-Funktion regelt das sichere Runterführen der Drehzahl eines Motors und überwacht den Auslauf dabei gemäß einer spezifischen Auslauframpe. Nachdem der Stillstand erreicht wurde, schaltet das Drehmoment sicher ab und die Safe-Torque-Off-Funktion wird aktiviert. Dank des geregelten Runterführens der Drehzahl verkürzt sich die Wartezeit bis zum Stillstand. Die Guard-Door-Locking-Funktion ermöglicht ein sicheres Öffnen der Schutztüren. Safe Limited Speed und Safe Maximum Speed begrenzen und überwachen die maximalen Drehzahlen.

www.se.com

TOOL VEREINFACHT ZUSTANDSBASIERTE WARTUNG

Für die PC-Software VLT Motion Control Tool MCT 10 von Danfoss, die zur Konfiguration und Dokumentation der Einstellungen von VLT-Frequenzumrichtern und -Softstartern des Herstellers dient, ist ein Update verfügbar.

Mit der Version 5.21 können Anwender, die Condition-based Monitoring mit Frequenzumrichtern verwenden, die CBM-Funktionen über ihren Computer voll nutzen. Mit der Software MCT 10 hat der Anwender durchgehend den Überblick über seine Anlagen. Tritt ein Fehler auf, liefert die Software eine

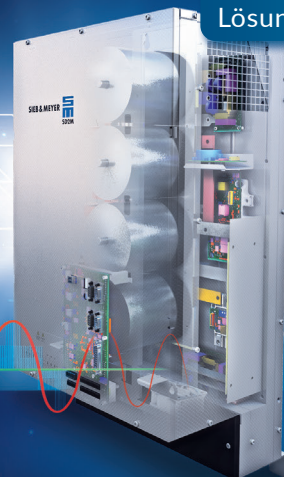
schnelle Diagnose. Damit es dazu erst gar nicht kommt, ist die neue Software-Version mit einer verbesserten Fehlersuche ausgestattet. Für die VLT-Antriebe wurde ein Bedienfeldsimulator integriert, so dass die Programmierung des Antriebs im Software-Tool ausprobiert und die einzelnen Schritte nachvollzogen werden können. Neu ist auch die Handhabung mehrerer Antriebe über die Software, die es ermöglicht, Master-Einstellungen auf andere Antriebe zu übertragen.

www.danfoss.de

Der Kraftvolle SD2M mit Drei-Level-Technologie

Frequenzumrichter für Hochgeschwindigkeitsanwendungen
bis 2.000 Hz im Leistungsbereich bis 432 kVA

Kundenspezifische
Lösungen möglich



Jetzt Produkt-
Video ansehen

www.sieb-meyer.de

SIEB & MEYER





E-MOTOREN-PRÜFSTAND MINIMIERTER MESSVERSATZ FÜR PRÄZISE ERGEBNISSE

Studenten des TU Darmstadt Racing Team e. V. testen E-Motoren für das neue Rennfahrzeug xi2020 auf speziellen Prüfständen. Für eine präzise und verschleißarme Leistungserfassung ist die Messwelle des Prüfstandes mit einer angepassten Wellenausgleichskupplung von Mayr Antriebstechnik ausgestattet.

Auch wenn Veranstaltungen rund um den Hochschul-Wettbewerb Formula Student 2020 wie so vieles abgesagt wurden – das TU Darmstadt Racing Team e. V. hat dennoch mit viel Motivation und Leidenschaft an dem neuen Rennfahrzeug xi2020 gearbeitet und es im Rahmen eines digitalen Rollouts präsentieren können. Um im Vorfeld die selbst konstruierten, hochdrehenden E-Motoren testen zu können, kommt ein spezieller Prüfstand zum Einsatz. Für ein zuverlässiges und exaktes Messergebnis ist die Anbindung der verwendeten Messwellen von besonderer Bedeutung. Dafür setzt das TU Darmstadt Racing Team e. V. auf die speziell für Messflansche angepassten, drehsteifen Roba-DS Wellenausgleichskupplungen von Mayr Antriebstechnik.

Ralf Eppler ist Produktmanager bei der Mayr Antriebstechnik GmbH & Co. KG in Mauerstetten

SPEZIELLER PRÜFSTAND FÜR LEICHTE, HOCHDREHENDE E-MOTOREN

Seit seiner Gründung im Jahr 2005 konzipiert und fertigt das TU Darmstadt Racing Team e. V. (DART) jedes Jahr selbstständig und unabhängig ein Rennfahrzeug. Damit nimmt das Team an zahlreichen Formula Student Events in ganz Europa teil. Zum DART Racing Team gehören rund 40 Studierende aus verschiedenen Fachbereichen, die interdisziplinär zusammenarbeiten und neben ihrem Studium viel Freizeit und Engagement in die Entwicklung des Rennwagens stecken. So können die Studierenden ihr theoretisches Wissen in der Praxis anwenden und, neben Erfolgen auf der Rennstrecke, Erfahrungen für den Berufsstart sammeln. „Seit 2011 bauen wir Autos mit elektrischen Antrieben, davor Verbrenner“, erklärt Sven Franek, Alumnus und ehemaliger Vorsitzender des TU Darmstadt Racing Team e. V. „Wir haben eigene permanent erregte Synchronmotoren konstruiert, die wir fertigen und auf dem Prüfstand validieren

Lamellenpaketkupplungen, die den radialen, axialen und winkligen Wellenversatz ausgleichen, sorgen nicht nur für präzise Messergebnisse, sondern schützen auch den Drehmomentaufnehmer

möchten.“ Dabei spielt das Gewicht eine große Rolle. Denn das ganze Rennfahrzeug wiegt nur etwa 200 kg. Das bedeutet, auch der Motor muss leicht sein. „Unser Motor erreicht Drehzahlen von über 20 000 min⁻¹“, fährt Franek fort. „Diese hochdrehenden Motoren stellen hohe Anforderungen an die Messtechnik und die Anbindung an den Prüfstand.“

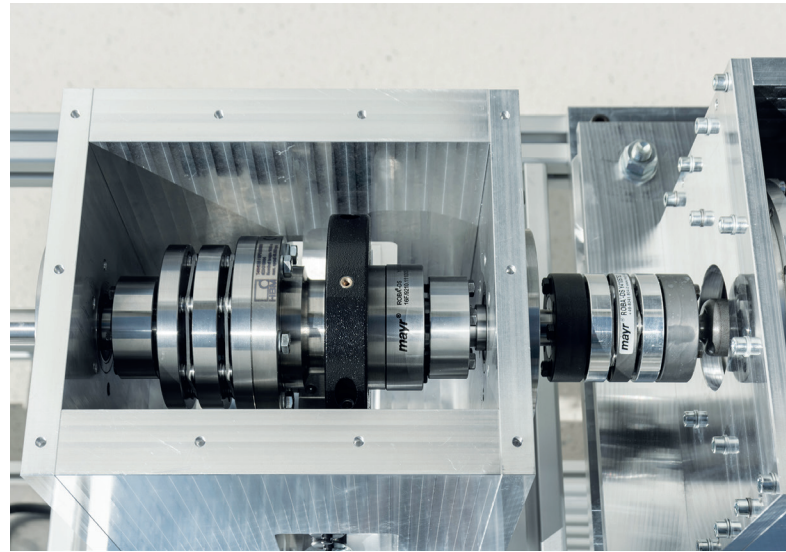
AUSGLEICHKUPPLUNGEN MINIMIEREN WELLENVERSATZ

Daher kommen zusammen mit dem Messflansch Wellenausgleichskupplungen von Mayr Antriebstechnik zum Einsatz. Denn diese Kupplungen minimieren die auf den Messflansch wirkenden Störgrößen. Diese Störgrößen oder sogenannte parasitäre Kräfte entstehen oftmals durch Ausrichtfehler im Antriebsstrang. So treten in fast allen Anwendungen Versätze zwischen An- und Abtriebsseite auf. Durch die vorhandenen radialen, winkligen und axialen Wellenversätze entstehen Biegemomente sowie Radial- und Axialkräfte auf den Messflansch. In der Regel treten sämtliche Versätze gleichzeitig auf. Dabei schafft auch eine möglichst genaue Ausrichtung des Wellenstrangs, selbst mit den heute verfügbaren Laser-Ausrichtgeräten, nur bedingt Abhilfe. Zudem können die Versätze durch vorhandene Toleranzen in der Maßhaltigkeit der verwendeten Bauteile sowie durch äußere Einflüsse, z. B. Temperatur, nicht vollständig eliminiert werden. Deshalb sind drehsteife Wellenausgleichskupplungen wie die Roba-DS 9110/9210 Lamellenpaketkupplungen entscheidende Zubehörteile für Messflansche. Diese Kupplungen übertragen das Drehmoment spielfrei und äußerst drehsteif. Dabei gleichen sie den vorhandenen radialen, axialen und winkligen Wellenversatz aus. Sie sorgen damit nicht nur für präzise Messergebnisse, sondern bieten auch bestmöglichen Schutz für den Messflansch. Für das mechanisch schwächste Glied im Antriebsstrang wird somit eine lange Lebensdauer sichergestellt.

AUCH IN ALUMINIUM ODER TITAN VERFÜGBAR

„Für unseren Motorenprüfstand ist ein kompakter Aufbau wichtig und wir möchten nach Möglichkeit kritische Biegeschwingungen vermeiden“, fasst Franek die Anforderungen zusammen. „Wir haben deshalb nach einer Kupplung gesucht, die nicht nur die hohen Drehzahlen kann, sondern selbst auch kompakt ist und eine geringe Masse und Massenträgheit hat.“ Die Roba-DS Messflansch-Kupplungen von Mayr Antriebstechnik erfüllen diese Anforderungen und zeichnen sich zudem durch eine hohe Laufruhe und Wuchtgüte aus. Alternativ zu Stahl sind sie auch in Aluminium oder Titan verfügbar.

„Unser oberstes Ziel ist, dass die Kupplungen kompakt und leistungsdicht sind“, betont Ralf Eppe, Produktmanager bei Mayr Antriebstechnik in Mauerstetten. „Die geometrische Grundlage muss stimmen. Es bringt nichts, eine große Kupplung einfach in Alu oder Titan auszuführen. Denn ggf. passt eine kompakte Ausführung in Stahl, die steifer ist und mehr Wechsellasten kann, besser zur Anwendung.“ Daher sollten Anwender bei der Auswahl der Kupplung und des Materials immer die Anwendung im Blick haben. Hier gilt es zwischen den Materialeigenschaften z. B.



Gewicht, Steifigkeit oder Dauerfestigkeit und der finalen Anwendung, also den tatsächlichen Drehzahlen, Lastwechsel, Lastzyklen, Lagerabständen und Bohrungsdurchmessern abzuwägen.

Fotos: Aufmacher: TU Darmstadt Racing Team e.V.; 01: mayr Antriebstechnik

www.mayr.com
www.dart-racing.de

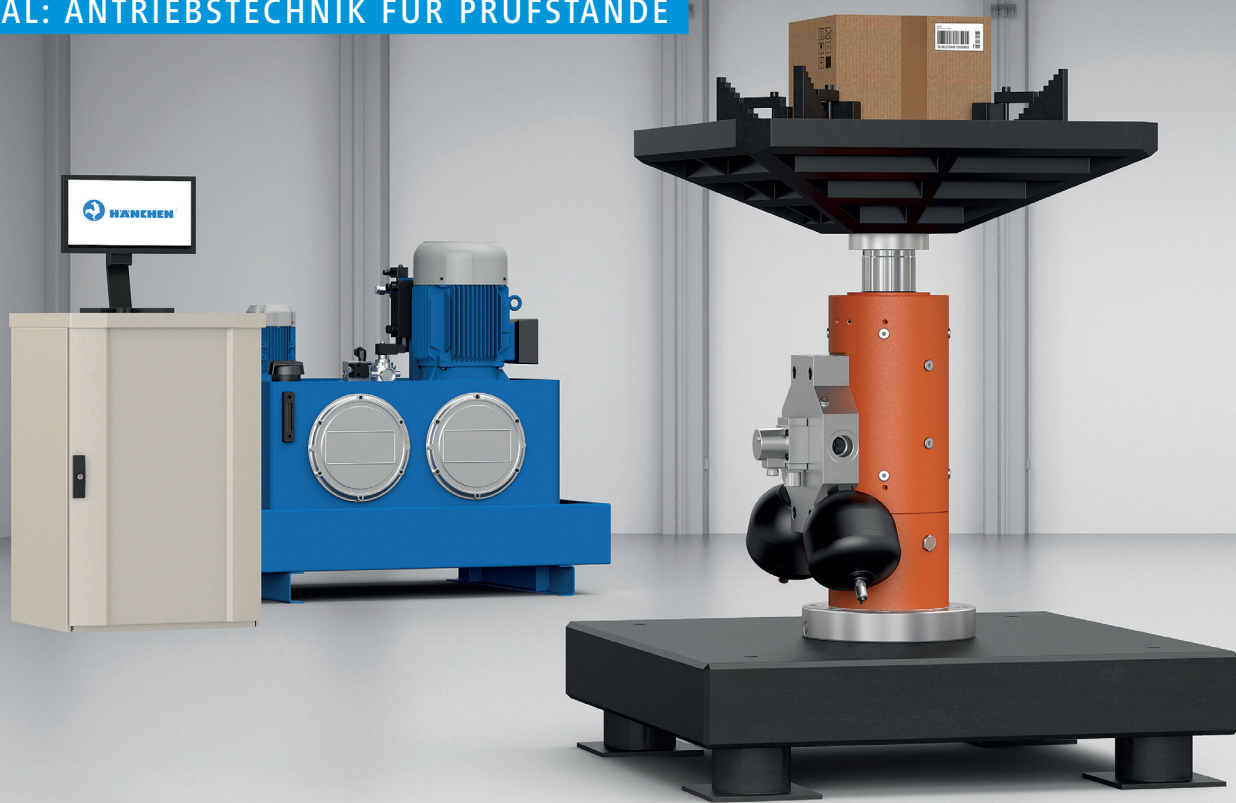
DIE IDEE



„Bei den hohen Drehzahlen in Prüfständen können Kollisionen schwere Schäden verursachen. Für die Absicherung der Prüflinge und Messeinheiten eignen sich daher mechanische Sicherheitskupplungen besonders gut. Diese öffnen den Antriebsstrang und entkoppeln die laufenden Massen innerhalb von Sekundenbruchteilen – schneller als elektronische Überwachungsfunktionen.“



Ralf Eppe, Produktmanager,
Mayr Antriebstechnik GmbH & Co. KG



TRANSPORTSIMULATION

SICHER VERSENDEN MIT VIBRATIONS- UND SCHOCKPRÜFSTÄNDEN

Der Transport kann versendete Pakete teilweise stark beanspruchen. Temperaturschwankungen und mechanische Schocks verursachen jährlich zahlreiche Schadensfälle mit hohen Kosten. Die Herbert Hanchen GmbH hat Prüfstände konstruiert, die solche Transportumstände simulieren.

Gerade Großversender kennen das Problem nur zu gut. Viele Pakete leiden auf dem Transportweg und kommen ramponiert beim Kunden an. Wenn dann der Inhalt Schaden nimmt, geht das fast immer auf Kosten des Versenders. Denn die Versender müssen nachweisen, dass das Produkt unbeschadet beim Kunden ankommt. Deshalb setzen viele bei der Verpackung auf eigene Normen oder auch auf die Vorgaben durch die International Safe Transit Association (ISTA), die American Society for Testing and Materials (ASTM), die DIN EN ISO Normen und noch einige andere Standardisierungsorganisationen für den Warentransport. Auch große Unternehmen wie Amazon, UPS oder DHL haben ihre Normen. Sie geben vor, welche Anforderungen Verpackungen erfüllen müssen, um bestimmten Transportbelastungen standzuhalten und so unbeschadet beim Kunden anzukommen. Die Prüfstände für die Transportsimulation von Verpackungen werden auf der Grundlage dieser Vorgaben von Hanchen konzipiert. Sie sollen Situationen, die während des Transportes mit den unter-

schiedlichsten Transportmitteln entstehen, möglichst real nachstellen und so Transportschäden vorbeugen. Dazu gehören Vibrationen durch den Straßentransport, Stöße und Schläge durch Werfen der Pakete oder auch klimatische Veränderungen, z. B. im Winter beim Umladen vom warmen Lager in den kalten Transporter.

SCHLÜSSELFERTIGE PRÜFSTÄNDE

Die Sparte Sondermaschinenbau Ratio-Drive von Hanchen bietet Simulationsprüfstände nach den individuellen Vorgaben des Anwenders. Dabei kann es sich um Vibrationsprüfung, Schockprüfung, Rüttel- und Falltest oder Stauchdruckprüfung handeln. Beratung, Engineering, Realisierung erfolgen aus einer Hand. Ratio-Drive bedeutet: Der Kunde kennt den Prozess, den die Maschine abbilden muss, das Unternehmen aus Ostfildern bei Stuttgart baut die Sondermaschine und konfiguriert die selbstentwickelte Software, um alle Prozesse darüber ansteuern zu können. Dabei kommen selbstproduzierte Hydraulikzylinder oder Lösungen mit elektrischen Antrieben zum Einsatz. Das Ergebnis ist ein individuell angepasster, schlüsselfertiger Prüfstand, der aus leistungsfähigen Modulen besteht.

Jörg Beyer, Fachjournalist, Tübingen

RÜTTEL- UND VIBRATIONSTESTS

Bei Vibrationstests erfolgen Schwingungsbelastungen der Packstücke ganz gezielt durch mechanisch-dynamische Belastungen, wie sie beim Kfz-Transport entstehen. Um die Fahrt als sinusförmige Schwingungsprüfung abzubilden, werden in die Software von Hänchen alle Parameter mit der spektralen Beschleunigungsdichte g^2/Hz eingegeben. Diese fährt der Zylinder dann ab. Das Unternehmen baut Rüttel- und Vibrationsprüfstände mit Paketabmessungen bis zu 800×800 mm. Die Masse des Prüflings kann bis zu 150 kg betragen. Je nach Vorgaben beträgt der Prüffrequenzbereich bis 200 Hz mit entsprechend möglicher Amplitude von bis zu ± 30 mm. Beide Werte lassen sich aber physikalisch nicht gleichzeitig erreichen, sondern müssen passend zur Prüfaufgabe definiert werden. Die Umsetzung der Aufgabenstellung erfolgt durch einen Hydraulikzylinder mit hydrostatisch gelagerter Kolbenstangenführung als Aktuator, ein Hydraulikaggregat und eine Prüflingsaufspannplatte sowie Elektronikhardware und Software. Das Einrichten einer Schnittstelle kann den Datenaustausch mit einem ERP-System automatisieren. Außerdem stehen Fixiereinheiten, Stapelvorrichtungen, Lärmschutz, Sicherheitseinhausungen, Klimakammern und Salzsprühtest als Option zur Verfügung.

SCHOCK- UND FALLTESTS

Schockprüfstände dienen zur Simulation von Fehlern beim Handling während des Transportprozesses und der Überprüfung der Produktstabilität. Hänchen bietet hier eine Hebevorrichtung, die Fallhöhe und -kraft simuliert. Schlagbewegungen mit hoher Beschleunigung lassen sich über hydraulische Zylinder realisieren. Die Prüfstände sind immer entsprechend der gültigen Maschinenrichtlinie ausgeführt und setzen die geforderten Schutzmaßnahmen um. Dabei muss etwa berücksichtigt sein, dass durch Fehlbedienung oder technischen Aussetzern ein Prüfling unkontrolliert herunterfallen kann. So erreicht ein Paket mit 150 kg beim Fall schnell eine sehr hohe Kraft beim Aufprall. Ein fallender Prüfling könnte somit einem Menschen gravierende Verletzungen zufügen.

STAUCHDRUCKPRÜFUNG

Bevor die Pakete bei ihrem Empfänger ankommen, werden diese im Lager vor dem Versand wie auch beim Transport übereinandergestapelt. Die Verpackung muss auch in diesem Szenario die vom Versandhändler geforderte Belastung aushalten. Hänchen simuliert diese lang- und kurzzeitigen Belastungen über Stauchdruckpressen gemäß den Anforderungen des Nutzers. Alle diese Tests dienen letztlich der Sicherheit der Ware und dem

Optimieren von Verpackungen, um unnötigen Müll zu vermeiden. Sie werden mit automatisch ausgewerteten und verifizierten Prüfprotokollen dokumentiert. Die dabei ermittelten Transportbelastungen lassen sich anschließend durch Verbesserungen an der Verpackung sowie durch entsprechend angepasste Füllmaterialien im Paket optimal berücksichtigen. Dies ist ein wichtiger Beitrag, damit die Güter in optimalem Zustand beim Endanbieter oder Empfänger ankommen.

Fotos: Herbert Hänchen GmbH

www.haenchen.de

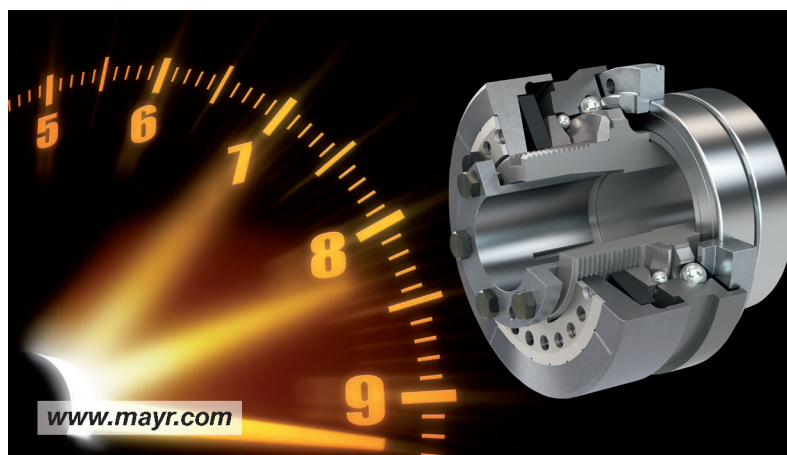
DIE IDEE



„Ratio-Drive bedeutet: Der Kunde kennt den Prozess, den die Maschine abbilden muss, wir bauen die Sondermaschine und konfigurieren die selbstentwickelte Software, um alle Prozesse darüber ansteuern zu können. Dabei können unsere selbstproduzierten Hydraulikzylinder oder Lösungen mit elektrischen Antrieben zum Einsatz kommen. Der Kunde erhält einen individuell angepassten, schlüsselfertigen Prüfstand, der aus leistungsfähigen Modulen besteht.“



Stefan Hänchen, Geschäftsführer
Herbert Hänchen GmbH, Ostfildern



High-Speed im bewährten Standard

Damit hohe Drehzahlen nicht zum Risiko werden — EAS®-HSC / EAS®-HSE, die perfekte Sicherheitskupplung

mayr®
Ihr zuverlässiger Partner

www.mayr.com

BESTIMMUNG DER SCHRAUBENZUSATZKRÄFTE VON BELIEBIG RECHTWINKLIG BERANDETEN MEHRSCHRAUBENVERBINDUNGEN

Dieser Beitrag behandelt ein analytisches Berechnungsmodell zum mechanischen Verhalten von beliebig rechtwinklig berandeten Mehrschraubenverbindungen (MV) unter Betriebslast. In diesem Artikel werden die Modellvoraussetzungen, -einschränkungen, und die Theorie vorgestellt.

1 EINLEITUNG

Das hier dargestellte Berechnungsmodell ist die Weiterführung des Modells, das bereits in [1] und [2] vorgestellt wurde. Das dort dargestellte Modell beruht auf zwei Teilen: einmal einem Plattenmodell und zweitens einem Schraubenmodell, das im Wesentlichen auf der Arbeit von [3] aufsetzt. Auf die dort vorgestellte Theorie wird nur kurz eingegangen. Dazu wird bezüglich auf [2] sowie generell auf [1] verwiesen. Mit dem erweiterten Berechnungsmodell können die im **Bild 01** gezeigten Geometrien berechnet werden.

Folgende Gesichtspunkte stehen in diesem Beitrag im Vordergrund:

- Voraussetzungen und Annahmen für das Berechnungsmodell
- Vorstellung des zugrundeliegenden Ansatzes und der analytischen Umsetzung
- Validierung des analytischen Verfahrens mit FEM sowie
- Einsatzbereich und Grenzen des Berechnungsmodells

Im folgenden Kapitel wird zuerst auf eine Methode, die „modifizierte Superposition“ getauft wird, eingegangen; sie ist ausschlaggebend für die Erweiterung des Berechnungsmodells.

2 METHODE DER MODIFIZIERTEN SUPERPOSITION

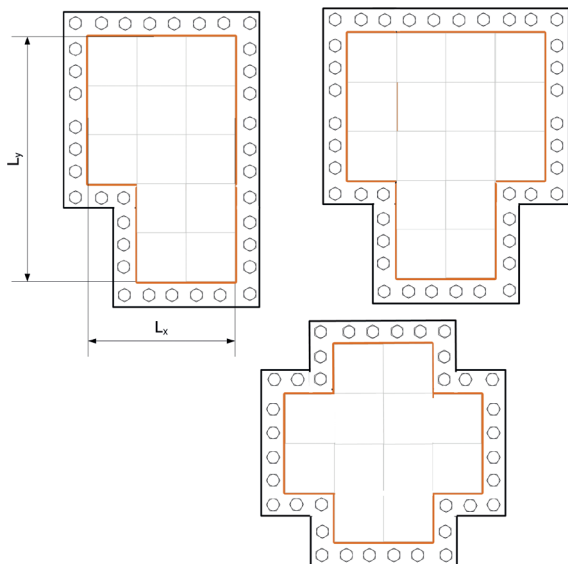
Häufig werden Lastkollektive in der Technik so bestimmt, dass die Einzellasten jeweils separat berechnet sind und zum Schluss alle Berechnungsergebnisse überlagert, also superpositioniert, werden.

Hier wird das Verfahren der Superposition abgewandelt. Die Geometrien aus **Bild 01** werden in rechtwinklige Platten aufgeteilt und die jeweils wirkenden Betriebskräfte den entsprechenden Platten zugeordnet. Die entstandenen Platten und somit auch die Betriebskräfte überlappen sich nicht vollständig, sondern nur teilweise, wie **Bild 02** zeigt.

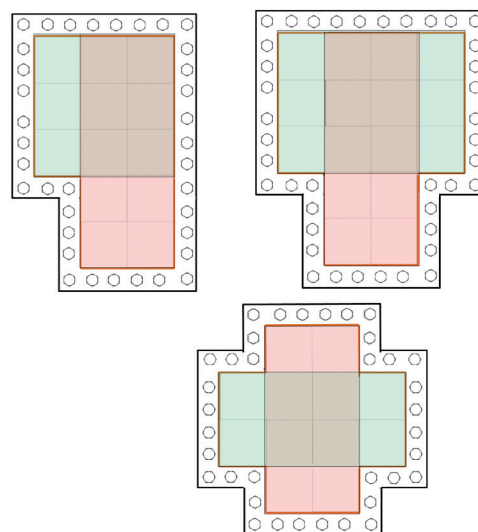
Somit hat jede Platte mit der Vorherigen bzw. Nachfolgenden immer einen Bereich, der hinsichtlich der Belastung identisch ist, wie in **Bild 02** mit dem grauen Bereich verdeutlicht wird.

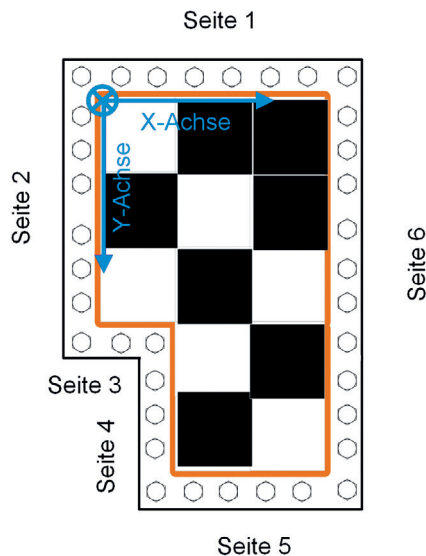
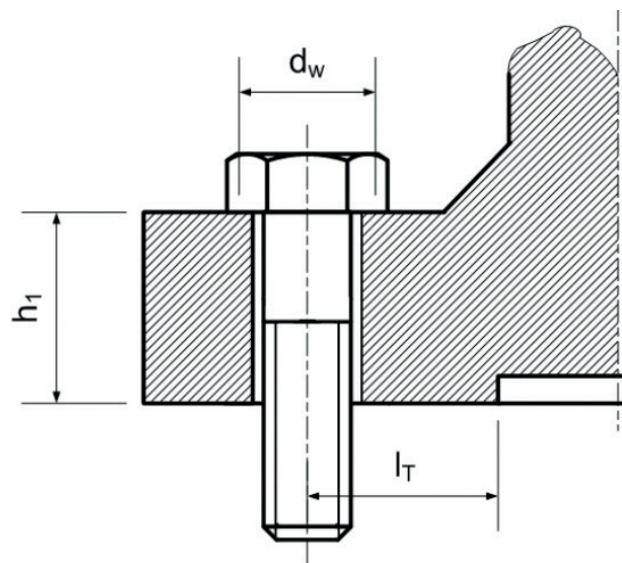
Es entsteht eine Art Kette, mit der beliebig komplizierte Bauteile (gemeint sind die Anschlusskörper bei MV) abgebildet werden können. Voraussetzung ist lediglich, dass sie einen „Plattencharakter“ besitzen, d. h. die eine Raumkoordinate z. B. z wesentlich kleiner ist als die beiden anderen Raumkoordinaten x und y. Mit der Methode „modifizierte Superposition“ wird das Berechnungsmodell aus [1], wie nachfolgend gezeigt, erweitert.

01 Geometrien, die mit dem erweiterten analytischen Modell berechnet werden können



02 Abgewandeltes Superpositionsprinzip: Die entstandenen Platten (rot und grün im Bild) überlappen sich nicht vollständig, sondern nur teilweise im grauen Bereich



03 γ -Platte mit Schrauben und die Belegung mit Lastsegmenten (schwarz)**04** Schnitt durch die SV mit Darstellung der Maße d_w , h_1 und l_T , angelehnt an [4]

3 DARSTELLUNG DES BERECHNUNGSMODELLS

Das analytische Berechnungsmodell aus [1], mit dem ausschließlich rechteckförmige MV berechnet werden können, wird so erweitert, dass nun beliebig rechtwinklig berandete MV, entsprechend **Bild 01**, behandelt werden. Man kann Geometrien mit dem analytischen Modell berechnen, indem man den Anschlusskörper in einzelne Rechteckplatten aufteilt. Am Beispiel einer γ -Platte (siehe **Bild 03**) sollen die Vorgehensweise bei dem Modell sowie die Untersuchungsergebnisse vorgestellt werden:

Das in **Bild 03** orange umrandete Gebiet stellt die γ -Platte dar, und die schwarzen Felder (Lastsegmente) symbolisieren die Angriffsflächen der Betriebskraft, also die Betriebskraftbelegung. Zudem ist das Koordinatensystem angegeben. Jede schräg angreifende Betriebskraft kann man in zwei senkrecht zueinanderstehende Komponenten F_{B_z} und $F_{B_{xy}}$ aufteilen. Die Komponente F_{B_z} in z-Richtung entspricht einer reinen Zug- oder Druckkraft. Die Kraftkomponente $F_{B_{xy}}$ in der xy-Ebene bewirkt ein Biegemoment (Querkraftbiegung) an der Platte. Diese Kraft $F_{B_{xy}}$ kann über ein Verschiebemoment in die Plattenmittelfläche verschoben werden. Damit wirkt nur noch ein Biegemoment M_b auf die Platte, welches für die Plattenrandkräfte mit einer Lösung nach Pilkey [5] berechnet wird. Die verbliebene Schubtriebskraft F_{B_z} wird über die Reibkräfte in der Trennfuge, hervorgerufen über die Schraubenvorspannungen, aufgenommen.

Das analytische Berechnungsmodell besteht aus den folgenden zwei Teilmodellen, die in **Bild 05** und nachfolgend erklärt werden:

a) Plattenmodell: Mit dem Plattenmodell wird die Kraftverteilung am Rand des Anschlusskörpers aufgrund der wirkenden Betriebslast berechnet. Es bildet die Verhältnisse am Anschlusskörper ab, die Plattenränder bilden die Schnittstelle zwischen Anschluss- und Grundkörper. Die speziellen Annahmen und Grenzen für das Plattenmodell sind aus [1] zu entnehmen.

b) Schraubenrahmenmodell $\rightarrow$ Schraubenrahmensegment: Der Betriebskraftanteil je Schraubensegment aus dem Plattenmodell wird als Eingangsgröße für ein modifiziertes Berechnungsmodell nach der Dissertation von Seidel [3] verwendet. In diesem Beitrag wird darauf nicht weiter eingegangen und auf [1] verwiesen, worin die Validierung mit Messergebnissen erfolgte.

Wie **Bild 05** zeigt, wird aus der Flanschverbindung (FLV) entlang der Schraubenreihe mit Durchsteckschraubverbindungen (DSV) circa im Abstand vom Maß l_T (siehe **Bild 04**) die γ -Platte gedanklich herausgeschnitten. Die γ -Platte wird wiederum in zwei rechteckförmige Platten, die im **Bild 04** grün und rot markiert sind, entsprechend Abschnitt 3.1 aufgeteilt.

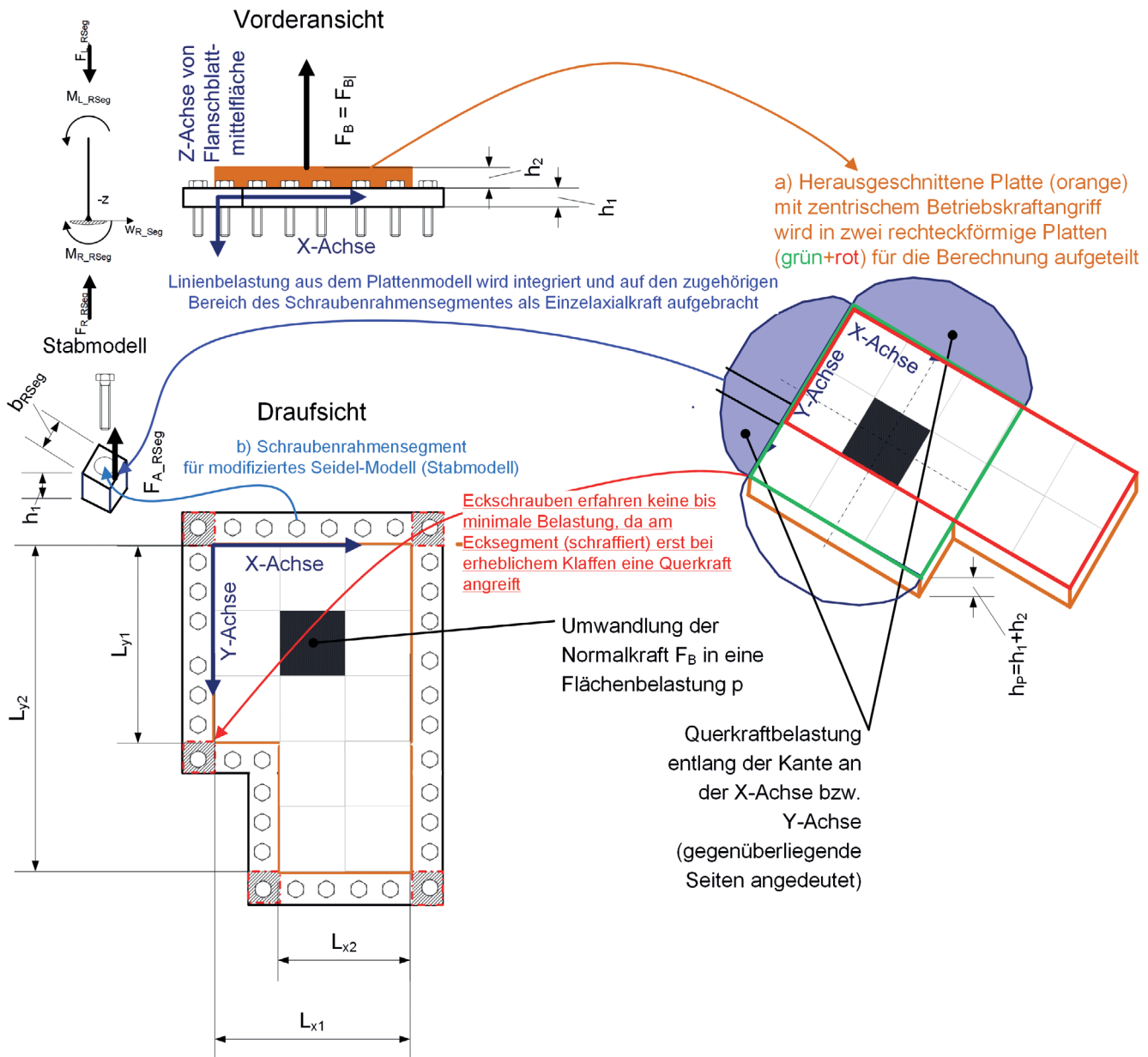
Da bei den experimentellen Untersuchungen in [1] nur Normalkräfte F_{B_z} (Zug/Druck) = F_B eingeleitet werden, wird das Plattenmodell mit diesem Lastfall besprochen. Die weiteren Voraussetzungen und Annahmen für das Berechnungsmodell sind in [1] dargestellt.

3.1 PLATTENBERECHNUNGSMODELL

Mit dem Plattenberechnungsmodell wird die Kraftverteilung am inneren Rand des Schraubenrahmens aufgrund der wirkenden Betriebslast ermittelt. Die Schrauben bzw. die Schraubenvorspannkraft werden im zweiten Schritt mit dem modifizierten Stabmodell nach Seidel [3] berücksichtigt. Das der Berechnungsmethode zugrundeliegende Formelwerk für eine rechteckförmige Platte wurde bereits in [2] vorgestellt und wird hier nicht nochmals aufgeführt. Wie bereits in **Bild 04** gezeigt, wird die γ -Platte in zwei rechteckförmigen Platten (grün und rot in **Bild 04**) aufgeteilt und mit jeweils dem Berechnungsmodell nach [1] für rechtwinklige Platten berechnet. Bei der γ -Platte müssen sechs Seiten berechnet werden; die Bezeichnung der Seiten ist in **Bild 03** wiedergegeben. Dabei sind die Berechnungsergebnisse der grünen Platte für die Seiten 1-3 und die der roten Platte für die Seiten 4-6. Die grün umrandete Platte wird im Folgenden Platte 1 und die rot umrandete Platte mit Platte 2 bezeichnet. Die Vorgehensweise fasst **Bild 06** zusammen:

Bei dieser Aufteilung ist weitgehend gewährleistet, dass je Platte nur die Ränder verwendet werden, die „weit genug“ von den nicht realen Lagerungen an den verlängerten Randseiten (Seite 3 und 4) bzw. verkürztem Rand (obere Seite bei Platte 2) entfernt sind. Von Interesse dürften die Ergebnisse bei den Seiten 3 und 4 der Finite-Elemente-Analyse (FEA) zu der analytischen Berechnung sein, da das innere Eck im Modell nicht berücksichtigt wird und daher zu größeren Abweichungen führt. Jedes schwarze Feld in **Bild 06** ist in diesem Beispiel gleichmäßig mit 30 kN belastet,

05 Skizze des erweiterten Berechnungsmodells (Stabmodell detailliert dargestellt in [1])



und die Plattenmaße betragen in der analytischen sowie der FE-Berechnung: $h_p = 38$ mm, $L_{x1} = 199$ mm, $L_{y1} = 199$ mm, $L_{x2} = 136$ mm und $L_{y2} = 335$ mm.

3.2 KORREKTURFUNKTION FÜR DIE PLATTENECKEN

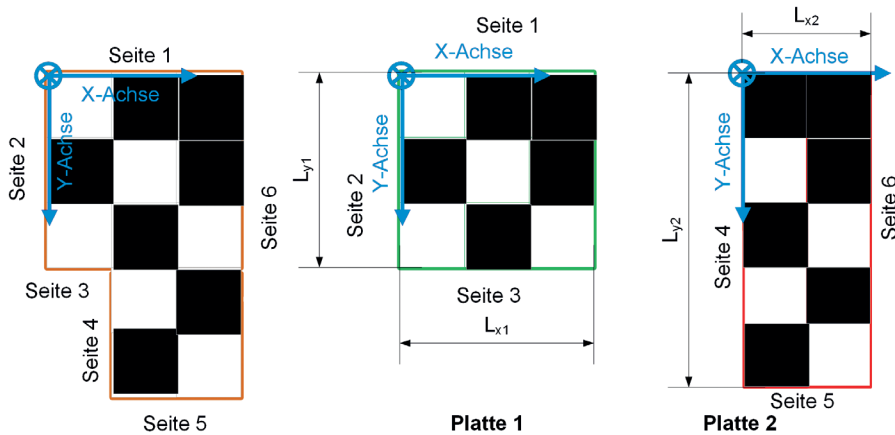
Aufgrund der Navier'schen Randbedingungen, die das reale Verhalten einer in einer Ebene frei aufliegenden Platte ermöglichen sollen, ergeben sich an den Ecken Abweichungen zur Realität. Wie die Erfahrung zeigt, heben sich die Ecken einer liegenden Blechtafel bei zentrischer Druck-Belastung an. Timoshenko [6] wies bereits darauf hin, dass dies lokale Fehler der Theorie sind, die sich nur auf die Ecken beschränken; d.h. in ausreichender Entfernung von den Ecken stimmen die Ergebnisse der Kirchhoff'schen Plattentheorie wieder mit der Realität (Mess-

ergebnisse) überein. Szilard [7] schlägt einen Einflussbereich der Eckenverformung in Form einer Fläche mit der Kantenlänge von $1/5$ der jeweiligen Plattenseite vor. Mit diesen Informationen und Vorschlägen wird eine Korrekturfunktion für die Eckbereiche (Ecken-Korrekturfunktion) empirisch mit einer Polynomfunktion an Hand der FE-Berechnungsergebnisse entwickelt. In den Bildern in Abschnitt 4 ist der mit einer 2D-FE-Plattenanalyse berechnete Lastfall entsprechend Bild 06 grafisch den Ergebnissen des analytischen Berechnungsmodells, mit und ohne Eckenkorrekturfunktion, gegenübergestellt.

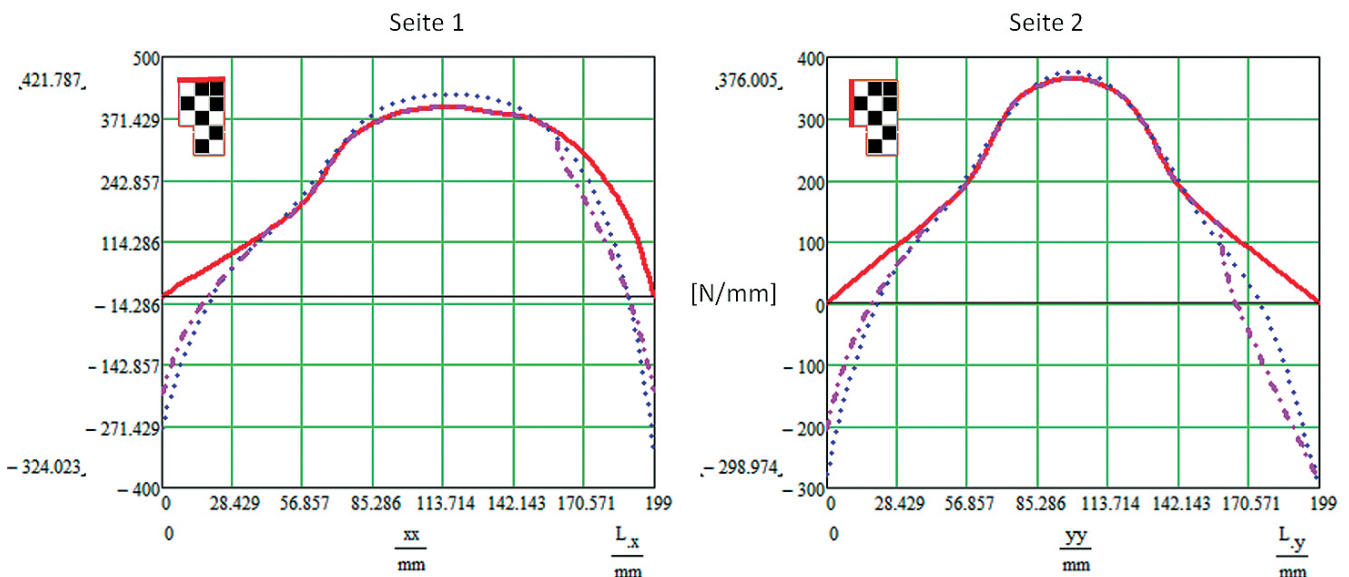
4 GEGENÜBERSTELLUNG DER FEA- MIT DEN ANALYTISCHEN BERECHNUNGSERGEBNISSEN

Die Berechnungen werden mit dem FE-Programm Abaqus (Simulia) in der Version 6.16 durchgeführt. Um korrekte Ergebnisse

06 γ -Platte (links) wird für die Berechnung aufgeteilt in zwei rechteckförmige Platten



07 Links ist die Gesamtplattenscherkraft der Seite 1, rechts die von der Seite 2 zu sehen



an den Plattenrändern bei der FEA zu erhalten, wurden die Elemente „S3R“ (Δ -Element) und „S4R“ ($\square$ -Element) für die Untersuchungen aus der Abaqus-Elementbibliothek verwendet. Wie bereits in Abschnitt 3.2 erläutert, sind in den nachfolgenden Diagrammen drei Kurven dargestellt:

- Rot (Volllinie): analytische Kurve ohne Korrekturfunktion für die Ecken
- Rosa (Strichpunktlinie): analytische Kurve mit Korrekturfunktion für die Ecken
- Blau (Punktlinie): Regressionskurve aus den Werten der FE-Analyse

Der Umweg über die Regressionskurve wird gewählt, um die Finite-Elemente-Werte, die ausschließlich mit den S4R-Elementen ermittelt wurden, in einer mathematischen Funktion mit Einheiten zu erhalten. Nachfolgend werden die Ergebnisse für die einzelnen Seiten vorgestellt, wobei das Icon rechts bezie-

hungsweise links oben im Bild die jeweils betrachtete Seite in der Farbe Rot anzeigt.

4.1 ERGEBNISSE FÜR DIE LINIENLAST BEI SEITE 1 UND SEITE 2

Die Seiten 1 und 2 zeigen in **Bild 07** eine gute Übereinstimmung zwischen Analytik und FEA mit einer Abweichung von max. |6|% bezogen auf die FE-Berechnung.

4.2 ERGEBNISSE FÜR DIE LINIENLAST BEI SEITE 3 UND SEITE 4

Wie **Bild 08** zeigt, sind hier die größten Abweichungen zwischen der FEA und dem analytischen Berechnungsmodell festzustellen. Seite 3 zeigt Abweichungen von max. |14|% und Seite 4 max. |30|%

Formelzeichen

Kurzzeichen	Einheit	Bedeutung
F_{A_RSeg}	N	axialer, d. h. in Schraubenachse gerichteter, Betriebskraftanteil der auf ein Schraubenrahmensegment wirkt
F_B	N	beliebig gerichtete Betriebskraft an einer MV
$F_{B }$	N	Senkrechte Komponente der beliebig gerichteten Betriebskraft
F_{B-}	N	Waagrechte Komponente der beliebig gerichteten Betriebskraft
F_{L_RSeg}	N	vorhandene Schraubenkraft reduziert um F_{A_RSeg}
F_{R_RSeg}	N	Reaktionskraft zu F_{L_RSeg} ; Kontaktkraft in der Berührungsebene der Flanschblätter
F_{xp_ges} , F_{yp_ges}	N/mm	Gesamtplattenscherkraft ermittelt durch Superposition der Einzelscherkräfte F_{xp} bzw. F_{yp}
$F_{xp_ges_mod}$, $F_{yp_ges_mod}$	N/mm	Gesamtplattenscherkraft F_{xp_ges} bzw. F_{yp_ges} mit Korrektur an den Plattenecken
L_x, L_{x1}, L_{x2}	mm	Plattenberechnung: Gesamtlänge in x-Richtung, des Plattenteils allgemein, der Platte 1, der Platte 2
L_y, L_{y1}, L_{y2}	mm	Plattenberechnung: Gesamtlänge in y-Richtung, des Plattenteils allgemein, der Platte 1, der Platte 2
M_{L_RSeg}	Nm	Lastmoment auf ein Schraubenrahmensegment
M_{R_RSeg}	Nm	Reaktionsmoment zu M_{L_RSeg}
b_{RSeg}	mm	Breite eines Segmentes des Schraubenrahmens
d_w	mm	Außendurchmesser der ebenen Kopfauffläche der Schraube; allgemein Auflageaußendurchmesser
$f_{s1}, f_{s2}, \dots, f_{s6}$	-----	Regressionskurve aus den FE-Scherkraftlinienlastwerten von Seite 1, Seite 2, ..., Seite 6 des FE-Plattenmodells
h_1	mm	Höhe des Flansches im Schraubenbereich der Versuchskörper bzw. des Schraubenrahmens
h_2	mm	Höhe der Zugsegmente
h_p	mm	Plattenhöhe für das Plattenberechnungsmodell = $h_1 + h_2$
l_T	mm	Abstand Schraubenachse zu Trennfugenausparung
x, y, z	mm	Raumkoordinaten, allgemein

bezogen auf die FE-Berechnung. Dies ist zum einen der Kerbstelle am Eckpunkt von Seite 3 mit Seite 4 und zum anderen der Korrekturfunktion (rosa Strichpunktlinie) geschuldet. Wegen der Kerbstelle werden deshalb die FE-Ergebnisse bei den beiden Seiten jeweils bis zu einem Abstand von 4 mm vom Eckpunkt dargestellt. Bei der Korrekturfunktion (siehe Abschnitt 3.2) wird bisher immer 1/5 von der jeweiligen Plattenseite berücksichtigt, d. h. bei der zweiten Platte ist das die Länge $L_{y2} = 335$ mm für die Seite 4. Wird die γ -Platte betrachtet, so hat die Seite 4 eine Länge von 156 mm. Bei Seite 4 zeigt sich deshalb rechts im Diagramm ein Verbesserungspotential hinsichtlich der Korrekturfunktion durch Berücksichtigung einer geringeren Seitenlänge, da die rote Kurve und die blaue gepunktete Kurve relativ gut übereinstimmen.

4.3 ERGEBNISSE FÜR DIE LINIENLAST BEI SEITE 5 UND SEITE 6

Die Seite 5 zeigt in **Bild 09** zwischen Analytik und FEA eine Abweichung von max. |17|% bezogen auf die FE-Berechnung. Bei Seite 6 eine Abweichung von max. |21|% bezogen auf die FE-Berechnung. Wahrscheinlich würde eine Kombination der analytischen Berechnungsergebnisse von Platte 1 und Platte 2 für den Bereich der Seite 6 zu einer geringeren Abweichung hinsichtlich der FEA führen. Dies wird im Folgebeitrag näher betrachtet.

5 FAZIT

Auf Grundlage des in [1] und [2] vorgestellten Konzepts der Digitalisierung der Betriebskraftverteilung und des analytischen Berechnungsmodells für rechteckförmige MV wird dieses Modell mit der Methode „modifizierte Superposition“ auf beliebig rechtwinklig berandete MV erweitert. Das Berechnungsmodell aus [1] besteht aus zwei Teilmodellen, dem Platten- und dem Rahmensegmentmodell, wobei sich die Erweiterung nur auf das Plattenmodell bezieht. Dem Plattenmodell liegt die Kirchhoff'sche Plattentheorie mit den Navier'schen Randbedingungen zugrunde, wobei die Ecken durch eine empirische Eck-Korrekturfunktion an die Realität angepasst werden. An dem Beispiel der γ -Platte wird gezeigt, wie die Aufteilung in rechteckförmige Platten erfolgt und bei welcher Platte jeweils welche Seiten zum Ergebnis verwendet werden. Die analytischen Ergebnisse zeigen im Vergleich mit der FEA eine größtenteils befriedigende bis ausreichende Übereinstimmung. An den Seiten 4 und 6 gibt es größere Abweichungen; die bei der Seite 4 (rechts) auf ein Verbesserungspotential hinsichtlich der Korrekturfunktion, z. B. durch Berücksichtigung einer kleineren Seitenlänge, hindeuten. Bei der Seite 4 (links) sind die Abweichungen aufgrund der Kerbe „innere Ecke“ zurückzuführen, mit der FE-Programme theoriegemäß Schwierigkeiten haben [8]. Die Werte des analytischen Berechnungsmodells liegen, ohne Betrachtung der Ecken, innerhalb von max. 17 %-Abweichung zu den Werten aus der FEA, lediglich bei Seite 6 zeigen sich größere Abweichungen von bis zu 21 %. Wahrscheinlich müsste bei Seite 6 eine Kombination der Berechnungsergebnisse von Platte 1 und Platte 2 erfolgen, um eine geringere Abweichung zu erhalten, dies wird im Folgebeitrag näher untersucht. Damit zeigt die Validierung größtenteils eine befriedigende bis ausreichende Gültigkeit des erweiterten analytischen Berechnungsmodells.

6 AUSBLICK

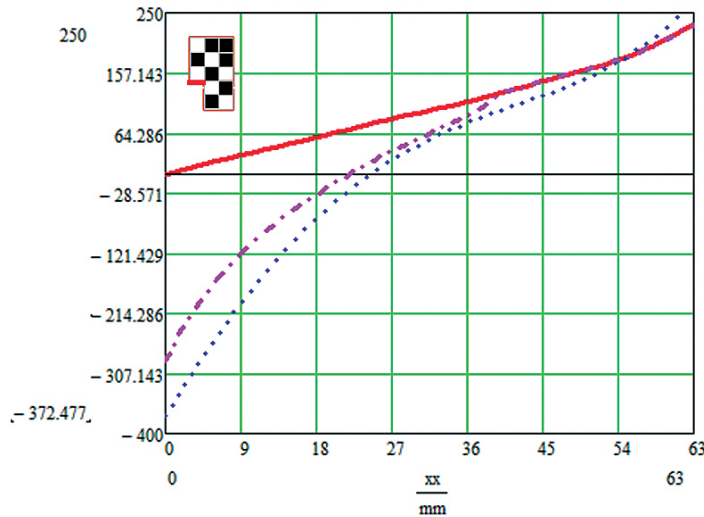
Im zukünftigen Anschlussbeitrag wird das Gesamtmodell aus Platten- und Schraubenrahmenmodell untersucht. Hierfür werden FEA am Gesamtmodell durchgeführt und ein Vergleich der FE-Ergebnisse mit den analytischen Ergebnissen erfolgen.

DER AUTOR

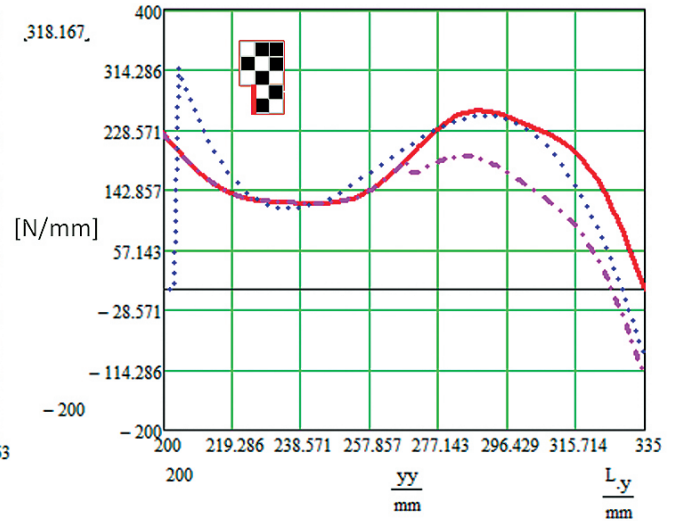
Prof. Dr.-Ing. Udo Petersen,
Fakultät Maschinenbau,
Hochschule Kempten

08 Links ist die Gesamtplattenscherkraft der Seite 3, rechts von der Seite 4 zu sehen

Seite 3

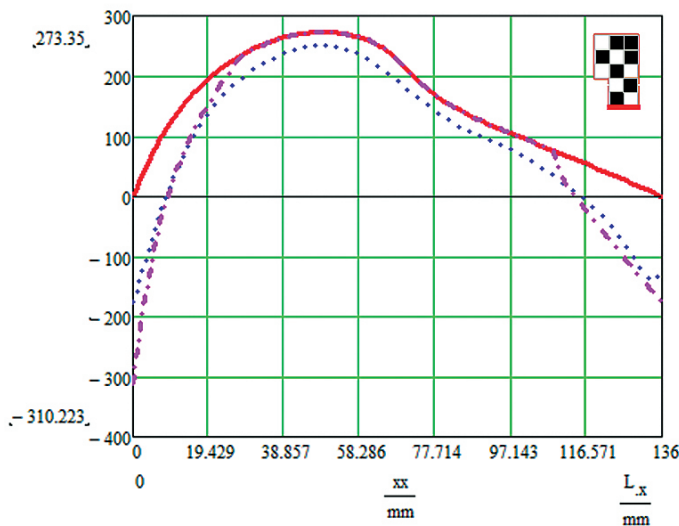


Seite 4

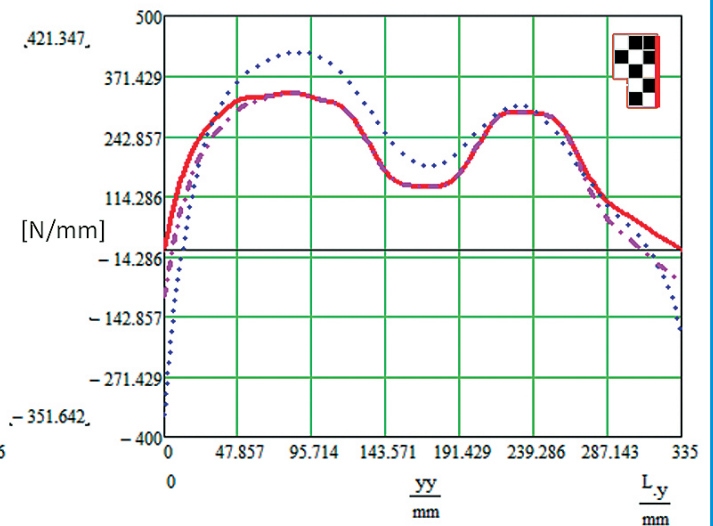


09 Links ist die Gesamtplattenscherkraft der Seite 5, rechts von der Seite 6 zu sehen

Seite 5



Seite 6



Literaturverzeichnis

- [1] Petersen, U.: Beitrag zum Übertragungsverhalten von rechteckförmigen Mehrschraubenverbindungen. Dissertation TU Chemnitz, 2012. Shaker Verlag, 2013.
- [2] Petersen, U.: Untersuchungen zum Übertragungsverhalten von Mehrschraubenverbindungen: analytisches Modell. ant Journal 4, 2014.
- [3] Seidel, M.: Zur Bemessung geschraubter Ringflanschverbindungen von Windenergieanlagen. Dissertation, Schriftenreihe des Institutes für Stahlbau der Universität Hannover Heft 20, Shaker Verlag, 2001.]
- [4] Beitz, W.; Grote, K.-H.: Dubbel interaktiv 2.0, Das elektronische Taschenbuch

- für den Maschinenbau. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.
- [5] Pilkey, W. D.: Formulas for stress, strain and structural matrices. Second Edition, John Wiley&Sons, Inc., S. 1085-1087, 2005.
- [6] Timoshenko, S.; Woinowsky-Krieger, S.: Theory of plates and shells. Second Edition, McGraw-Hill international editions (reprint 1976), 1959.
- [7] Szilard, R.: Theory and analysis of plates: classical and numerical methods. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
- [8] Martin Mayr; Ulrich Thalhoffer: Numerische Lösungsverfahren: FEM-BEM-FDM. Carl Hanser Verlag München Wien, 1993.

MULTIMEDIAL VERNETZT KUNDEN GEWINNEN!



Profitieren Sie von unserem
einmaligen Mediennetzwerk!



Bitte kontaktieren Sie mich, ich berate Sie gerne!

Carmen Nawrath

Head of Sales

Telefon: 0049/6131/992-245

c.nawrath@vfmz.de

