

DRIVEN

by
maxon motor

Hoch geht's

___ Elektroantriebe auf
10000 Meter über Meer S.18

___ Diese Aviatiktrends
erwarten uns in Zukunft S.30

Fokus __Einblicke

Der lange Weg bis zum Take-off.



10



26

Interview

Aerospace-Projektleiter Robin Phillips über elektrische Systeme in Passagierflugzeugen.



30

Trend __Zukunftstechnologien in der Aviatik

Vom Drohntaxi bis zum Überschallflieger.



Fokus __Aviation

Wer ein Flugzeug besteigt, trifft auf hunderte Elektromotoren.

18



24

Application __Inspektionsroboter

Ein kleiner Inspektionsroboter klettert an Tankwänden und Flugzeughüllen hoch.



Helden der Ausgabe

Diese elektrischen Motoren und Antriebssysteme bewegen unser Magazin.

29



22

Infografik

Diese Aufgaben übernehmen DC-Motoren an Bord – ein Überblick.

Impressum

Herausgeber: maxon motor ag
Redaktion: Stefan Roschi, Adrian Venetz
Realisation: Infel AG
Projektleitung: Bärbel Jördens
Gestaltung: Peter Kruppa (Creative Director), Marina Maspoli
Korrektur: Franz Scherer
Druck: Druckerei Odermatt AG
Erscheinungsweise: 2-mal pro Jahr
Sprachen: Deutsch, Englisch, Chinesisch
Auflage: 10 500 (dt.), 7 500 (engl.), 2 000 (chin.)

Copyright: © 2018 by maxon motor ag, Sachseln. Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung.

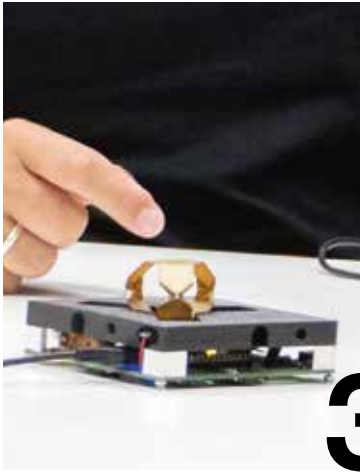
driven online: www.magazin.maxonmotor.ch

Folgen Sie uns



Mehr spannende News, Storys und Fachberichte finden Sie auf unserem Blog: www.drive.tech

Fotos: iStock/Chalabala (Cover), iStock/Liyao Xie, Getty Images/spooh, SR Technics Switzerland Ltd. Invert Robotics, maxon motor/Philipp Schmidli, Airbus Group, maxon motor, maxon motor, Ypsomed, iStock/ReStudio



34

Innovation __YEP-Bericht

Junge Ingenieure tüfteln am faltbaren Joystick der Zukunft.

36

Expertise

maxon Experte Urs Kafader über die sensorlose Ansteuerung von bürstenlosen Motoren.



40



Innovation __Insulinpumpe

Auf Insulingeräte und ihre Komponenten muss man sich voll und ganz verlassen können.

43

Wettbewerb
Mitmachen und gewinnen



Kolumne

Flugzeugtoiletten: Die Hoffnung stirbt zuletzt.

42



Eugen Elmiger,
CEO maxon motor ag

Wie fliegen wir morgen?

Immer mehr Menschen haben die Möglichkeit, von A nach B zu fliegen. Die Preise befinden sich auf rekordtiefem Niveau, und die Flugzeuge werden laufend effizienter – auch dank elektrischer Antriebssysteme, die vermehrt die alten Hydraulikanlagen ersetzen. In einem modernen Langstreckenflieger kommen inzwischen mehrere hundert Antriebssysteme zum Einsatz. In dieser «driven»-Ausgabe zeigen wir Ihnen, wo.

Wie aber werden wir in Zukunft reisen? Die Redaktion stellt Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, fünf Trends in der Aviatik vor. Zudem erfahren Sie, worauf es bei hochpräzisen Insulinpumpen ankommt. Nicht zuletzt können Sie vom Wissen unserer Experten profitieren und etwas über die sensorlose Ansteuerung von bürstenlosen DC-Motoren lernen.

Sicher haben Sie es bereits bemerkt: Unser Magazin kommt in einem frischen Layout daher. Ich hoffe, es gefällt Ihnen, und wünsche viel Spass beim Lesen!



Das Comeback-Bohrloch

Selten hat ein so kleines Bohrloch für so viel Freude und Aufregung gesorgt. Nachdem es am 20. Mai 2018 gebohrt worden war, berichteten die Medien weltweit über seine Entstehung und die Hintergründe. Kein Wunder: Das Loch befindet sich auf dem Mars, in einer Gegend namens Duluth. Es hat einen Durchmesser von 1,6 Zentimetern und ist vom NASA-Rover Curiosity gemacht worden. Für den Rover stellte das Loch nach fast eineinhalb Jahren ein lang ersehntes Comeback dar. Mechanische Probleme waren zuvor der Grund dafür, dass die NASA-Ingenieure eine alternative Bohrtechnik finden mussten, um Gesteinsproben zu nehmen. Nun nutzt Curiosity, der seit 2012 auf dem Mars ist, das Gewicht seines Arms, um den Bohrer ins Gestein zu treiben.

500 000 Meter

In einer A380 sind sage und schreibe 500 Kilometer Kabel verlegt. Weil in Flugzeugen vermehrt elektrische Aktuatoren eingesetzt werden statt hydraulische und pneumatische, wird der Kabelsalat kaum weniger. Deshalb suchen Ingenieure nach neuen Lösungen. Am Kompetenzzentrum «Innovation in Intelligent Multimedia Sensor Networks» der Hochschule Luzern beispielsweise wird untersucht, ob und wie der Einsatz von Power-Line-Communication-Technologien (PLC) in Flugzeugen sinnvoll ist. Hierbei werden Stromkabel gleichzeitig als Datenkabel verwendet. Das Power-Line-Prinzip ist nicht neu. In vielen Haushalten wird das Stromnetz gelegentlich als Datenetz «missbraucht». Es braucht dazu lediglich kleine Adapter an den Steckdosen. Für den breiten Einsatz in der Aviatik muss die Power-Line-Technologie aber noch einige Fortschritte machen.

Ausbildung

maxon nutzt sein Personalpotenzial

Gemeinsam mit den kantonalen Behörden hat maxon motor ein Pionierprojekt der beruflichen Grundbildung für Erwachsene lanciert: den Lehrgang Automatikmonteurinnen EFZ. Die erste Schulklasse hat den Unterricht diesen Sommer begonnen. Sie besteht aus acht Frauen, die alle älter als 25 sind, ihre erste Ausbildung in Angriff nehmen und seit mehreren Jahren am Schweizer Hauptsitz von maxon in der Produktion arbeiten.

Da mehrere hundert Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter spezialisiertes Know-how in der Montage von Mikroantrieben haben, aber über keinen Fachausweis verfügen, sind die Bildungsverantwortlichen bei maxon auf die Idee eines speziellen Ausbildungsgangs gekommen. Dieser dauert zwei Jahre und beinhaltet einen fachlichen Unterricht, der jeweils samstags stattfindet. Der allgemeinbildende Unterricht findet dagegen via Skype-Konferenz statt. So können die Teilnehmerinnen Arbeit und Weiterbildung gut unter einen Hut bringen. maxon hofft unter anderem, dass dank dieser Ausbildung künftig mehr Frauen in Führungsrollen eingesetzt werden können. Thomas Müller, Leiter Berufsbildung bei maxon, sagt: «Wir sehen über die nächsten Jahre ein Potenzial von 100 bis 200 Personen für den Lehrgang.» Dieser steht übrigens auch anderen Industrieunternehmen offen.



Julljana Mitreska (links) und Merita Lluhani gehören zu den acht maxon Produktionsmitarbeiterinnen, die ihre Berufsausbildung zur Automatikmonteurin gestartet haben.



Mehr zum Projekt:

www.angus-adventures.com

Young Engineers Program:

www.drive.tech



Weltrekordversuch

Erstes autonomes Boot soll den Atlantik überqueren

Rund 30 Versuche hat es bereits gegeben, den Atlantik mit einem autonomen Boot zu überqueren. Alle sind gescheitert. Doch im Juni 2019 soll es endlich klappen. Ein kanadisches Team schickt zwei autonome Segelboote, die mit Photovoltaikzellen ausgestattet sind, von Neufundland auf die vierwöchige Reise nach Europa. Falls die Überquerung ganz ohne menschliches Zutun erfolgt, gibt's einen Eintrag ins Guinness-Buch der Rekorde. Gleichzeitig arbeitet das Team an einem dritten Boot, das

die ganze Welt umrunden soll – ebenfalls autonom. Dieses Boot verfügt über eine Schiffsschraube und wird durch Solarenergie gespeist. Hinter dem Projekt stecken die beiden Abenteurer Julie und Colin Angus. Er hat unter anderem den ganzen Amazonas mit einem Ruderboot abgefahren, während sie als erste Frau solo den Atlantik durchgerudert ist. Neben vielen anderen Projekten sind die beiden Besitzer einer Bootsbaufirma und setzen dieses Wissen nun für die geplante autonome Überquerung des Atlantischen Ozeans ein. maxon motor unterstützt das Vorhaben im Rahmen des Young Engineers Program und stellt vergünstigte Produkte und Wissen zur Verfügung. Für die Ansteuerung der Ruder bei allen Booten kommt jeweils eine Motor-Getriebe-Kombination der modernen DCX-Reihe zum Einsatz. Im grossen Solarboot, welches die Welt umrundet, wird zudem ein Elektroantrieb eine Winde betätigen, die Messsonden in verschiedene Wassertiefen lässt.

Laut Colin Angus sind die Segelboote zur Atlantiküberquerung fertig, das Solarboot wird noch fertiggestellt. Er sagt: «Wir sind sehr dankbar für die Unterstützung, und es ist beruhigend, zu wissen, dass maxon Antriebe für eine so wichtige Aufgabe zuverlässig arbeiten.»

NASA

Mars-Hubschrauber fliegt mit Schweizer Motoren

Die US-Raumfahrtbehörde NASA hat bekannt gegeben, dass sie mit der kommenden Rover-Mission Mars 2020 erstmals einen Hubschrauber auf den Roten Planeten schickt. Er wird an der Unterseite des Rovers auf dem Mars landen und in den ersten 30 Missionstagen mehrere autonome Flüge unternehmen, die bis zu 90 Sekunden dauern. Das ist eine grosse Herausforderung. Denn die dünne Luft auf dem Mars ist vergleichbar mit den Bedingungen, die hier in einer Höhe von 30 Kilometern herrschen. Der Hubschrauber muss deshalb leicht sein (1,8 Kilogramm) und kann nur kleine Batterien tragen. Dies setzt voraus, dass die verwendeten Komponenten extrem energieeffizient sind. Auf die DC-Motoren von maxon motor trifft das voll und ganz zu. Sechs modifizierte Kleinmotoren der DCX-Reihe mit einem Durchmesser von 10 Millimetern sind für die Neigung der Rotorblätter zuständig – also die Steuerung des Gefährts.



Event

Cyathlon 2020: maxon ist wieder dabei

Nach der erfolgreichen Zusammenarbeit am Cyathlon 2016 hat sich maxon motor dazu entschlossen, auch die zweite Durchführung des Events 2020 als Partner zu unterstützen. Eine entsprechende Vereinbarung wurde Ende Sommer unterzeichnet. Am Cyathlon treten Menschen mit körperlichen Behinderungen auf Parcours gegeneinander an – unterstützt von modernsten technischen Assistenzsystemen. Der Event findet neu an zwei Tagen statt: am 2. und 3. Mai 2020. Wobei der erste Tag für Qualifikationsrennen und der zweite Tag für die Finaldurchgänge vorgesehen ist. Die Teams und Piloten messen sich wiederum in sechs Disziplinen: Virtuelles Rennen mit Gedankensteuerung, Fahrradrennen mit elektrischer Muskelstimulation (FES), Geschicklichkeitsparcours mit

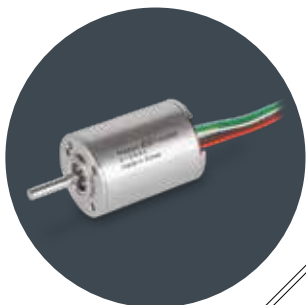
Armprothesen, Hindernisparcours mit Beinprothesen, Parcours mit robotischen Exoskeletten, Parcours mit motorisierten Rollstühlen. Hinter dem Cyathlon steckt die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH). Sie bietet mit dem Event auch eine Plattform, um den Austausch zwischen Technologieentwicklern, Menschen mit Behinderungen und der Öffentlichkeit zu fördern. Zu diesem Zweck finden bis zum Hauptevent 2020 weltweit verschiedene Anlässe mit kleineren Wettkämpfen und Device-Demos statt.



Mehr auf:

www.cyathlon.ethz.ch


Neue Produkte



maxon EC-i 30
Ø 30 mm, 20 W,
bürstenlos

maxon EC-i 30

Innerlich gesteuert

Wer einen bürstenlosen Motor braucht und keinen Platz hat für eine Steuerung, ist mit dem neuen EC-i 30 bestens beraten. Der Motor besitzt – auch wenn man es ihm kaum ansieht – eine integrierte Elektronik für einen zuverlässigen 4-Quadranten-Betrieb. Dies ermöglicht ein kontrolliertes und dynamisches Beschleunigen und Bremsen in beiden Drehrichtungen. Der Benutzer kann die Drehzahl ganz einfach mit einem Potentiometer regeln. Besonders gut eignet sich der Motor beispielsweise für Pumpen- und Lüfterantriebe. Dank des Rotors mit vier magnetischen Polpaaren ergibt sich ein saftiges Drehmoment von bis zu 100 mNm. Wer noch mehr Kraft herausholen möchte, findet im Produktprogramm von maxon selbstverständlich ein passendes Getriebe.



maxon ECX 6
Ø 6 mm, 1,5–4 W,
bürstenlos

maxon ECX 6

Geht's noch kleiner? Ja!

Die beliebte ECX-Speed-Reihe hat Zuwachs erhalten. Der Jüngste in der Familie ist zugleich der Kleinste. Mit einem Durchmesser von 6 Millimetern eignet sich der bürstenlose DC-Motor vor allem für Anwendungen in der Medizintechnik. Dank der eisenlosen Wicklung ergibt sich eine Drehzahl von bis zu 100 000 Umdrehungen pro Minute. Verfügbar ist der kräftige Winzling in zwei Leistungsgrößen (Standard oder High Power) und mit konfigurierbarer Welle. Wie alle Motoren aus dem X-Programm ist er im Online Shop mit Getrieben und Encodern kombinierbar und innerhalb von 11 Tagen versandbereit.



Im maxon Online Shop gibt es mehr als 5000 Produkte, Selektionshilfen, Kombinationstools und ausführliche Produktinformationen:

shop.maxonmotor.ch

Nächste Station:

Fast 10000 Flugzeuge sind durchschnittlich in der Luft, und ihre Zahl nimmt laufend zu. Doch bis zum ersten Take-off einer Passagiermaschine braucht's viele Arbeitsschritte.

Take-off



Ein Mitarbeiter von Boeing montiert eine 777. Vom ersten Teil bis zur Auslieferung an den Kunden dauert es rund drei Monate.



Ein Flugzeug-Triebwerk besteht aus rund 20000 Teilen und ist eine hochkomplexe Maschine. Allein das Design und die Produktion von Schaufelblättern sind eine Wissenschaft für sich. Immer mehr wird dafür ein Faserverbundwerkstoff verwendet.



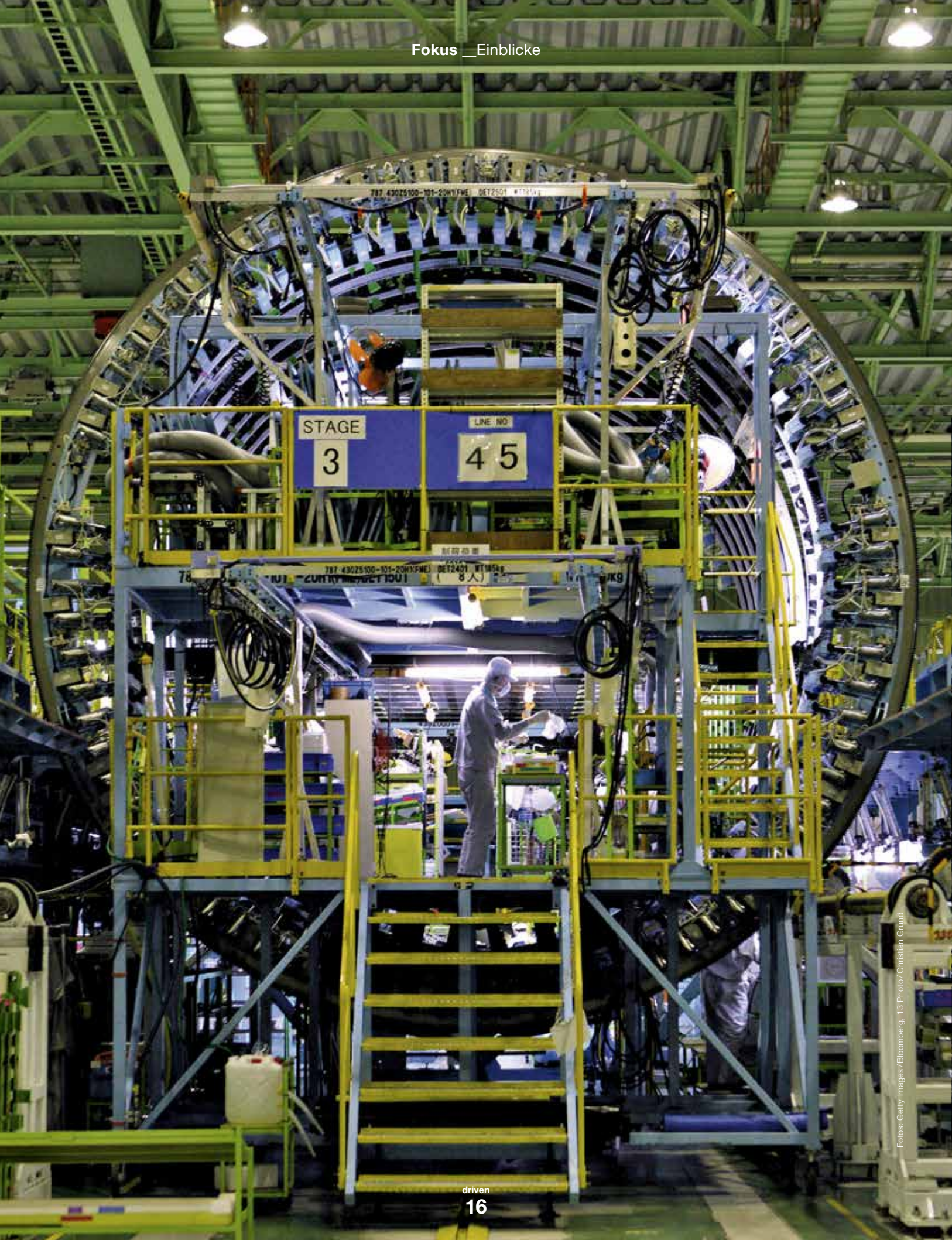
Linke Seite: Für die grobe Rumpfmontage setzen die Flugzeughersteller immer öfter Nietroboter ein. Trotzdem braucht's immer noch viele helfende Menschenhände, um eine Passagiermaschine zu montieren.

Rechts der finale Zusammenbau der Boeing 787 Dreamliner.



Fotos: Getty Images / Bloomberg, Boeing / Bob Ferguson







Links: Der Querschnitt einer Dreamliner mit einem Durchmesser von 5,75 Metern in einer Boeing-Produktionsstätte. Die beiden grössten Flugzeugbauer Boeing und Airbus steigern ihre Produktionen stetig und kommen inzwischen auf rund 1500 Maschinen jährlich.

Rechts: Eine ausgelieferte A330 am Flughafen Zürich.

10 000 Meter über Meer



Fotos: iStock/Egorych, iStock/ansonmiao

Motor läuft

In Linienflugzeugen übernehmen kleine Elektromotoren viele Aufgaben, die früher mechanisch oder hydraulisch erledigt worden sind – und der Trend setzt sich rasant fort. Willkommen an Bord!



Elektrische Aktuatoren finden sich überall an Bord: etwa im Klimasystem, wo sie für angenehme Temperaturen und Frischluft sorgen (oben). Zudem kommen sie als praktische Schliesshilfen bei den Gepäckablagen zum Einsatz.

Der Check-in liegt hinter uns, Kerosinduft steigt in die Nase, der Blick aufs Ticket bestätigt die Sitzplatznummer. Im Gang des Flugzeugs stehen die Passagiere und hieven ihr Handgepäck in die Ablage über ihren Köpfen. Als ein Cabin-Crew-Mitglied den Deckel nach oben drückt, um die Gepäckablage zu schliessen, helfen starke Mikromotoren – fürs Auge unsichtbar. Willkommen an Bord, willkommen in der unsichtbaren Welt der elektrischen Antriebssysteme!

Automatische Flugsysteme

Der Pilot steuert die Maschine zur Startbahn, bewegt den Schubhebel nach vorne und bringt das Flugzeug in die Luft. Sein Control-Joystick ist mit kleinen Elektromotoren versehen, mit denen ein Force-Feedback kreiert wird. Dadurch spürt der Pilot effektiv und in Echtzeit, was an den Flugflächen draussen passiert. Längst vorbei die Zeiten, als Steuerknüppel noch direkt über Kabel mit den Steuerflächen verbunden waren. Dann, wenn die Flughöhe erreicht ist und der

maxon Antriebe in der Aviatik

maxon verfügt über eine grosse Auswahl an Standardprodukten auf hohem Level, die sich problemlos in verschiedenste Aerospace-Anwendungen integrieren lassen. Gleichzeitig bietet das Unternehmen Hand zu kundenspezifischen Lösungen und kompletten mechatronischen Systemen.

Seit 2012 ist maxon mit der ISO-Norm 9100 für Luftfahrt und Space zertifiziert. In den haus-eigenen Labors werden die Antriebe auf Vibration, Schock, Kälte, Wärme oder Vakuum getestet.

Autopilot eingeschaltet wird, bewegt sich der Schubhebel selbstständig (Autothrottle), durch einen DC-Motor gesteuert.

Hinten in der Kabine arbeitet derweil das Klimasystem des Flugzeugs auf Hochtouren, damit sich die Passagiere auch auf 10 000 Metern Höhe wohl fühlen. Die Regulierung von Temperatur, Sauerstoff und Druck erfolgt über viele kleine Ventile und Aktuatoren – meist

bürstenlose Flachmotoren. In einer Boeing Dreamliner zum Beispiel kommen fast 50 maxon EC 45 flat im Klimasystem zum Einsatz.

Wenn die Blase drückt

Es ist nun einmal so: Früher oder später muss jeder Passagier den Weg zur Toilette antreten. Auch dort sorgen elektrische Antriebssysteme im Hintergrund für saubere Abläufe, regulieren unter anderem sowohl die Wasserzufuhr als auch die Spülung. Künftig sollen für zusätzlichen Komfort sogar berührungslose Funktionen hinzukommen (mehr auf Seite 38).

Beim Verlassen der Flugzeugtoilette schweift der Blick neidisch in die Business- und First-Class. Denn inzwischen ahnen wir: je mehr Elektromotoren, desto höher der Komfort. Konkret lässt sich das unter anderem an den Sitzen erleben. Diese lassen sich per Knopfdruck in die richtige Position bringen und sogar zu einem Bett ausfahren – alles elektrisch und automatisch. Hinzu kommt immer öfter ein verstellbarer Härtegrad in den Kissen mittels Luftdruck, damit auch lange Flüge angenehm werden. Für das entsprechende Ventil setzt die Herstellerfirma Lantal bürstenlose maxon Motoren ein. Falls dann beim gemütlichen Kurzschlaf die Sonne ins Gesicht scheint, wird die Fensterblende bequem per Knopfdruck heruntergefahren. Auch dafür sorgen – genau – maxon Präzisionsmotoren.

Lückenloses Internet

Zurück in der Economy-Klasse müssen die Passagiere wenigstens nicht auf Unterhaltung verzichten. Die Bildschirme über den Sitzen werden simultan ausgefahren und zeigen Sicherheitsanweisungen oder Filme. Wer dagegen lieber im Internet surft, hat immer öfter die Gelegenheit dazu, da viele Passagierflugzeuge mit Kommunikationsantennen ausgestattet sind. Diese richten sich permanent und automatisch auf das beste Satellitensignal aus. Jeweils drei Antriebe der EC-4pole Reihe werden dafür benötigt – mit passenden HD-Getrieben.

Schliesslich rückt die Landung näher, der Sinkflug ist im vollen Gange, und das Fahrwerk wird ausgefahren. Damit es auch ausgefahren bleibt, betätigt eine Motor-Getriebe-Kombination aus DCX 22 und GP 32 HD den Sicherheitsbolzen. Unsichtbar für alle Passagiere, wie so vieles, was an Bord eines Passagierflugzeugs durch elektrische Antriebe verrichtet wird. Mehrere

Der lange Weg zum elektrischen Flugzeug

Bis wir mit rein elektrisch angetriebenen Flugzeugen reisen, vergehen wohl noch Jahrzehnte. Zwar arbeiten die grossen Flugzeugbauer und Start-ups weltweit an Konzepten oder Prototypen von elektrischen Flugzeugen, doch bisher ist noch keine Maschine auf dem Markt, die mehrere Passagiere transportieren könnte. Schuld ist unter anderem die nach wie vor zu tiefe Energiedichte von Batterien. Diese müsste etwa fünfmal höher sein, um nur schon kleine Passagierflugzeuge in die Luft zu bringen. Deshalb konzentrieren sich inzwischen viele Entwickler auf hybride Triebwerke, die zum einen mit Batterien und zum anderen mit Kerosin oder alternativ mit Gasturbinen angetrieben werden. Nichtsdestotrotz gibt es rein elektrische Projekte für Kleinflugzeuge, wie etwa Joby Aviation oder Ampaire. Beide Unternehmen kündigen Prototypen und Testflüge für die kommenden zwei Jahre an.

hundert solcher Antriebe befinden sich in Mittel- und Langstreckenmaschinen, und ihre Zahl nimmt stetig zu. Denn dank gesteigerter Qualitätsstandards ersetzen immer öfter elektrische Aktuatoren hydraulische oder pneumatische Systeme (siehe Interview Seite 26). Gleichzeitig werden sie in neuen Anwendungen eingesetzt, die den Komfort der Passagiere erhöhen.

Elektrische Systeme sparen deutlich Gewicht im Gegensatz zu hydraulischen. Deshalb spielen sie eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, Passagierflieger ökologischer und ökonomischer zu machen – neben energieeffizienteren Triebwerken und Leichtbautechniken für die Flugzeughülle. Denn elektrische Triebwerke lassen auf sich warten (siehe Kasten), und der Verkehr am Himmel nimmt ungebremst um jährlich 5 Prozent zu. Damit die Umweltverschmutzung nicht im gleichen Mass ansteigt, muss das Flugzeug von morgen schnell, leise und umweltfreundlich sein. Ingenieure arbeiten mit Hochdruck daran. ■



Weitere
Berichte zum
Thema
Aerospace auf
unserem Blog:

www.drive.tech

Antrieb über den Wolken

In Passagierflugzeugen sind mehrere hundert elektrische Aktuatoren versteckt an der Arbeit. Wir verraten wo.

—
In-Board-Kommunikation:
automatische Ausrichtung der
Antenne für sauberes WiFi

**maxon BLDC-Motor EC-4pole 22
und 30, Encoder ENC 16 Easy,
Getriebe GP 22 HD und 32 HD**

—
Kabinen-Klimasystem: Mehrere
maxon Antriebssysteme sind
für die Ventilation, die Kühlung der
Elektronik und den Einlass der
Frischluft zuständig.

Unter anderem:
maxon BLDC-Motor EC 45 flat

—
Fahrgestell: Klappenöffnung
und Einrastmechanismus

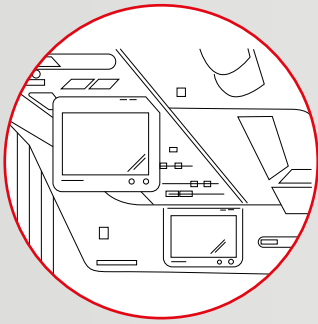
**maxon DC-Motor DCX 22 L
und Getriebe GP 32 HD**

—
Notfallschliessventil der
Kerosinzufuhr im Feuerfall

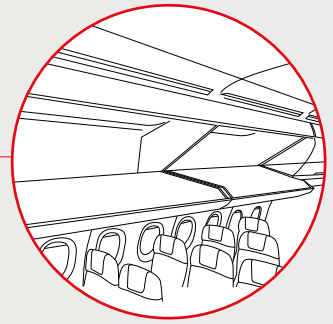
maxon DCX-Motoren



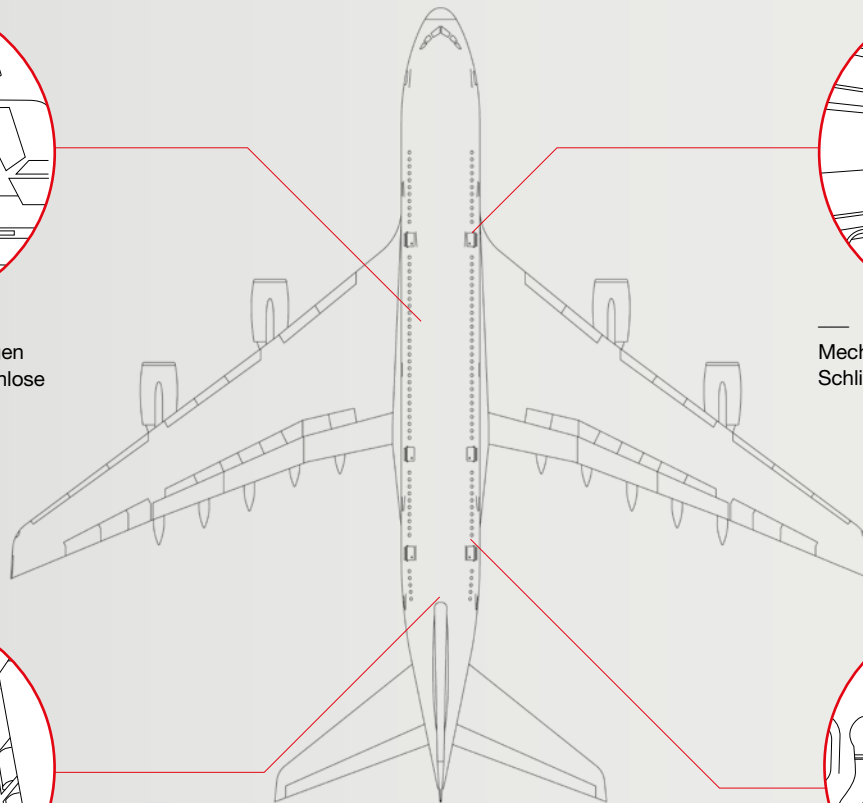
Infografik



Um die Displays in Flugzeugen auszufahren, werden bürstenlose DC-Motoren verwendet.



Mechatronische Unterstützung zur Schliessung der Gepäckablage



Frischwasserzufuhr und Toiletten-spülung



Elektrische Sitzverstellung sowie persönliche Anpassung des Härtegrades per Knopfdruck

**maxon BLDC-Motor
EC-4pole 30**

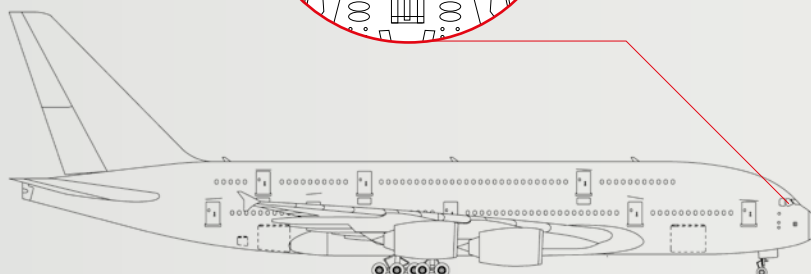
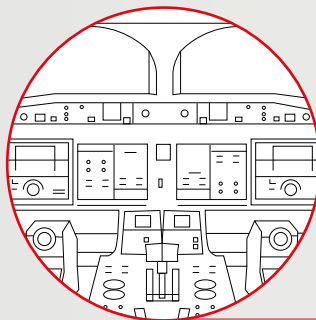
Automatische Regulierung des Schubhebels

**maxon BLDC-Motor
EC-4pole 30**

Elektrische Anpassung der Ruderpedale an die Beinlänge der Piloten

**maxon BLDC-Motor
EC 22 und Getriebe GP 22 C**

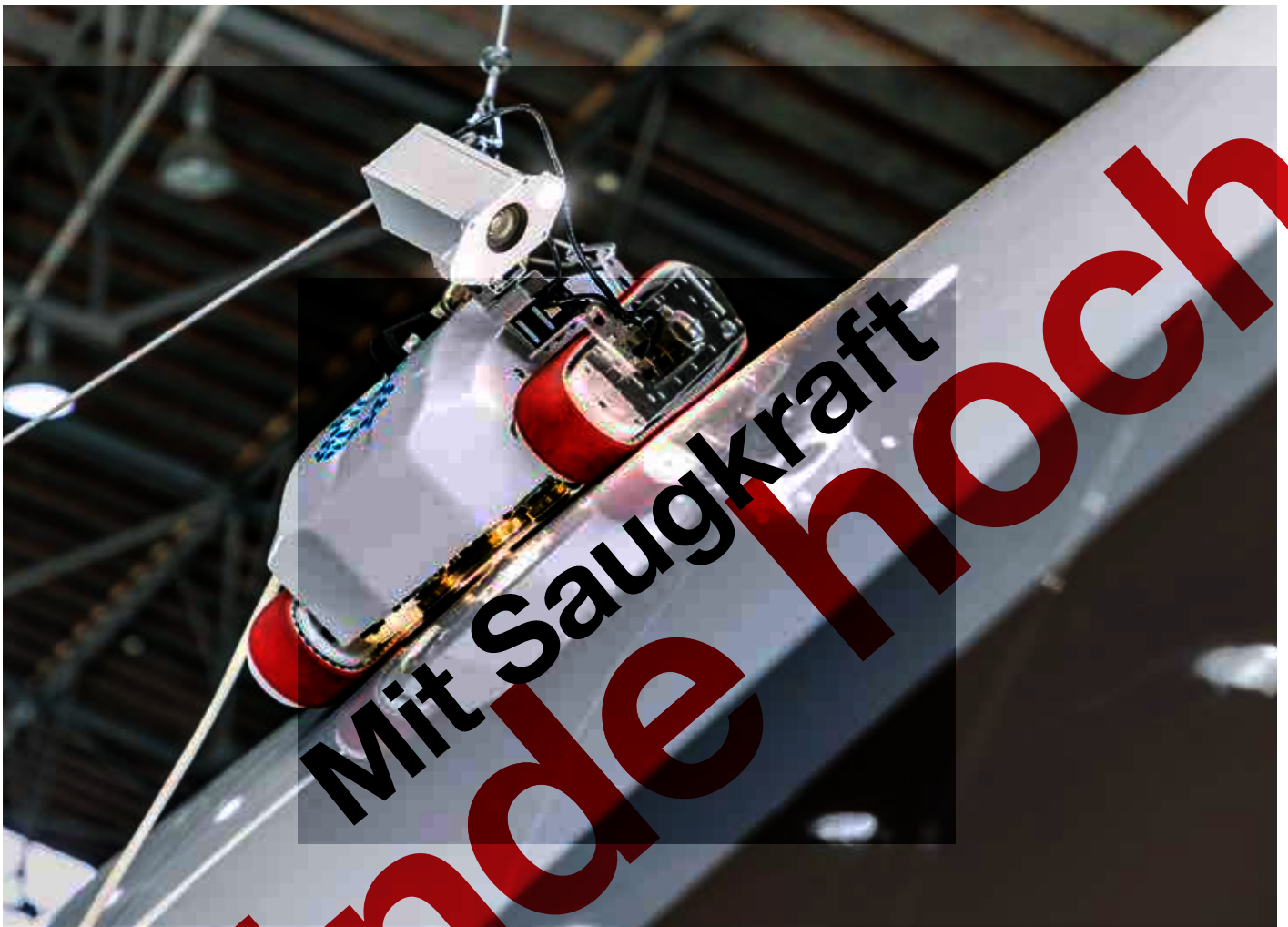
Force-Feedback beim Steuer-Joystick



Elektrische Fensterblenden

**maxon BLDC-Motor EC-max 16
und Getriebe GP 16 A**

Inspektionsroboter übernehmen immer komplexere Aufgaben und verhindern, dass sich Menschen bei gefährlichen Arbeiten verletzen. Die kleinen Helfer inspizieren riesige Milchtanks und klettern an der Aussenhaut von Flugzeugen herum.



Auch wenn viele Menschen fürchten, dass Roboter ihnen bald die Arbeit wegnehmen: In vielen Fällen ist genau dies erwünscht. Zum Beispiel wenn eine Aufgabe mit einem hohen Verletzungsrisiko verbunden ist. Das hat sich auch das neuseeländische Start-up Invert Robotics gesagt, welches seit 2010 Roboter entwickelt, die Inspektionsarbeiten ausführen – in riesigen Milchtanks. Und von denen gibt es in Neuseeland viele, schliesslich spielt die Milchindustrie eine grosse Rolle im Inselstaat, in dem mehr Kühe leben als Menschen. Rund ein Viertel aller Exporteinnahmen wird mit Milch erwirtschaftet. «Unser ultimatives Ziel ist es, dass kein Mensch mehr in beengten Räumen arbeiten muss», sagt Managing Director Neil Fletcher von Invert Robotics. So lassen sich viele Unfälle vermeiden, die unter anderem durch das Einatmen von Kohlendioxid oder anderen gefährlichen Gasen verursacht werden.

Nichtmagnetische Oberflächen als Herausforderung

Bevor die Roboter allerdings diese Aufgaben übernehmen konnten, mussten die Ingenieure von Invert Robotics eine Herausforderung meistern. Zwar gab es bereits Roboter, die sich an magnetischen Wänden bewegen konnten, doch eine Lösung für nichtmagnetische Oberflächen musste zuerst gefunden werden. «Wir entwickelten deshalb eine Technik basierend auf Saugnäpfen», sagt James Robertson, der Chief Technology Officer bei Invert Robotics. Die erste Lösung benötigte noch eine grosse Vakuumpumpe. Doch die Ingenieure verbesserten das Konzept, sodass heute keine Pumpe mehr notwendig ist. «Das jetzige System ist so energieeffizient, dass der Roboter auch haften bleibt, wenn er für eine gewisse Zeit ausgeschaltet ist.» Inzwischen hat das Unternehmen das Anwendungsgebiet für seine Inspektionsroboter ausgeweitet auf alle Arten von geschlossenen Räumen – hauptsächlich Tanks in der Lebensmittel- und Chemieindustrie. Allerdings müssen die kleinen Roboter mit ihrer Saugtechnik und den Kameras nicht zwingend im Innern eines Behälters zum Einsatz kommen. Das hat vor einiger Zeit auch die Industrie der Flugzeugwartung erkannt, die ebenfalls darauf angewiesen ist, Risse oder andere Schäden in Oberflächen zu finden. Zeit ist hier ein wichtiger Faktor, soll das Flugzeug doch möglichst schnell wieder in der Luft sein. Zudem können sich die Wartungsleute nur mühsam entlang der Aussenseite



Mehr Berichte über Inspektionsroboter auf unserem Blog:

www.drive.tech

des Rumpfs bewegen. Ideale Voraussetzungen also für den Inspektionsroboter von Invert Robotics. Mit seiner Kamera liefert er hochauflösende Bilder vom Rumpf an das Wartungspersonal. Dieses bleibt am Boden und muss sich nicht mit Hebebühnen oder an Seilen in die Höhe wagen, um allfällige Schäden zu finden. Die Inspektionszeit reduziert sich dadurch dramatisch. James Robertson von Invert Robotics sagt: «Es sind keine Modifikationen nötig, um unseren Roboter auf einem Flugzeug einzusetzen.»

Per Online Shop zur Wunschlösung

Die Ingenieure von Invert Robotics loten permanent die Grenzen aller eingesetzten Komponenten aus, um die bestmögliche Lösung zu erhalten. Schliesslich muss ihr Roboter zuverlässig funktionieren und der Schwerkraft sowie anderen Kräften trotzen. Für die Radantriebe greifen die Techniker auf bürstenlose Flachmotoren EC 45 flat in Kombination mit Planetengetrieben GP 42 C zurück. Diese steuern sie mit ESCON-Controllern an. «Wir haben vom ersten Prototyp an maxon Antriebe eingesetzt und sind nie enttäuscht worden», so Robertson. Er und seine Kollegen arbeiten hauptsächlich mit dem maxon Online Shop, um die gewünschten Antriebe zu konfigurieren und zu bestellen. Und falls sie doch mal Fragen haben, die über das Datenblatt hinausgehen, besprechen sie sich mit den maxon Spezialisten in Australien. ■

Robin Phillips ist seit mehr als zehn Jahren Aerospace-Projektleiter bei maxon motor und unter anderem für die Mars-Rover-Projekte zuständig. Der gebürtige Brite hat Mathematik und Astrophysik studiert. Danach arbeitete er unter anderem in Hawaii am James Clerk Maxwell Telescope (JCMT).



Fotos: maxon motor / Philipp Schmidt

«Die Unterschiede sind gewaltig»

In der Luftfahrtbranche werden immer öfter hydraulische Systeme durch elektrische ersetzt. Aerospace-Projektleiter Robin Phillips kennt die Gründe – und blickt in die Zukunft.

Seit 2010 hat maxon motor eine eigene Aerospace-Organisation (inzwischen Business Unit), die sich um Projekte in den Bereichen Space und Aviation kümmert. Öffentlich bekannt sind vor allem die Anwendungen für den Mars, etwa die Rover der NASA und der ESA. Doch die vielen Anwendungen in der zivilen Luftfahrt sind genauso spannend. Und sie verändern die Art, wie man Flugzeuge baut.

Robin Phillips, warum benötigt maxon überhaupt eine eigene Business Unit Aerospace?

Die Aerospace-Industrie hat spezielle Erwartungen und Anforderungen an die elektrische Antriebstechnik. Darum müssen unsere Entwickler und Verkäufer Spezialisten sein und sich voll und ganz auf diese Kundenerwartungen fokussieren können. Das ist sicher

auch Teil unseres Erfolgs. Inzwischen arbeiten am maxon Hauptsitz elf Leute Vollzeit an Aerospace-Projekten, weltweit sind es rund 25. Für maxon ist das heute noch ein kleiner Markt – der aber stetig wächst. Und die Projekte passen gut zu unserer Philosophie; schliesslich wollen wir Produkte entwickeln, die technisch ans Limit gehen bezüglich Leistung und Baugrösse, während höchste Qualität eingehalten wird. Etwas, das im Flugzeugbau besonders gefragt ist.

Welche weiteren Anforderungen werden denn an die elektrischen Antriebe im Flugzeugbau gestellt?

Die Elektromotoren müssen zuverlässig über grosse Temperaturunterschiede von –55 bis +85 Grad Celsius funktionieren – über tausende von Zyklen. Dar-

über hinaus werden sehr hohe Qualitätsanforderungen vorausgesetzt, da unsere Antriebe inzwischen auch in flugsicherheitsrelevanten Anwendungen drin sind. Zum Beispiel in Sicherheitsventilen, die die Kerosinzufuhr im Notfall stoppen. Gleichzeitig steht die Industrie permanent unter Preisdruck, was man ja eindrücklich an den tiefen Flugticketpreisen sieht.

Was bedeutet das konkret für maxon?

Wir schulen unsere Mitarbeitenden gezielt auf kritische Produktionsprozesse – zum Beispiel in Lötverfahren. Gleichzeitig automatisieren wir hohe Qualitätsstandards in den Produktionsabläufen mit entsprechenden Tools oder Prozessen. So sind wir in der Lage, auch grosse Stückzahlen zuverlässig bereitzustellen. Als Beispiel: Für die Boeing 787, den Dreamliner, liefern wir jährlich rund 10 000 Antriebe.

Die Aviation-Industrie erlebt gerade den Wandel von hydraulischen und pneumatischen Systemen hin zu elektrischen Lösungen. Was ist der Grund dafür?

Hydraulische Systeme sind ziemlich wartungsintensiv, es kommt immer wieder zu Lecks. Zudem sind die mit Flüssigkeit gefüllten Leitungen vergleichsweise schwer. Mit elektrischen Aktuatoren wird Gewicht gespart, da sie nur ein Kabel zur Ansteuerung benötigen, und sie sind sehr wartungsarm.

Warum kommt dieser Wandel erst jetzt?

In der Vergangenheit waren Elektromotoren einfach nicht genügend zuverlässig. Doch die stetig höheren Anforderungen in verschiedenen Industrien haben Unternehmen wie uns angetrieben, immer besser zu werden. Mit dem Resultat, dass heute selbst unsere Standardprodukte höchste Qualitätsansprüche erfüllen. Es sind schon gewaltige Unterschiede, wenn man zum Beispiel unsere heutigen DCX-Motoren mit jenen aus den 70er-Jahren vergleicht.

Wann werden hydraulische Systeme in Passagierflugzeugen komplett verschwinden?

Kleinere Flugzeuge werden bereits jetzt als All Electric Airplanes konzipiert – mit Ausnahme der Triebwerke. Bis das auch in grossen Linienflugzeugen der Fall ist, braucht's wohl noch Jahrzehnte. Gerade bei flugkritischen Anwendungen wird als primäres System noch immer eine hydraulische Lösung verwendet,

«In Zukunft werden auch flugkritische Anwendungen mit elektrischen Antrieben gesteuert.»



Robin Phillips, Aerospace-Projektleiter bei maxon motor

während das redundante System bereits elektrisch ist. Das gilt etwa für die Ansteuerung von Flugkontrollflächen oder für Ausfahrmechanismen von Fahrwerken. Elektrische Motoren kommen hier nur bei Versagen des primären Systems zum Einsatz. Doch in Zukunft werden auch diese flugkritischen Anwendungen mit zwei elektrischen Antrieben gesteuert. Somit kann bei einem allfälligen Ausfall des ersten Motors sofort der zweite einspringen.

maxon hat in den letzten zwei Jahrzehnten viel Erfahrung in Space-Anwendungen gesammelt – mit Mars-Rovern, Satelliten, privaten Raketenbauern. Inwiefern profitiert die Aviation-Branche davon?

Der grosse Lerneffekt ist unter anderem ein Grund, wieso wir solche Missionen machen. Denn die Space-Industrie zwingt uns, unsere Motoren bis ins kleinste Detail zu untersuchen, verschiedene Tests zu machen, damit wir jede kleinste Schwäche finden und verbessern können. Diese Verbesserungen fliessen dann oft zurück in die Standard-Industrielösung. Somit profitiert die Aviation-Industrie definitiv von unserem Space-Wissen. ■■■

Die Mitwirkenden



**DC-Motor maxon
DCX 10 S**

→ «Mars-Hubschrauber»,
S. 8



**Bürstenloser
EC-Motor maxon
EC 45 flat**

**Planetengetriebe
maxon GP 42 C,
keramikverstärkt**

**Motor-Controller
ESCON Module 50/5**

→ «Inspektionsroboter»,
S. 25



**DC-Motor maxon
DCX 6**

→ «Foldaway», S. 34



**Bürstenloser
EC-Motor maxon
EC 9.2 flat**

→ «Insulinpumpe», S. 40

5 Trends der Aviatik

An diesen Technologien arbeiten
Forscher und Ingenieure.

1



Blackfly

Ohne Stress

Nach sieben Jahren Entwicklung hat das kalifornische Unternehmen Opener kürzlich sein Elektroflugzeug Blackfly präsentiert. Der Einplätzer stieg bei einem Testflug bereits erfolgreich in die Luft. Die Fahrzeuge sollen die Öffentlichkeit «von den Einschränkungen des zweidimensionalen Strassenverkehrs befreien, indem sie eine neue Welt des dreidimensionalen Fliegens eröffnen», schreibt die Firma. Ihre Flieger seien die Vorreiter einer neuen Ära des stressfreien Reisens.

Fotos: Opener, Inc., Airbus Group



Vahana

Ohne Pilot

In einem Innovationszentrum der Airbus Group im Silicon Valley wurde das Projekt Vahana ins Leben gerufen. Ziel ist die Entwicklung eines elektrischen, selbstgesteuerten Senkrecht-Start- und -Landeflugzeugs, das städtische Luftwege erschliessen soll. Vahana soll gemäss Entwicklern ein «kostengünstiger Ersatz für Nahverkehrsmittel wie Autos oder Züge» werden. Erste Testflüge Anfang 2018 liefen erfolgreich ab. Der grosse Vorteil dieses autonomen Systems: Es braucht keine ausgebildeten Piloten – entsprechend kann die Frequenz solcher Flüge enorm gesteigert werden.

XB-1

Mit Überschall

Verschiedene Projekte weltweit widmen sich der Zivilluftfahrt mit Überschallflugzeugen. Das US-Unternehmen Boom Technology baut derzeit an der XB-1, einem Flugzeug mit einer Geschwindigkeit von Mach 2,2 (etwa 2700 Kilometer pro Stunde) – fast dreimal so schnell wie ein modernes Passagierflugzeug. Gemäss Aussagen des Unternehmens hat Japan Airlines bereits 20 Flugzeuge vorbestellt. Ab 2023 könnten die ersten Serienflugzeuge mit je knapp 60 Sitzplätzen ausgeliefert werden. Durch neue Technologien und Materialien soll der Überschallflug viel effizienter und sicherer werden, als es bei der Concorde (1976 bis 2003) der Fall war.

4



Clip-Air

Mit Anhang

Wird eine Bahnstrecke zu bestimmten Zeiten nur wenig befahren, hängt man ein paar Waggonn ab, um Energie zu sparen. Geht so was auch bei Flugzeugen? Durchaus, findet ein Forscherteam der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne. Sein revolutionäres Lufttransportkonzept heisst Clip-Air. An das «nackte» Flugzeug werden Kapseln gehängt, die in ihrer Anzahl und Grösse variieren – je nach Menge der Passagiere und Güter. Ein erster Prototyp in der Grösse eines Privatflugzeugs könnte bis in etwa zehn Jahren realisiert sein.

5



Eviation Aircraft

Ohne Emissionen

Das israelische Unternehmen Eviation Aircraft entwickelt ein voll-elektrisches Flugzeug mit drei elektrisch angetriebenen Propellern. Das mit Lithium-Ionen-Batterien ausgestattete Lufttaxi soll 9 Passagiere befördern und mit rund 450 Kilometern pro Stunde etwa 1000 Kilometer weit fliegen können. Besteht das Flugzeug gemäss Eviation Aircraft durch tiefe Betriebskosten, geringe Lärmentwicklung und null Schadstoffemissionen. Ein Prototyp des Fliegers soll bereits 2019 in die Luft steigen.

Foldaway

Mit dem Tastsinn die virtuelle Welt erkunden: Möglich macht dies die Entwicklung zweier Ingenieure. Ihre Steuergeräte bestechen durch ein platzsparendes Design – sie lassen sich durch Origamitechnik zusammenfalten.



I n der Welt der Technik werden bewegliche Bauteile und Verbindungen auf unterschiedlichste Weise realisiert. In Motoren und Getrieben beispielsweise kommen Kugellager und Zahnräder zum Einsatz, im Haushalt trifft man viele Scharniere und Schraubgelenke. Zwei junge Ingenieure der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne (EPFL) setzten auf eine eher ungewöhnliche Technik der Bewegungsübertragung – die Kunst des Faltens. Tatsächlich erinnern ihre filigranen Steuer-

geräte an eine Mischung aus Origami und Elektronik. «Foldaway» heissen diese Interfaces. Das Prinzip ähnelt einem Trackpoint in Notebooks, also jenem Knopf in der Mitte der Tastatur, mit dem sich der Mauszeiger mit der Fingerkuppe steuern lässt. Auch Foldaway ist – wie beispielsweise eine Maus oder ein Joystick – ein Steuergerät. Aber es kann einiges mehr.

«Portable haptic interface» – so bezeichnen Stefano Mintchev und Marco Salerno ihre Entwicklung, die sie künftig mit ihrem Start-up-Unternehmen «Foldaway

Die Ingenieure
Marco Salerno
(links) und
Stefano Mintchev.



Haptics» vertreiben wollen. Und damit sind bereits zwei wichtige Stichworte gefallen: portabel und haptisch. Portabel wird das Interface durch die erwähnte Origamitechnik. Der aus Karbonfasern oder anderen Verbundmaterialien hergestellte Mini-Joystick lässt sich einfach im Gehäuse verstauen – eben indem er zusammengefaltet wird. Haptisch wird das Gerät durch seine Fähigkeit, dem Benutzer ein Feedback zu geben. Man kennt das Prinzip beispielsweise als Vibrationsfeedback von den Controllern einer Spielkonsole. Ein Foldaway-Interface ist ebenfalls in der Lage, dem Benutzer eine haptische Rückmeldung zu geben. Neben Vibrationen kann das Interface auch die Intensität von Kräften übertragen. Doch wozu soll das gut sein?

Stefano Mintchev und Marco Salerno demonstrieren in ihrem Büro an der EPFL ein praktisches Beispiel. Auf dem Computerbildschirm ist ein anatomisches Bild eines menschlichen Torsos abgebildet. Der Nutzer kann nun mit einem Foldaway-Interface den Mauszeiger über das Bild bewegen. Der Clou dabei: Je nach Region, in der sich der Mauszeiger befindet, passt das Interface seine Steifigkeit an. Fährt man beispielsweise über eine Rippe, lässt sich das Interface nicht mehr nach unten drücken. Fährt man dagegen über weiches Gewebe, gibt das Interface dem Druck des Fingers nach. Für die Kraftübertragung im Innern des Geräts sorgen drei winzige DCX-Motoren von maxon. Der Schweizer Antriebsspezialist unterstützt das Foldaway-Projekt im Rahmen des Young Engineers Program.

«Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine wird in Zukunft immer wichtiger und komplexer», sagt Stefano Mintchev. Der Tastsinn werde dabei eine zentrale Rolle spielen. Controller und Steuergeräte mit haptischem Feedback sind nichts Neues auf dem Markt. Was die Interfaces von Foldaway so speziell macht, sind ihre Kompaktheit und ihr geringes Gewicht. Die flachen Steuereinheiten passen problemlos in eine Hosentasche, und ebenso einfach lassen sie sich mit einem Computer oder Smartphone verbinden. Aktuell auf dem Markt erhältliche Steuergeräte mit einer Krafterückkopplung seien teuer, relativ gross und umständlich zu transportieren, gibt Marco Salerno zu bedenken. Zwar gebe es auch kleinere Steuergeräte, diese aber beschränkten sich meist auf ein simples Vibrationsfeedback.

Die beiden Ingenieure haben weitere konkrete Pläne, wie ihre Geräte künftig genutzt werden können – beispielsweise als professionelle Steuerung von Drohnen.

«Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine wird immer wichtiger und komplexer.»



Stefano Mintchev, Mitgründer von
Foldaway Haptics

Erfasst ein starker Windstoss die Drohne, ist diese Kraft direkt am Controller zu spüren. Der Drohnenpilot kann sich somit ein klareres Bild darüber machen, welchen Kräften das Flugobjekt ausgesetzt ist, und muss sich nicht allein auf optische Informationen verlassen. Auch für Anwendungen im Bereich der virtuellen Realität sehen Stefano Mintchev und Marco Salerno grosses Potenzial für ihre Steuerungen.

Durch den speziellen Herstellungsprozess – eine Kombination von dünnen Schichten aus verschiedenen Materialien – kann das System in verschiedenen Grössen und Formen gebaut werden. «Da die Montage automatisiert ist, wird es einfach sein, sie in Serie zu fertigen und die Kosten niedrig zu halten», sagt Stefano Mintchev. Bereits ist ein grösseres Publikum auf die kleinen Steuerungen aufmerksam geworden: Auf dem IEEE Haptics Symposium im März 2018 in San Francisco gewann das Unternehmen den Best Demonstration Award für eines ihrer Steuergeräte. ■

Young Engineers Program

maxon motor unterstützt mit dem Young Engineers Program (YEP) innovative Projekte mit vergünstigten Antriebssystemen und technischer Beratung.



Jetzt bewerben:

www.drive.tech

Sensorlose Ansteuerung von bürstenlosen Motoren

In vielen Anwendungen wäre es von Vorteil, wenn man einen bürstenlosen Motor ohne Sensoren betreiben könnte.

Und tatsächlich gibt es hier verschiedene Möglichkeiten. Eine von maxon entwickelte Methode setzt nun neue Maßstäbe in Präzision und Zuverlässigkeit.



Urs Kafader, Leiter
technische Ausbildung,
maxon motor

Um einen bürstenlosen Motor anzutreiben, braucht es eine Steuerelektronik für die präzise Kommutierung. Das funktioniert aber nur, wenn die Steuerelektronik stets «weiss», in welcher Position sich der Rotor befindet. Klassischerweise liefern im Motor verbaute Sensoren – beispielsweise Hallensensoren – diese Informationen. Doch es geht auch anders. Sensorlose Ansteuerungsverfahren verwenden direkt Strom- und Spannungsinformation aus dem Motor zur Bestimmung der Rotorlage. Aus der Veränderung der Rotorposition kann die Geschwindigkeit hergeleitet werden, welche zur zusätzlichen Drehzahlregelung verwendet werden kann. Höherentwickelte sensorlose Ansteuerungen können sogar den Strom (Drehmoment) und die Position regeln. Durch das Weglassen von Sensoren ergeben sich Vorteile: tiefere Kosten und Platzersparnis. Denn Kabel, Stecker, aber auch empfindliche elektronische Schaltkreise werden überflüssig. Die sensorlosen Regler von maxon benutzen drei Grundprinzipien, die speziell auf die maxon BLDC-Motoren abgestimmt sind.

Prinzip 1: EMK-Methode mit Nulldurchgang

Die EMK-Methode mit Bestimmung des Nulldurchgangs verwendet die induzierte Spannung (oder EMK) in der nichtbestromten Phase bei Blockkommutierung. Der Nulldurchgang findet in der Mitte des Kommutierungsintervalls statt (Abbildung 1). Aus den vorhergehenden Kommutierungsschritten kann die Zeitverzögerung zum nächsten Kommutierungspunkt abgeschätzt werden.

Die EMK-Methode mit Nulldurchgang funktioniert nur bei genügend hoher Drehzahl – im Stillstand verschwindet die EMK. Der Anlauf des Motors benötigt einen speziellen Anlaufprozess ähnlich einer Schrittmotorsteuerung und muss separat eingestellt werden. Die eigentliche sensorlose Kommutierung ist erst ab Motordrehzahlen von 500–1000 Umdrehungen pro Minute (UpM) möglich. Zur Drehzahlregelung wird die Frequenz der Kommutierungsschritte verwendet. Die Dynamik ist aufgrund der beschränkten Feedbackinformation limitiert, kann aber durch Integration von Schätzmethoden im Regelalgorithmus (Beobachter, Kalman-Filter ...) verbessert werden. Die EMK-Methode mit Nulldurchgang hat aber auch Vorteile. Grundsätzlich funktioniert sie mit allen bürstenlosen Motorbauarten. Sie ist robust, kosteneffektiv und wird in vielen Standardprodukten verwendet, wie zum Beispiel im maxon ESCON Module 50/4 EC-S.

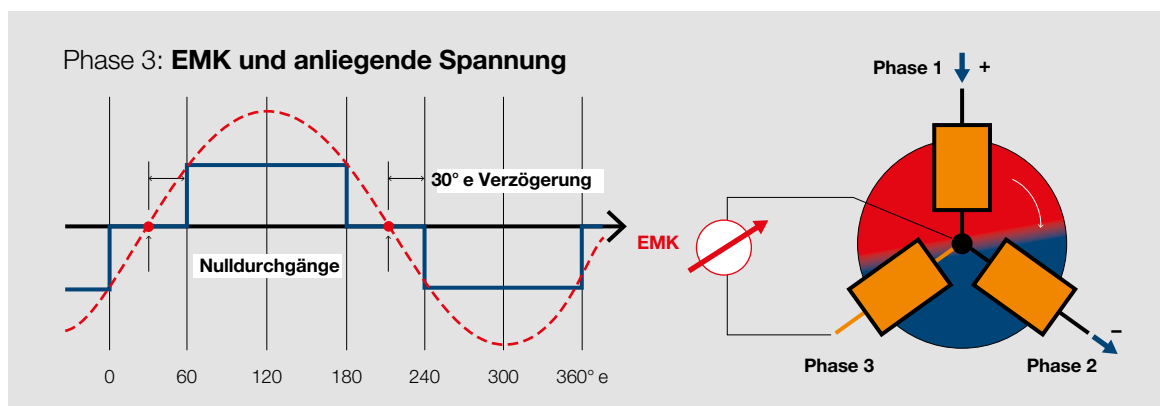


Abbildung 1: Schematische Darstellung der sensorlosen Kommutierung der EMK-Methode mit Nulldurchgang, hier am Beispiel der Phase 3 gezeigt.

Prinzip 2: Beobachter-basierte EMK-Methode

Beobachter- oder Modell-basierte EMK-Methoden benützen Informationen aus dem Motorstrom, um die Rotorlage und die Drehzahl herzuleiten. Der Modell-basierte Ansatz ergibt eine viel höhere Auflösung der Rotorposition. Damit ist Sinuskommutierung (oder FOC, feldorientierte Regelung) möglich mit all ihren Vorteilen: höherer Wirkungsgrad, kleinere Erwärmung, weniger Vibrationen und Geräusche. Allerdings benötigt auch die Beobachter-basierte EMK-Methode eine Mindestdrehzahl von einigen hundert UpM, um gut zu funktionieren.

Prinzip 3: Magnetische Anisotropie-Methoden

Die auf der magnetischen Anisotropie basierenden Methoden leiten die Rotorlage aus der Motorinduktivität her, welche minimal ist, wenn die magnetischen Flüsse von Stator und Rotor im Rückschluss parallel sind (Abbildung 2). Dazu werden kurze Strompulse verwendet, die aber keine Motorbewegung verursachen. Verglichen mit den EMK-basierten Verfahren funktioniert diese Methode auch im Stillstand oder bei sehr tiefen Drehzahlen und erlaubt Sinuskommutierung. Die gemessenen Signale sind stark vom Motortyp abhängig. Der Bestimmung der Rotorlage liegt ein Motormodell zugrunde, welches für jeden Motor parametrisiert und angepasst werden muss. Controller auf Basis von magnetischer Anisotropie sind deshalb hochspezifische Produkte – einfach «plug-and-play» geht nicht. Der Rechenaufwand zur Evaluation der Rotorposition beschränkt die maximal möglichen Drehzahlen.

Warum sensorlose Ansteuerung?

In preissensitiven Anwendungen kann die Verwendung von sensorlosen Motoren die Kosten senken. Hallsensoren, Encoder, Kabel und Stecker fallen weg. Typische Anwendungen in diesem Bereich sind Lüfter, Pumpen, Scanner, Fräser, Bohrer und andere hochdrehende Anwendungen mit eher tiefer Regelperformance und wo ein kontrollierter Anlauf nicht kritisch ist. Bei hoher Stückzahl ist eine kundenspezifische Anpassung des EMK-basierten Reglers sinnvoll.

Kostenoptimierung bei hoher Regelperformance

Kostenersparnis ist nicht der einzige Grund, sich für eine sensorlose Ansteuerung zu entscheiden. Anwendungen wie Tür- oder Bike-Antriebe benötigen eine hohe Regelqualität. Eine ruckfreie Motoransteuerung ab Drehzahl null ist wichtig, aber auch eine hohe

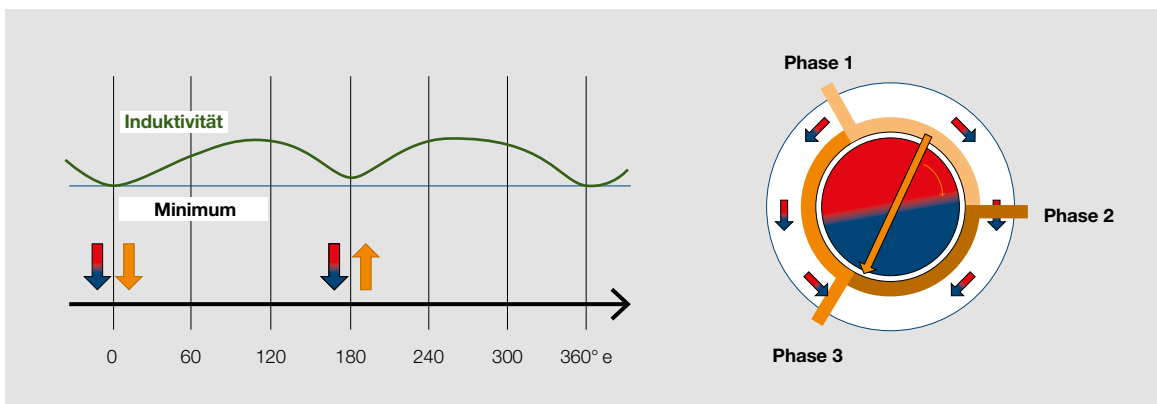


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Anisotropie der Induktivität. Sie zeigt zwei fast identische Minima im Abstand von 180 elektrischen Grad.

Dynamik und Sinuskommutierung zur Geräuschvermeidung. Dies alles soll ohne die Verwendung eines teuren Encoders realisiert werden. In den letzten Jahren haben sich dazu hochwertige sensorlose Ansteuerungen basierend auf der Anisotropie-Methode etabliert. Zum Beispiel die neue High-Performance-Sensorless-Control-Steuerung (HPSC) von maxon (siehe Kasten). Der Engineering-Aufwand zur Anpassung der Modellparameter rechtfertigt sich allerdings erst ab Stückzahlen von einigen hundert.

Raue Umgebungsbedingungen

Eine sensorlose Ansteuerung kann auch nötig sein in Situationen, wo empfindliche Sensorelektronik beim Motor vermieden werden muss. Man denke an Anwendungen bei sehr hohen oder tiefen Umgebungstemperaturen, Reinigungs- und Sterilisationsmethoden im medizinischen Umfeld, aber auch an ionisierende Strahlung im Weltraum, in Kernanlagen oder in der Medizin. Die reduzierte Anzahl Motoranschlüsse erleichtert zudem die Integration bei engen Platzverhältnissen. Die benötigte Regelgüte ist je nach Anwendung verschieden. Welche sensorlose Methode besser passt, muss von Fall zu Fall entschieden werden – zum Beispiel eine hohe Drehzahl in Dental-Handgeräten zum Bohren und Schleifen oder eher tiefe Drehzahlen und geregelte Drehmomente zum Fixieren von Schrauben in der Chirurgie.

Fazit

Drei Hauptgründe sprechen für eine sensorlose Ansteuerung: Kostenersparnis, Platzersparnis und feindliche Umgebung für Sensoren. Die EMK-Methode mit Bestimmung des Nulldurchgangs ist weit verbreitet in kostensensitiven Anwendungen, die bei hohen Drehzahlen laufen. Sensorlose Ansteuerung ab Stillstand und bei tiefen Drehzahlen verlangt nach höher entwickelten Methoden. Der Aufwand zur Implementierung ist grösser und schliesst Modellbildung und Parametrisierung ein. Kostenersparnis ist eher zweitrangig. Die feldorientierte Regelung ergibt einen höheren Wirkungsgrad und weniger Erwärmung sowie ein tieferes Vibrations- und Geräuschniveau. Das sind alles Vorteile, welche besonders in medizinischen Handgeräten zum Tragen kommen. ■

Sensorlose Controller von maxon

—Eine Neuentwicklung aus dem Hause maxon ist das HPSC Module 24/5 (High Performance Sensorless Control), eine Plattform aus Hardware und kundenspezifischer Software. HPSC ist immer eine massgeschneiderte Lösung und deshalb kein Katalogprodukt. Das Spezielle an dieser Entwicklung: Im Stillstand und bei niedriger Drehzahl kommt erst eine Regeltechnik auf der Grundlage der magnetischen Anisotropie zum Einsatz (Prinzip 3). Dann, bei höherer Drehzahl, folgt ein sanfter Übergang zu einer Beobachter-basierten EMK-Methode (Prinzip 2). Die Firmware des Moduls wird für jedes Antriebssystem abgestimmt. Mittels eines speziellen Tuningprozesses werden über 120 Parameter automatisch an den «Fingerabdruck» jedes Motors angepasst. Ein Beispiel für den Einsatz von HPSC ist das von maxon neu entwickelte Hand-Tool für den Medizinbereich.



—Das ESCON Module 50/4 EC-S ist der einzige sensorlose Controller von maxon, der im Produktkatalog aufgeführt ist (Block-Kommutierung mit EMK-Methode mit Bestimmung des Nulldurchgangs). Als Alternative für die kleinsten EC-Motoren (bis ca. 10 mm Durchmesser) bietet sich der Sensorless Controller 24/1 an, der allerdings nicht im Katalog oder e-Shop aufgeführt ist.

Das Blut unter Kontrolle

In der Medizintechnik braucht es Geräte und Antriebe, auf die man sich zu 100 Prozent verlassen kann. Auch in den Insulinpumpen des Unternehmens Ypsomed kommen nur Komponenten in Topqualität zum Einsatz.

U nauffällig sieht es aus, das kleine schwarze Kästchen, das in jede Hosentasche passt. Darin aber verbirgt sich Technik auf höchstem Niveau. Es handelt sich um eine Insulinpumpe der Schweizer Herstellerin Ypsomed. Die Firma hat es sich zum Ziel gemacht, das Leben von Diabetikern zu erleichtern. Je nach Bedarf pumpt das Gerät mit dem Namen YpsoPump eine genau vorgegebene Menge an Insulin durch eine schmale Kanüle ins Unterhautfettgewebe des Patienten. Der Vorteil: Diabetiker müssen sich nicht mehrmals täglich



selbst spritzen, sondern nur alle paar Tage den Schlauch mit der Kanüle auswechseln. Kinderleicht sind auch der Wechsel der Insulinampulle im Gerät oder das Einsetzen der Batterie. Mit etwas mehr als 80 Gramm ist die Pumpe leichter als jedes Handy. Apropos Smartphone: Via Bluetooth kommuniziert die Pumpe sogar mit Notebook oder Telefon und zeigt dort wichtige Therapiedaten an. Die Pumpe selbst ist mit einem Touchscreen ausgestattet und intuitiv bedienbar. Die YpsoPump eignet sich vor allem für Patienten mit Typ-1-Diabetes, die

Pumpe hilft bei Diabetes Typ 1

Der Zuckergehalt unseres Blutes ändert sich ständig. In einem gesunden Körper schüttet die Bauchspeicheldrüse regelmässig Insulin aus. Dieses Hormon sorgt dafür, dass die Glucose – also der Zucker – von den Zellen aufgenommen werden kann und der Blutzuckerspiegel nicht zu hoch wird. Bei Diabetikern produziert die Bauchspeicheldrüse kein oder zu wenig Insulin. Deshalb müssen sich Diabetiker das lebenswichtige Insulin «von aussen» holen – mit Spritzen oder speziellen Pumpsystemen wie der YpsoPump. Dies gilt vorwiegend für Typ-1-Diabetiker und damit für eine Minderheit der Patienten. Bei Typ-1-Diabetes handelt es sich um eine bislang unheilbare Autoimmunerkrankung. Rund 90 Prozent aller Diabetiker dagegen haben Typ-2-Diabetes. Diese Form der Diabetes tritt vor allem bei älteren und übergewichtigen Menschen auf. Durch gesunde Ernährung und genügend Bewegung kann man Typ-2-Diabetes in der Regel unter Kontrolle halten oder vorbeugen, ohne sich Insulin spritzen zu müssen.



eine kontinuierliche und zuverlässige Insulinzufuhr benötigen und jede Mahlzeit mit zusätzlichem Insulin ausgleichen müssen. «Die Einfachheit der Bedienung und der Einsatz neuester Technologien waren unsere Hauptziele bei der Entwicklung der YpsoPump», sagt Thomas Zeltner, Produktmanager bei der in Burgdorf ansässigen Firma. «Das Feedback der Patienten zeigt uns, dass wir auf dem richtigen Weg sind.» Zur Produktpalette von Ypsomed gehören auch Blutzuckermesssysteme, Pen-Nadeln sowie weitere Geräte und Dienstleistungen, die das Leben von Diabetikern einfacher machen.

maxon als Qualitätsmerkmal

Die aus rund 50 Einzelteilen bestehende Pumpe wird in der Schweiz produziert. «Die Kunststoffteile stellen wir selbst im Spritzgussverfahren her.» Einer der wichtigsten Lieferanten ist maxon. Im Antriebsmodul der Pumpe kommen leicht modifizierte Motoren des Typs EC 9.2 flat zum Einsatz. Sie treiben eine kleine Gewindestange an. An deren Ende befindet sich ein Stöpsel, der die Flüssigkeit in der Ampulle in den Schlauch

und somit in den Körper drückt. Das Injektionssystem lehnt sich damit stark an den Mechanismus einer normalen Spritze an. Die Insulinausschüttung muss hochpräzise reguliert sein, weshalb auch der Antrieb ganz exakt arbeiten muss. «Der maxon Motor ist ein ganz wichtiger Bestandteil unserer Insulinpumpe», fasst Thomas Zeltner zusammen. «Neben maxon gibt es kaum Anbieter, die so präzise herstellen, dass sich die Produkte im medizinischen Bereich anbieten.»

Auch bei der Vermarktung der Insulinpumpe sei der Name maxon motor mehr als nur eine Randnotiz. «Wir setzen nicht einfach irgendwelche Motörchen ein, sondern qualitativ hochwertige Antriebe des Schweizer Herstellers maxon. Darauf weisen wir Patienten und Besucher unserer Firma immer wieder hin», sagt Thomas Zeltner. Gerade in der Medizintechnik sei das Label «Made in Switzerland» wichtig für das Vertrauen der Kunden und Patienten.

Die gute Partnerschaft zwischen Ypsomed und maxon soll auch in Zukunft Bestand haben. Gemäss Zeltner werden die Produktionszahlen der YpsoPump in den kommenden Jahren markant steigen. ■

Keimfrei erleichtert

Autor: Stefan Roschi



Flugzeugtoiletten sind das fliegende Grauen. In den engen Boxen kann man sich kaum um die eigene Achse drehen. Und jeder Handgriff wird begleitet durch ein latentes Ekelgefühl sowie den Gedanken an all die anderen Passagiere, die den Ort bereits aufgesucht und ihre Signaturen hinterlassen haben. Einige Leute reduzieren deshalb ihren Flüssigkeitskonsum vor und während einem Flug dramatisch, um bloss nicht den Gang zur Toilette antreten zu müssen. Falls doch, folgt der hastige Griff zum Desinfektionsfläschchen.

Die gute Nachricht: Es gibt Hoffnung für alle Menschen mit Mysophobie

In den nächsten Jahren erwarten uns Flugzeugtoiletten, die sich automatisch nach jedem Benutzer reinigen und praktisch keine Handgriffe irgendwelcher Art mehr voraussetzen.

Wann es allerdings so weit sein wird, ist offen. Flugzeughersteller Boeing hat die keimfreie Toilette vor rund zwei Jahren zum ersten Mal vorgestellt. Im Prototyp kommt nach jedem Besucher UV-Licht zum Einsatz, das alle Keime (mehr als 99 Prozent) richtiggehend sprengen soll. Wer sich nun auf eine Toiletten-Solarium-

Kombination freut, wird enttäuscht. Auf Menschen hat dieses explosive Licht laut Boeing keinerlei Einfluss.

Die berührungslosen Funktionen wiederum sind nützlich, wenn es darum geht, die Spülung, den Seifenspender oder den Abfalleimer zu betätigen. Künftig reicht ein Wisch mit der Hand über den Sensor, und schon wird das entsprechende Signal an die Aktuatoren gesendet, die dann ihr Werk verrichten. Mehrere Anbieter von Flugzeugtoiletten testen momentan solche Systeme – oft auch – mit maxon Antrieben.

Schön und gut, sagen sich jetzt wohl einige Frauen. Was nützt das alles, wenn es weiterhin Männer gibt, die in der Flugzeugtoilette stehend und ungezielt zur Tat schreiten? Und dann noch während Turbulenzen? Keine Angst, auch hier scheint sich eine Lösung abzuzeichnen. Ein Hersteller hat kürzlich vorgeschlagen, eine der WC-Kabinen durch zwei Urinale zu ersetzen. Damit würden auch die lästigen Warteschlangen während des Fluges kürzer.

Die Zukunft des stillen Örtchens über den Wolken sieht also gar nicht so schlecht aus. Wir sind erleichtert! Doch bis es wirklich so weit ist, bleibt das Desinfektionsfläschchen im Handgepäck. ■

Wettbewerb

Wie hoch ist die ungefähre Zahl der Produkte im maxon Online Shop?

- a) 500
- b) 5000
- c) 50 000

Zu gewinnen gibt es dreimal einen Gutschein für Bestellungen im maxon Online Shop.
1. Preis: 30 Prozent Rabatt, 2. Preis: 10 Prozent Rabatt, 3. Preis: 5 Prozent Rabatt.

Senden Sie die Lösung per E-Mail an:
driven@maxonmotor.com

Teilnahmeschluss ist der 28. Februar 2019

Die Gewinner werden informiert. Mitarbeiter von maxon motor sind von der Teilnahme ausgeschlossen. Über den Wettbewerb wird keine Korrespondenz geführt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Die im Zuge dieses Wettbewerbs erhaltenen Daten werden einzig für die Auslosung und die Gewinnbenachrichtigung verwendet und anschließend gelöscht.

www.drive.tech

Schauen Sie doch mal bei unserem Blog vorbei!

Auf dem maxon Corporate Blog **www.drive.tech** finden sich viele spannende Berichte, Videos und Fachartikel, in denen maxon Experten ihr Wissen weitergeben. Lassen Sie sich begeistern, lernen Sie Neues und diskutieren Sie mit unseren Bloggern.

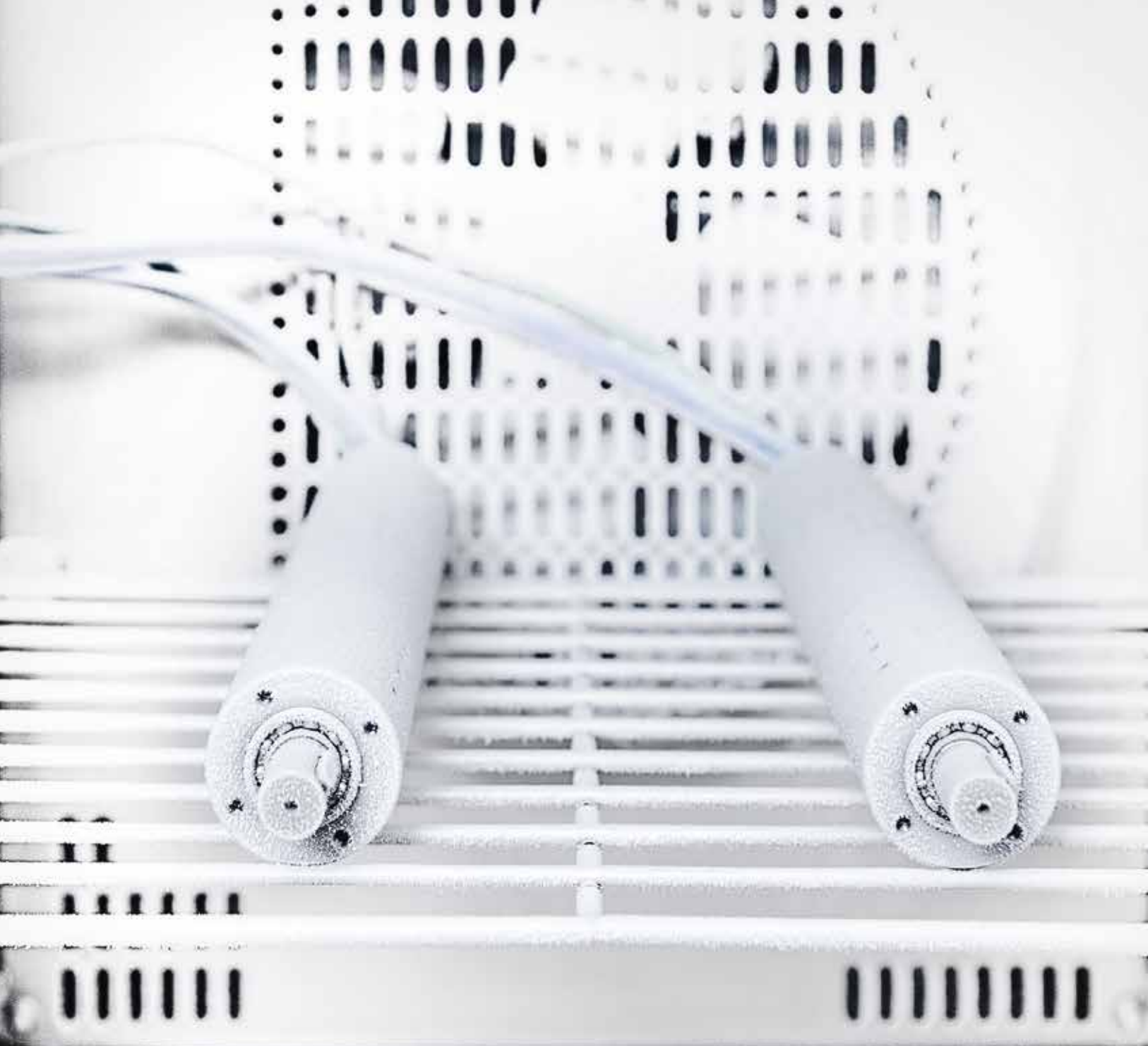


Zum Beispiel dieser Beitrag des Motion-Control-Spezialisten Jürgen Wagenbach:

Expert Blog

Is there a maximum length of encoder cables?





Die Eisläufer

Diese bürstenlosen Heavy-Duty-Motoren sind fit für die Eiseskälte. Dafür werden sie von den maxon Ingenieuren im Temperaturprüfschrank extremen Werten ausgesetzt. Temperaturen von bis zu -130 Grad Celsius können simuliert werden. So wunderbar weiss erscheinen die Antriebe aber nur, wenn man – wie für dieses Foto – die Schranktüre während des Tests öffnet.