

Das Magazin von maxon motor

# driven



## Unsichtbare Alltagshelfer

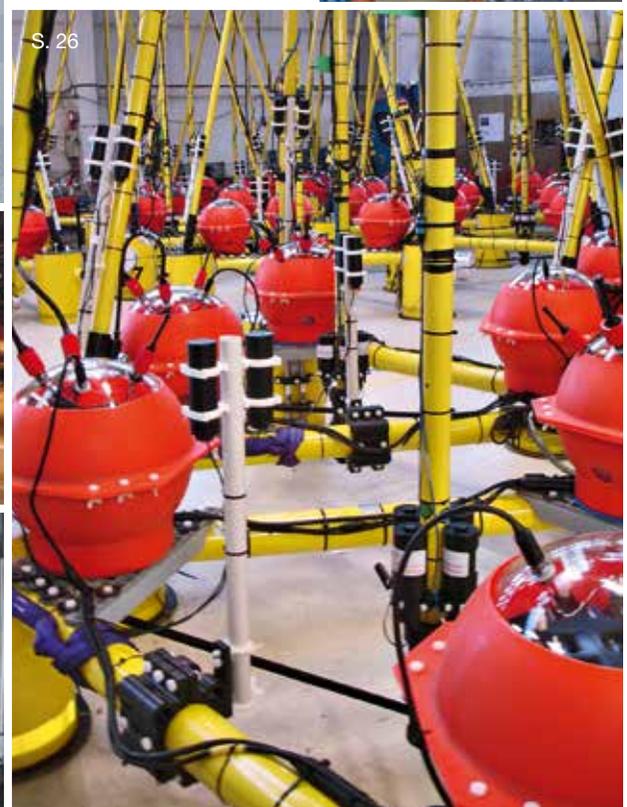
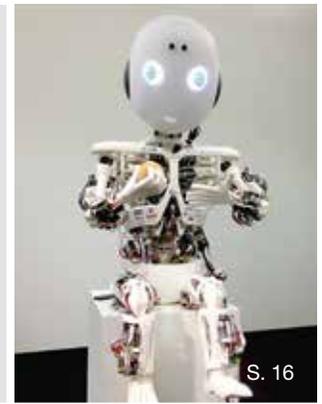
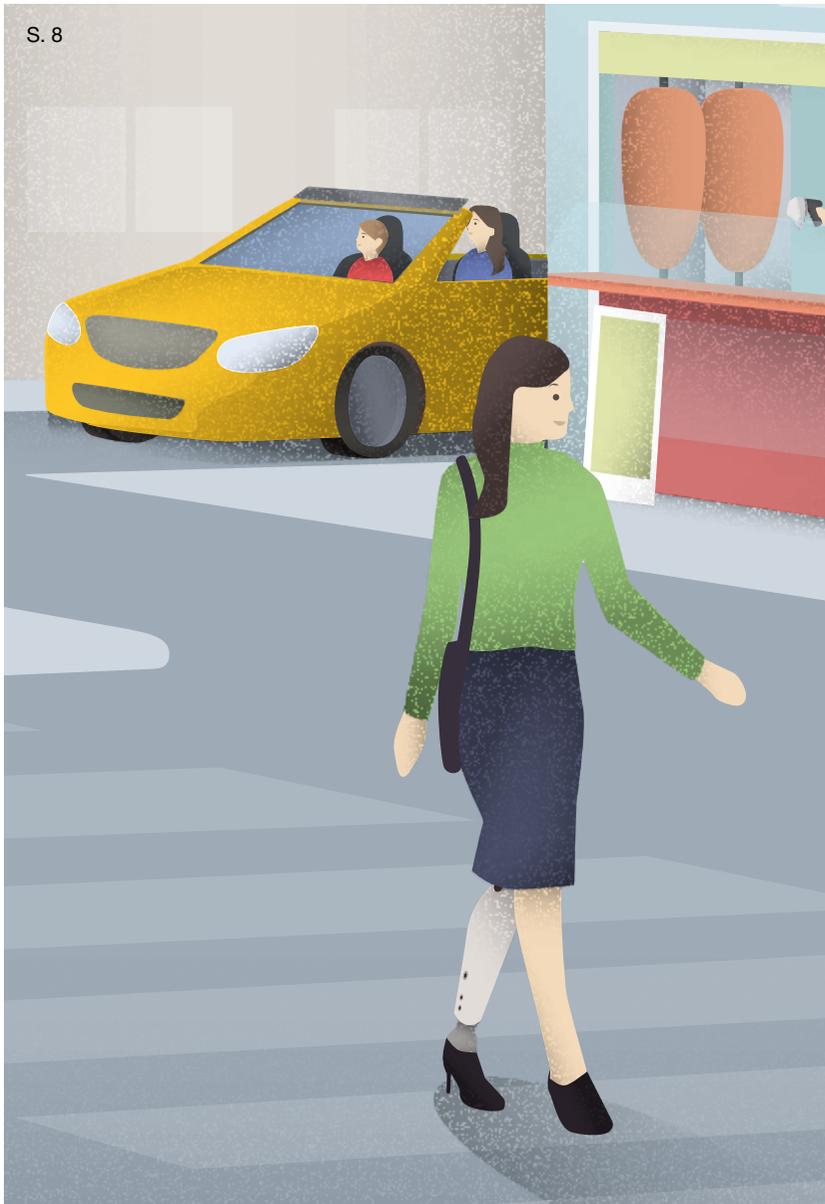
Antriebssysteme begleiten uns rund um die Uhr



Toller Job: Ingenieurinnen im Gespräch



Weit gereist: Auf der Suche nach Roboy



Fotos: Pia Bublies, maxon motor ag./Philipp Schmidli, Mecademic, Neil916, maxon motor group, Schindler AG, Alain Herzog/2016 EPFL

4 News

**Fokus Daily Life**

8 Ungewöhnlich alltäglich

Wir begleiten die Familie Mayberg und zeigen, wo wir in unserem Alltag überall auf Antriebssysteme von maxon treffen.

**Exploration**

16 Auf der Suche nach Roboy

Ein kleiner Roboter ging um die Welt. Und was steckt hinter Roboy 2.0?

**maxon inside**

20 «Der Motor dreht oder eben nicht»

Eine Entwicklungsingenieurin und eine technische Projektleiterin sprechen über die Herausforderungen ihres Berufs.

**Expertise**

23 RMS: das Maß für thermische Belastung

Die thermische Belastung für Geräte darf oftmals nicht zu hoch sein. Doch wie wird sie gemessen?

**Innovation**

26 Versteckte Ressourcen

Das norwegische Unternehmen PetroMarker erforscht den Meeresboden. Mit ganz neuen Messmethoden.

**Innovation**

30 Der Kleinste erobert die Welt

Klein, intuitiv und präzise. Der Roboterarm Meca500 eröffnet neue Möglichkeiten in der Industrie.

**Kolumne**

32 Koloss auf analogen Füßen

Wissenschaftler Michael Funk über die spiegelverkehrte Dampflok in der neuen digitalen Welt.

**Wettbewerb**

34 Zwei Bilder – ein Unterschied

Teilnehmen und einen Cozmo Roboter gewinnen.

Editorial

# Antriebe im Alltag: die unsichtbaren Helfer



Eugen Elmiger, CEO der maxon motor ag

Viele Ingenieure haben beruflich mit präzisen Antriebssystemen zu tun. Vielleicht gehören Sie, liebe Leserin, lieber Leser, auch dazu. Doch selbst wenn nicht, begegnen Sie täglich unseren DC-Motoren, Getrieben und Steuerungen. Etwa in öffentlichen Verkehrsmitteln wie Zügen, Bussen oder Flugzeugen. Selbst wenn Sie in einen Aufzug steigen, arbeiten im Hintergrund Antriebe, welche die Türen öffnen und schließen. Es sind unsichtbare Helferlein, die selten Beachtung finden und doch eminent wichtig sind im Alltag.

In der aktuellen Ausgabe von driven lernen Sie viele spannende Anwendungen aus dem täglichen Leben kennen. Wir zeigen zudem, was der bekannte Roboter Roboy die letzten Jahre getrieben hat. Und wir haben mit maxon Ingenieurinnen über ihre Erlebnisse und Eindrücke in einem männlich dominierten Umfeld gesprochen.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen!

# 20,5

**Meter pro Sekunde.** Im zweithöchsten Gebäude der Welt, dem Shanghai Tower, sind die schnellsten Personenaufzüge zu finden. Im 632 Meter hohen Wolkenkratzer rasen drei Expressaufzüge mit unglaublichen 20,5 Metern pro Sekunde zur höchsten Aussichtsplattform der Welt (561 Meter). Nebenbei bemerkt gibt es in dem Hochhaus 106 Lifte. Auch maxon Produkte fahren in den Aufzügen mit – allerdings unsichtbar. Hochpräzise Antriebssysteme sorgen dafür, dass sich die Türen öffnen und wieder schliessen. Wollen Sie mehr über unsere schnellen Antriebssysteme erfahren? Wir sind gespannt auf Ihre Projekte, die wir gern mit unserem Wissen und unseren Produkten unterstützen. Schreiben Sie uns: [kontakt.maxonmotor.ch](mailto:kontakt.maxonmotor.ch)

Mars-Rover

## NASA setzt erneut auf maxon Technologie

maxon motor ist auch bei der fünften Mars-Rover-Mission der US-Raumfahrtbehörde NASA mit dabei. Der Schweizer Antriebsspezialist liefert bürstenlose Flachmotoren an das Jet Propulsion Laboratory (JPL), welches für NASA den Mars 2020 Rover baut.

### Schweizer Motoren im Roboterarm

Die Antriebe von maxon erfüllen dabei missionskritische Aufgaben. Denn der Rover soll dutzende Bodenproben entnehmen, in Behältern versiegeln und gezielt auf dem Mars-Boden platzieren. Eine spätere Mission könnte sie einsammeln und zur Erde zurückbringen. Neun DC-Motoren aus der Schweiz sind im Rover für die Handhabung der Proben zuständig. Unter anderem im Greifer des Roboterarms, der die Probenbehälter von Station zu Station bewegt. Die Antriebe helfen aber auch, die Behälter zu versiegeln und abzusetzen.

### Enge Zusammenarbeit mit JPL

maxon motor liefert für das Projekt bürstenlose Flachmotoren aus dem Standard-sortiment (EC 32 flat und EC 20 flat in Kom-

bination mit einem Planetengetriebe GP 22 HD). Die Antriebe sind in enger Zusammenarbeit mit JPL spezifisch für die Mars-Mission modifiziert worden. Denn sie müssen unter anderem den Eintritt in die Atmosphäre und die ruppige Landung überstehen und den harten Bedingungen auf dem Mars trotzen (Temperaturen von -130 Grad Celsius, Sandstürme und Strahlung).



Schweiz

## maxon motor baut Innovation Center

Der Antriebsspezialist maxon motor investiert rund 30 Millionen Franken in den Ausbau seines Hauptsitzes in der Schweiz. Geplant ist ein neues Gebäude, das als Innovation Center dient. Die Bauarbeiten haben bereits

begonnen und werden im Sommer 2018 abgeschlossen sein. Das sechsgeschossige Gebäude wird künftig die vergrößerte Medical-Abteilung beherbergen – inklusive einer Produktion mit mehreren Reinräumen. Hier entstehen kleinste Mikroantriebe für Insulinpumpen, Medikamentendosiersysteme oder Operationsroboter. Gleichzeitig erhalten die Forschungsabteilungen mehr Platz, um im Innovation Center zukunftssträchtige Antriebssysteme und Steuerungen zu entwickeln. Das neue Gebäude am Hauptsitz bietet Platz für 350 Angestellte. maxon beschäftigt weltweit mehr als 2400 Mitarbeiter.



Das Innovation Center mit der Medical-Abteilung entsteht am Schweizer Hauptsitz von maxon motor in Sachseln.

Robotik

## Tischfussball-Roboter besiegt Menschen



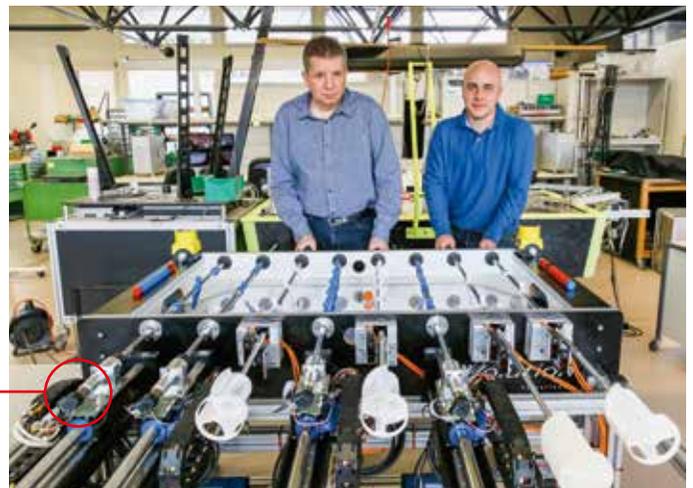
An der EPFL, der Technischen Hochschule in Lausanne, spielen die Studierenden nicht nur zum Vergnügen Tischfussball. Sie bauen einen Roboter, der alle vier Griffstangen des Kickerkastens bedient und selbstständig spielt. Das Projekt wird seit mehreren Jahren durch Bachelor- und Master-Studierende verbessert. Inzwischen ist der Roboter schneller, präziser und stärker als je zuvor. Er ist so gut, dass er menschliche Gegner besiegt – mit einer simplen Taktik. Er ortet den Ball, stoppt ihn und schießt aufs Tor. Damit der Computer immer weiss, wo sich der Ball befindet, ist die Tischfussballplatte transparent. Eine Kamera macht 300 Bilder in der Sekunde, die sofort zu Daten verarbeitet werden. Diese beeinflussen direkt die Steuerung der Griffstangen, bei denen schnelle Motoren zum Einsatz kommen. Die Studierenden der EPFL setzen dazu vier bürstenlose maxon DC-Motoren mit Getriebe und Motorcontroller ein. Künftig wollen sie den Roboter noch besser machen, indem sie ihm strate-

gisches Spielen beibringen. Er soll wissen, wo sich der Gegner befindet, Lücken finden und den Weg des Balls vorhersagen. Die Ingenieure träumen zudem von einem Turnier, bei dem nur Roboter teilnehmen.

Eine Kamera unterhalb der transparenten Tischfussballplatte hilft dem Roboter, den Ball zu orten.



maxon EC-4pole  
Ø 22 mm, 120 W,  
bürstenlos



Fotos: EPFL, maxon motor ag

## NEUE PRODUKTE

## ENX EASY

## Der weltweit erste dampfsterilisierbare Encoder

maxon motor bietet mit dem ENX EASY erstmals einen sterilisierbaren Encoder für Antriebslösungen an. Er ist als Inkremental- (1024 Impulse) und Absolut-Version (4096 Schritte) erhältlich und ausgelegt für 1000 Zyklen im Autoklav. Der ENX EASY kann ab sofort online in zwei Grössen mit passenden BLDC-Motoren und Planetengetrieben kombiniert werden. Ohne Längenzuwachs wird der Encoder in die bürstenlosen Antriebe ECX 13 und ECX 16 SPEED integriert. Zusammen mit den Getrieben GPX 13 und GPX 16 SPEED erhält der Kunde somit eine sterilisierbare Antriebskombination, welche völlig neue Möglichkeiten in der Medizintechnik bietet. Gerade für Powertools ist die platzsparende und robuste Bauweise ideal. Die Encoder ermöglichen zudem eine exakte Positionierung und verbessern dadurch die Regulierung des Motors bei tiefen Drehzahlen.



ENX EASY 13  
sterilisierbar

Bürstenloser  
DC-Motor ECX 16  
SPEED mit Planeten-  
getriebe GPX 16  
SPEED und ENX  
EASY Encoder.



EPOS4 Compact 50/5

## EPOS4

## Kompakte Positioniersteuerung im Metallgehäuse

Die EPOS4-Positioniersteuerung von maxon motor ist neu auch im robusten Metallgehäuse erhältlich. Vorerst gilt dies für die Leistungsvariante 50V/5A. Weitere Modelle werden folgen. Das Gehäuse der EPOS4 ist mit Kartenslots für Erweiterungsmodule mit Ethernet-basierenden Kommunikationsschnittstellen ausgestattet (z. B. EtherCAT oder absolute Drehgeber). maxon verfolgt damit das erfolgreiche modulare Konzept dieser Controller-Reihe weiter, die vor einem Jahr auf den Markt gekommen ist. EPOS4-Steuerungen eignen sich sowohl für die Ansteuerung von bürstenbehafteten als auch bürstenlosen DC-Motoren. Sie überzeugen speziell durch ihre Leistungsdichte und ihr attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis. Kunden erhalten Zusatzleistungen für eine einfache Inbetriebnahme wie etwa ein intuitives User-Interface, Bibliotheken und viele Praxisbeispiele kostenlos zur Verfügung gestellt.



# Ungewöhnlich alltäglich

Wir nehmen sie nur selten wahr. Aber elektrische Antriebe begegnen uns überall im Leben – zu Hause, unterwegs oder bei der Arbeit. Und sogar am Dönerstand.



## Daheim

Sechs Uhr, der Wecker klingelt. Langsam wird es hell draussen. Die Storen des Einfamilienhauses gehen mit Hilfe eines Antriebssystems automatisch hoch. Familie Mayberg findet sich langsam am Frühstückstisch ein. Der achtjährige Mike und seine Schwester Mia, 4, sitzen am Tisch und essen ihr Müsli. Ihre Eltern Max und Marissa lassen sich einen Kaffee von ihrem Haushaltsroboter zubereiten, lesen die Schlagzeilen in der Tageszeitung und planen den neuen Tag. Marissa ist Design-Ingenieurin in der Automobilbranche und arbeitet Teilzeit: 3 Tage die Woche. Ihr Mann Max ist Zahnarzt. Die Familie lebt in einem modernen Haus am Stadtrand. ■■■■



## Jalousien

Storen müssen heutzutage nicht mehr von Hand geöffnet oder geschlossen werden. Diese Aufgabe übernehmen Aktuatoren. Auf Knopfdruck – oder ausgelöst durch einen Sensor – öffnen und schliessen sich die Jalousien. Oft werden in diesen Anwendungen bürstenlose Flachmotoren eingesetzt, da sie wegen ihrer kompakten Bauweise gut für diese Aufgabe geeignet sind und das nötige Drehmoment mitbringen.



**DCX 22 S**  
Ø 12 mm, 9 W,  
Edelmetallbürsten



## Duschsystem

Marissa Mayberg liebt eine entspannende Dusche am Morgen. Um ihre Blutzirkulation anzuregen, nutzt sie zudem eine neuartige Massagebürste. Diese wird vom Schweizer Unternehmen Aglaja angeboten, per Akku betrieben und lässt sich praktisch in jeder Dusche montieren. Die Bürste rotiert, passt sich dem Körper an und lässt sich per Fernbedienung horizontal sowie vertikal verstellen. Sogar persönliche Massageprogramme sind möglich. Bei der Rotation der Bürste als auch bei der automatischen Höhenverstellung kommt jeweils ein DC-Motor mit Planetengetriebe zum Einsatz.



## Digitalkamera

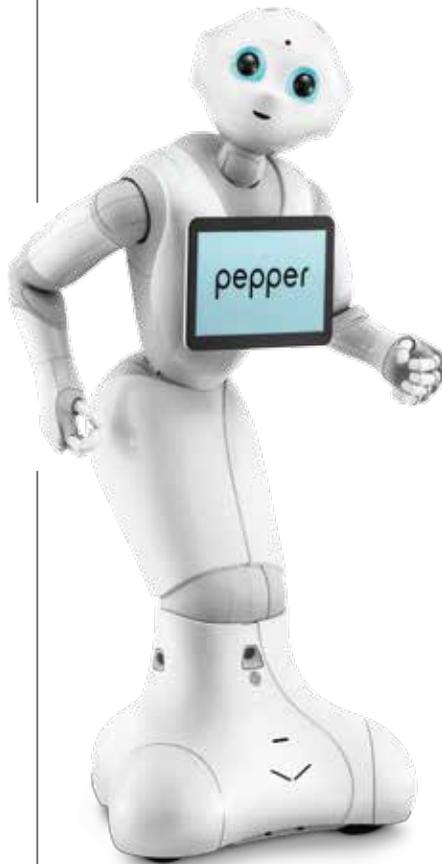
Digitale Spiegelreflexkameras liefern faszinierend scharfe Fotos. Dabei ist aber nicht nur das Können des Fotografen gefragt, auch die Technik spielt eine wichtige Rolle – in der Kamera wie in den Objektiven. Für wirklich gute Fotos sorgt unter anderem der Zentralverschluss im Objektiv. Dieser wird über Zugfedern ausgelöst, die von einer sehr kleinen Motor-Getriebe-Einheit aufgezogen werden.



maxon A-max 12  
Ø 12 mm, 0,75 W,  
Edelmetallbürsten

## Modelleisenbahn

Für Modellbauer zählt jedes Detail. Alles muss genau so aussehen wie im Original – einfach im Massstab 1:45. Es dauert deshalb mehrere Wochen, bis eine Spur-0-Lokomotive von Hand zusammengebaut und fahrtüchtig ist. Dann muss sie ihren Dienst zuverlässig verrichten. Im Keller der Familie Mayberg befindet sich eine Anlage mit detailgetreuer Umgebung. Vater Max und sein Sohn Mike lassen die Züge an den Wochenenden im Taktfahrplan verkehren – angetrieben durch zuverlässige DC-Motoren, die sich leicht ansteuern lassen, kräftig und dennoch geräuscharm sind.



## Soziale Roboter

Roboter erfüllen längst nicht nur praktische Aufgaben. Soziale Roboter wie Pepper erkennen menschliche Gesten und Worte und reagieren entsprechend darauf. Sind Mike und Mia traurig, fordert Pepper sie zum Tanzen und Singen auf. Zudem hilft er den Kindern beim Lernen. Der kommunikative Roboter ist mit mehreren bürstenlosen Gleichstrommotoren ausgestattet.

## Lieferroboter



Pakete, Pizza, Zahnpasta, Milch und Eier per Roboter zur Haustür? Das ist bald Realität. Roboterfahrzeuge liefern in naher Zukunft Pakete autonom rund um die Uhr auf Kundenwunsch nach Hause. Ein Start-up aus Estland hat auf der ganzen Welt schon etliche Roboter im Testbetrieb. maxon Antriebskomponenten treiben die Räder des Lieferroboters an.

## Plattenspieler

Marissa und Max haben über die Jahre eine beachtliche Plattensammlung zusammengestellt. Sie steht auf Klassik, er mehr auf Jazz. Deshalb befindet sich im Wohnzimmer ein sehr guter Plattenspieler mit hochwertigen Komponenten. Dazu gehört natürlich ein Qualitätsmotor. Denn je ruhiger und gleichmäßiger sich der Plattenteller dreht, desto besser der Klang aus den Boxen. Viele Hersteller von High-End-Plattenspielern setzen deshalb DC-Motoren von maxon ein. Besonders beliebt sind die hochwertigen DCX-Motoren, die sich auch online konfigurieren lassen.



## Unterwegs

Max schnappt sich sein E-Bike und fährt mit Mia im Anhänger ins Stadtzentrum, um ein paar Einkäufe zu erledigen. Flink bewegt er sich durch die engen Strassen und lässt sich vom Morgenverkehr nicht aus der Ruhe bringen. Derweil ist Marissa mit dem Auto unterwegs und bringt Mike zur Schule, bevor sie weiter zur Arbeit fährt. ■■■■

### Ohne Gefahr über die Strasse

Ein blinder Mann kann sich mit einer Hilfe an der Ampel problemlos orientieren, ob Grün oder Rot zeigt. Ein kleiner Stift, bewegt durch einen maxon Motor, dreht sich unterhalb eines kleinen Kastens, wenn die Ampel auf Grün schaltet. Der Fussgänger muss es nur fühlen.



### Bikedrive: Mehr Power fürs Bike

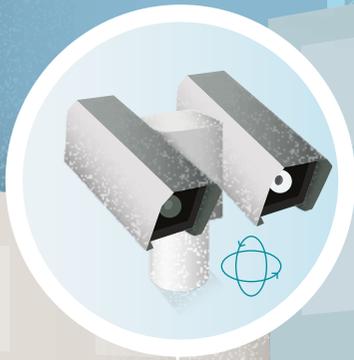
Familie Mayberg wohnt am Hang. Letztes Jahr hat Max sich ein neues Mountainbike gekauft. Als er merkte, dass er am steilen Hang und mit Mia im Anhänger an seine Grenzen kommt, hat er sich beim Fahrradhändler den maxon Bikedrive einbauen lassen – einen Elektroantrieb mit starkem Heckmotor, Akku und PowerGrip. Jetzt ist die Steigung kein Problem mehr.



### Patiententransport

Einfacher Patiententransport wird möglich mit ganz speziellen Liegen. Diese sind elektronisch verstellbar, somit wird das Ein- bzw. Ausladen der Patienten aus dem Krankenwagen sehr einfach. Pro Liege kommen zwei kundenspezifische bürstenbehaftete RE40 Motoren zum Einsatz.





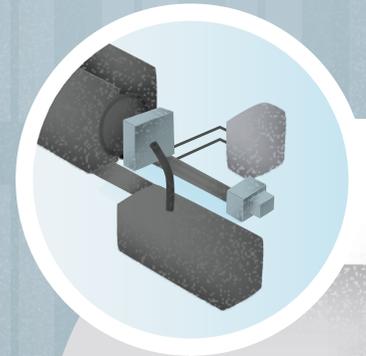
### Mehr Sicherheit in der Öffentlichkeit

Zur Sicherung von öffentlichen Plätzen, historischen Gebäuden oder auch an Flughäfen kommen Überwachungskameras zum Einsatz. Auch zur Verkehrsüberwachung an stark frequentierten Kreuzungen ist Videoüberwachung unverzichtbar. Die Kameras sind meist durch einen DC-Motor schwenkbar.



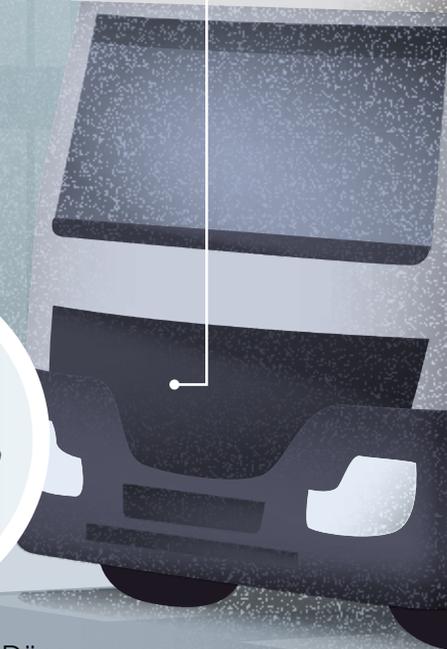
### Weniger Abgase bei LKWs

CO<sub>2</sub>-Emissionen belasten die Umwelt immer mehr – umso wichtiger ist es, Lösungen zu finden, die die Emissionen verringern. Eine Abgasnachbehandlung für Dieselmotoren erfolgt in vielen LKWs mit Hilfe einer Einspritzpumpe, die mit maxon Antriebssystemen betrieben wird.



### Windschutz für Cabrios

Der Morgen ist sonnig warm, deshalb hat Marissa das Dach des Cabrios geöffnet. Automatische Windschotts vermindern dabei Turbulenzen im Innenraum. Aktiviert wird der Schutz von einem kundenspezifischen maxon Antriebssystem.



### Gut zu Fuss

Unsichtbar und doch lebenswichtig sind Prothesen, die den Alltag für viele Menschen erleichtern. So zum Beispiel für diese junge Frau, die eine Beinprothese trägt. Im C-Leg von Ottobock stecken hochpräzise Motoren, die dem Träger mehr Sicherheit und Lebensqualität verschaffen.



### Hunger auf Döner

Im Dönerladen an der Ecke schneidet der Verkäufer gerade frisch gegrilltes Fleisch mit einem elektrischen Kebabmesser ab. Auch hier steckt maxon Technik drin. Sie muss vor allem Hitze aushalten, aber das ist kein Problem für Antriebssysteme, die selbst auf dem Mars problemlos laufen.

## Bei der Arbeit

Marissas Blick schweift nach oben, als sie bei ihrem Arbeitgeber ankommt. Sie steht vor einem Hochhaus mitten im Stadtzentrum. Oben, im elften Stock, arbeiten einige ihrer Kollegen bereits seit sieben Uhr: die Frühaufsteher.

Marissa steigt in den Aufzug, der sie nach oben befördert. Die Türen öffnen sich geschmeidig, angetrieben durch kleine Motoren im Hintergrund. Draussen im Flur greift sie in die Tasche und zückt die Identifikationskarte, die sie an das Lesegerät beim Eingang des Unternehmens hält. Ein leises Geräusch lässt sie wissen, dass die Tür jetzt entriegelt ist. Der Arbeitstag kann beginnen. ■■■

## Sicherheitssysteme

Sicherheitsschlösser finden sich auf der ganzen Welt. Viele Unternehmen setzen sie bei ihren Türen ein, um ungebetene Gäste draussen zu lassen. Öffnen lassen sich die Türen per Keycard oder Fingerabdruck. Das Verriegelungssystem funktioniert mit kleinsten DC-Motoren mit Durchmessern von 10 bis 20 Millimetern, kombiniert mit einem Getriebe oder als Direktantrieb. Diese Antriebe müssen abertausende Bewegungen ausführen und zuverlässig funktionieren. Zudem sind sie energieeffizient – dank einer eisenlosen Wicklung und des dadurch erreichten hohen Wirkungsgrads.



## 3D-Drucker

Als Design-Ingenieurin arbeitet Marissa eng mit anderen Fachleuten zusammen. Deren neue Konzepte sollen schliesslich in einer ästhetischen und benutzerfreundlichen Art daherkommen. In ihrer Entwicklungsabteilung muss es jeweils schnell gehen. Die Ingenieure testen verschiedene Formen und Materialien für die einzelnen Projekte. Deshalb benutzt Marissa seit einiger Zeit einen 3D-Drucker, mit dem sie Werkstücke und Abdeckungen in Einzelstücken schnell herstellen kann. Der Drucker schichtet flüssige oder feste Stoffe aufeinander, währenddessen der Härtingsprozess stattfindet. Die im Computer programmierten Formen sind somit in wenigen Stunden fertig und zum Testen bereit. Die präzise Achsensteuerung der Drucker übernehmen bürstenlose DC-Motoren in Kombination mit Encodern und schnellen Positioniersteuerungen.



**EC 60 flat**  
Ø 6 mm, 100 W,  
bürstenlos

## Aufzüge

### Der unsichtbare Türöffner

Aufzüge gehören zu diesen Selbstverständlichkeiten, denen wir den ganzen Tag begegnen. Wir drücken auf den Knopf, die Kabine holt uns ab und fährt zur gewünschten Etage. Zuverlässig, sicher und schnell. Dahinter steckt aber, unsichtbar für die Passagiere, eine Menge Technologie: im Liftschacht, im Motorraum, im Steuerungskasten – und auch an der Kabine selber. Dort befindet sich ein Motor, der sowohl die Kabinentüre als auch die Türe auf dem jeweiligen Stock öffnet und wieder schliesst. Dieser muss viele Anforderungen erfüllen: klein und gleichzeitig stark sein, energiesparend, zuverlässig und vor allem intelligent.

#### Direktantrieb spart Platz

maxon motor hat gemeinsam mit dem Schweizer Aufzugshersteller Schindler ein Antriebspaket entwickelt, welches die Türen bewegt und die genannten Anforderungen erfüllt: den maxon Door Drive in zwei Stärkevarianten. Die kräftigere Version mit einem Zahnriemen bewegt Türen bis zu 400 Kilogramm. Die kleinere und neuere Version dagegen funktioniert als Direktantrieb, spart also Platz, und eignet sich für Türen bis 120 Kilogramm.

#### Intelligente Steuerung

Diese Systemlösung besteht aus einem bürstenlosen Gleichstrommotor mit einem Durchmesser von 90 Millimetern und einem Mile Encoder, der direkt auf dem Print integriert ist. Hinzu kommt eine kundenspezifische Positioniersteuerung auf Basis der maxon EPOS2-Reihe. In einem Gehäuse verpackt, lässt sich dieser Türantrieb direkt an der Aufzugskabine montieren. Und hier beginnt seine eigentliche Arbeit. Denn es gibt verschiedene Aufzugstypen mit unterschiedlich grossen Kabinen, unterschiedlichen Materialien und je nach Land: unterschiedlichen Sicherheitsnormen. Die Steuerung des Door Drive erkennt aber nach einer Referenzfahrt die Grösse

und das Gewicht der jeweiligen Türen und ermittelt die optimalen Parameter selbstständig und korrigiert diese, falls erforderlich. Das macht die Arbeit für den Aufzugsmonteur bedeutend einfacher. In wenigen Schritten ist der Türantrieb konfiguriert und einsatzbereit.

#### Wertvolle Daten

Die schmale Bauweise des Flachmotors bietet den Vorteil, dass die Kabine grösser gebaut werden kann. Zudem ist der Antrieb energiesparend. Trotzdem liefert er genügend Drehmoment, um die Türen fließend bewegen zu können. Und nicht zuletzt ist seine integrierte Steuerung intelligent. Sie sammelt im Dauerbetrieb viele wertvolle Daten für die Monteur, die sie jederzeit abrufen können. Dadurch verrichtet das Antriebssystem nicht nur die vorgesehene Hauptarbeit zuverlässig, sondern mutiert zum kleinen Helfer im Hintergrund. ■■■



Mechatronisches System

Die Komplettlösung für den Türantrieb von Aufzügen besteht aus einem bürstenlosen Flachmotor (Durchmesser 90 Millimeter), einem integrierten Mile Encoder und einer kundenspezifischen Positioniersteuerung auf Basis der EPOS2-Reihe.





Roboy bewegt sich menschenähnlich und reagiert auf seine Umwelt. Nun kommt sein Nachfolger: Roboy 2.0.

# Auf der Suche nach Roboy

Er ist vier Jahre alt und nur 1,40 Meter gross. Er hat einen ziemlich grossen Kopf, spricht fließend Deutsch und Englisch, kann aber nicht laufen. Zuletzt wurde er in München gesehen.

**R**oboy – der kleine Roboter. 2013 geboren, durfte sich der humanoide Roboter mit den grossen Kulleraugen das erste Mal in Zürich auf der Robotikmesse «Robots on tour» präsentieren. Der 1,40 Meter grosse Roboter reist seitdem um die Welt, um den Menschen die künstliche Intelligenz zu erklären. Er war in Shanghai, Washington, Brüssel und an vielen anderen Orten. Er nahm in den vergangenen Jahren an rund 70 Events teil. So zum Beispiel in Peking (China) an der grössten Konferenz für künstliche Intelligenz. Er besuchte das Human Brain Project in Brüssel, die EPFL in Lausanne, iCub am IIT in Genua und das Biorobotics Lab in Pisa. Im Dezember 2016 fand der erste «Hack Roboy Day» statt – ein Event, bei dem Studierende, die sonst nichts mit Roboy

zu tun hatten, den Roboter von der technischen Seite richtig kennenlernen konnten.

Seinen festen Wohnsitz hat Roboy in München, an der Technischen Universität. Dort kümmert sich ein ganzes Studententeam um seine Weiterentwicklung und die Verbindung mit dem «Human Brain Project» der Europäischen Union. Das Projekt hat zum Ziel, dass Roboter sich nicht nur so bewegen wie Menschen, sondern auch so denken. Dazu werden unter anderem neue Roboter-Gehirnmodelle entworfen und getestet.

## **Roboy 2.0**

Das Besondere an Roboy sind seine Muskeln. Anatomisch gleicht er in vieler Hinsicht einem Menschen. Er funktioniert über eine

## 18 Exploration \_\_ Roboy

sehnungesteuerte Antriebstechnologie, wodurch er sich menschenähnlich bewegt und auf seine Umgebung reagiert. Entwickelt hat den kleinen Roboter das Labor für Künstliche Intelligenz (AILab) der Uni Zürich, das damals unter der Leitung von Robotik-Koryphäe Rolf Pfeifer stand. Das Labor gibt es inzwischen nicht mehr, und Pfeifer ist 2014 nach Shanghai ausgewandert.

maxon lieferte für Roboy als Hauptprojektspartner unterschiedliche bürstenlose DC-Antriebe für kontrollierte Bewegungen. Insgesamt sind 48 Antriebssysteme von maxon im Roboter verbaut. Roboy bleibt eine Entwicklungsplattform für humanoide Roboter. Doch stehen beziehungsweise laufen wird er nie können, deshalb befindet sich ein neues grosses Projekt in den Startlöchern.

Roboy 2.0 – eine komplette Neuentwicklung des kleinen Roboters, der dann auch in der Lage sein soll, zu stehen. Das bedeutet:

Neuentwicklung der Beine sowie aller Komponenten wie Software, Antriebe und vieles mehr. 2018 wird er auf seinen eigenen Beinen stehen und mit uns Menschen interagieren. Kelly Antonini, Roboy-Koordinatorin, erklärt: «Roboy 2.0 wird besser, klüger und noch menschenähnlicher sein.»



Roboy begeistert Menschen rund um den Globus und zeigt ihnen, was künstliche Intelligenz vermag.

### Roboy wurde...

- ... designt und gebaut in 9 Monaten
- ... 2013 in Zürich geboren
- ... konstruiert als sehnungesteuerter Roboter
- ... aus dem 3D-Drucker geschaffen (Skelett)
- ... ausgestattet mit 48 maxon Motoren

### Roboy ist...

- ... der erste Prototyp einer Reihe von Roboys
- ... eine Forschungsplattform für Studierende
- ... ein Softroboter
- ... Botschafter einer neuen Generation von Robotern
- ... der erste humanoide Roboter im Human Brain Project (HBP) der Europäischen Union

### Roboy on Tour...

- In den letzten Jahren war Roboy
- ... an 70 Events weltweit: China (Shanghai und Peking: IJCAI, grösste Konferenz für künstliche Intelligenz), USA (Washington DC: Swiss Embassy), Korea (Busan: ITU Telecom World 2014)
  - ... auf diversen Messen: Parma, Stuttgart, München, Nürnberg, Luzern, Frankfurt, Lausanne, Genua, Pisa, Brüssel



Foto: Devanthro Society

# Young Engineers Program

drive.tech  
by maxon motor

# YEP

**maxon unterstützt junge Ingenieure und Start-ups**



Der Antriebsspezialist maxon motor hat das Young Engineers Program (YEP) ins Leben gerufen, um innovative Projekte zu unterstützen – mit vergünstigten Antriebssystemen und Beratung.

## Für wen?

Studenten der technischen Wissenschaften oder Start-ups, die elektrische Antriebe in ihren Projekten einsetzen.

## Vorteile?

- Motoren, Getriebe und Steuerungen von maxon zu Vorzugspreisen oder gar kostenlos
- Fachlicher Support durch maxon Experten
- Promotion des Projekts auf den maxon Kanälen (Kundenmagazin, Website, Social Media)

## Und jetzt?

- Informationen und ein Anmeldeformular gibts auf der **Website [www.drive.tech](http://www.drive.tech)**
- Eine Expertengruppe bei maxon motor entscheidet, ob und in welcher Form das Projekt unterstützt wird

Auf **[www.drive.tech](http://www.drive.tech)** erhalten Techniker zudem Einblick in andere YEP-Projekte und finden Anwendungstoriys rund um Antriebstechnik und Blogs von maxon Experten.



# «Der Motor dreht – oder eben nicht»

Frauen in technischen Berufen sind nach wie vor stark in der Unterzahl. Warum? Und was ist zu tun? Zwei maxon Ingenieurinnen sprechen über ihre Erfahrungen und geben Tipps.

**P**etra Bründler (Entwicklungsingenieurin) und Lynn Braunschweig (Technische Projektleiterin) arbeiten in unterschiedlichen Bereichen am Hauptsitz von maxon motor in der Schweiz. Beruflich haben sie nichts miteinander zu tun. Und trotzdem verbindet sie etwas: Sie arbeiten als Frauen in einer Männerdomäne.

## Wie ist es dazu gekommen, dass ihr einen technischen Beruf gewählt habt?

Petra: Naturwissenschaftliche Fächer, Mathematik und logisches Denken mochte ich schon immer. Ausserdem gefiel mir an der Elektronikerlehre der Mix zwischen Schule und Arbeit im Betrieb sowie zwischen Denkarbeit und handwerklichen Aufgaben.

Lynn: Meine Mutter ist eine emanzipierte und starke Frau; Mathematiklehrerin und handwerklich begabt. Als Kind war sie immer mein Vorbild. Durch sie erhielt ich auch den Zugang zur technischen Welt. Später stand ich vor der Wahl Anwältin oder Ingenieurin und entschied mich dann für das Maschinenbaustudium.

## Und was fasziniert euch an eurer aktuellen Tätigkeit?

Lynn: Ich bin Projektleiterin im Bereich Aerospace und im Moment für bürstenlose Flachmotoren zuständig, die auf dem Mars zum Einsatz kommen. Natürlich wollte ich, wie viele Kinder auch, Astronautin werden. Ich fliege jetzt zwar nicht selber ins Weltall, aber immerhin meine Motoren.

Petra: Als Entwicklerin von Embedded Software mag ich es, beim Implementieren kom-

plett in diese abstrakte Welt aus Klassen und Objekten einzutauchen. Dabei vergesse ich alles um mich herum. Mir gefällt aber auch die Teamarbeit. Denn wenn wir verschiedene Ansichten und Ideen zusammenbringen, entstehen die besten Lösungen.

Lynn: Auch bei uns ist Teamarbeit das A und O. Ich bin täglich mit verschiedenen Fachrichtungen und unterschiedlichen Prozessen konfrontiert und muss mich auf neue Gegebenheiten einstellen. Dabei ist es wichtig, den Überblick zu bewahren und gleichzeitig die Details der Fachstellen zu berücksichtigen. Jeder Tag ist anders, und ich lerne immer wieder Neues.

Petra: Was ich auch schön finde: In meinem Beruf gibt es unzählige Knobelaufgaben zu lösen, und meistens werde ich mit einem schnellen Feedback belohnt: Der Motor dreht – oder eben nicht.

## Frauen in technischen Berufen sind auf der ganzen Welt in der Unterzahl. Spürt ihr das in eurem Berufsalltag?

Petra: Als Frau im technischen Bereich fällt man natürlich auf, bleibt im Gedächtnis. Das ist in den allermeisten Fällen aber eher ein Vorteil. Es ist leichter, mit Leuten ins Gespräch zu kommen und Kontakte zu knüpfen.

Lynn: Ich habe es ein paar Mal erlebt, dass ich als Frau nicht so ernst genommen wurde wie ein Mitarbeiter, der eine ähnliche Erfahrung und Ausbildung hat wie ich. Aber ich habe dies nicht als negativ empfunden. Im Gegenteil: Es hat mich angespornt, mehr zu leisten und mich zu beweisen. Jetzt bei maxon ist

**Petra Bründler** (links) ist Entwicklungsingenieurin bei maxon motor. Sie befasst sich vorwiegend mit Motorensteuerungen.

**Lynn Braunschweig** arbeitet als Projektleiterin im Bereich Aerospace bei maxon und ist dort verantwortlich für Mars-Projekte.



Die beiden Ingenieurinnen Lynn Braunschweig (links) und Petra Bründler im Verkehrshaus der Schweiz neben einem Modell des ExoMars-Rovers.

**Als Frau im technischen Bereich fällt man auf, man bleibt im Gedächtnis.**

der Frauenanteil relativ hoch. Trotzdem könnten wir durchaus bei den Ingenieuren, Projektleitern und allgemein in Führungspositionen mehr Frauen gebrauchen.

#### **Was läuft denn aus eurer Sicht falsch, dass heute so wenige Frauen in technischen Berufen arbeiten?**

Lynn: Es ist vielleicht nur ein Aspekt von vielen. Aber ich habe das Gefühl, dem Fach Mathematik wird mit Bezug auf technische Berufe zu viel Gewicht beigemessen. Es ist schade, wenn junge Mädchen eine Karriere in der Technik ausschliessen, nur weil Mathematik nicht ihre Stärke ist. In vielen Jobs ist logisches, vernetztes Denken genauso gefragt, wenn nicht sogar wichtiger.

Petra: Viele Mädchen kommen vielleicht gar nicht erst auf die Idee, einen technischen Be-

ruf zu ergreifen, da es nicht so naheliegend ist. Zudem liest man in den Medien immer wieder von ungleichen Löhnen, schlechteren Karrierechancen und unflexiblen Arbeitszeitmodellen. Das schreckt mit Sicherheit ab. Andererseits muss ich sagen, dass ich mich persönlich nie negativ betroffen gefühlt habe.

#### **Wie schaffen wir es, mehr Mädchen und Frauen für Technik und Naturwissenschaften zu begeistern?**

Petra: Oberstufenlehrer könnten technisch begabten Mädchen vermehrt Schnupperlehren in diesem Bereich vorschlagen. Ich kann mir aber auch vorstellen, dass durch die Aufweichung der Geschlechterrollen in Zukunft mehr Frauen in Technikberufen anzutreffen sein werden. Hoffentlich ist die Thematisierung in den Medien bereits ein erster Schritt dazu.

Lynn: Nicht nur Lehrer könnten mehr beitragen, sondern alle Eltern mit Töchtern. Sie sollen diese miteinbeziehen, wenn sie in ihrer Freizeit zum Beispiel an einem Motorrad herumschrauben oder etwas reparieren müssen. Und Unternehmen stehen in der Pflicht, moderne Strukturen zu schaffen: flexible Arbeitszeiten, Home Office oder Teilzeitarbeit.

#### **Habt ihr persönliche Tipps für Frauen, die eine Karriere im technischen Berufsfeld anstreben?**

Petra: Wenn man Technik mag und der Fun-Faktor stimmt, kann eigentlich nichts schiefgehen: Just do it! Und von der Männerdomäne sollten sich Frauen nicht allzu stark beeindrucken lassen. Ich selbst habe jedenfalls nur gute Erfahrungen gemacht.

Lynn: Ich kann jeder jungen Frau eine Karriere in einem technischen Feld empfehlen. Wagt etwas! Zudem bin ich davon überzeugt, dass es die nächste Generation Frauen einfacher haben wird, Beruf und Privatleben unter einen Hut zu bringen. ■■■

**Mein Rat an Frauen:  
Wagt etwas!**

# RMS:

## Das Mass für thermische Belastung

Heisse Motoren sind in keiner Anwendung erwünscht. Doch wie berechnet man eigentlich die thermische Belastung? Unser maxon academy Experte Urs Kafader erklärt die Grundlagen.

**W**ie heiss wird ein Motor im Betrieb? Solche Temperaturabschätzungen sind im Dauerbetrieb bei konstanter Last einfach zu realisieren. Nach genügend langer Zeit stellt sich ein

thermisches Gleichgewicht ein, das mit Hilfe der thermischen Widerstände des Motors  $R_{th1}$  und  $R_{th2}$  berechnet werden kann (Abbildung 1). Zuerst wird die Erwärmung der Wicklung aus der Joule'schen Verlustleistung in der Wicklung berechnet, anschliessend die Erwärmung des Motors als Ganzes (des Stators).

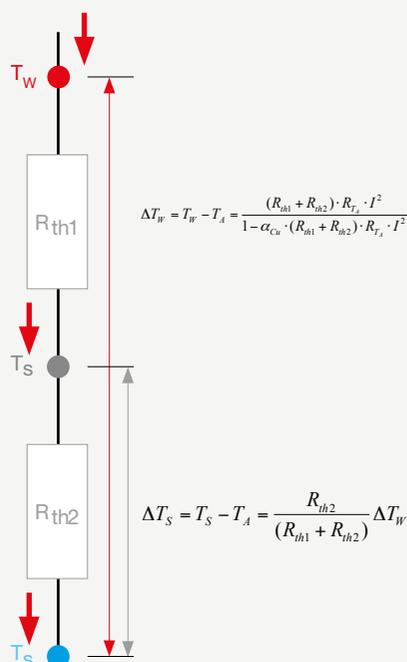


Abbildung 1

Abschätzung der Erhöhung von Wicklungs- ( $T_w$ ) und Gehäusetemperatur ( $T_s$ ) im Dauerbetrieb (ohne Berücksichtigung der Erwärmung durch Wirbelstromverluste) in Bezug auf die aktuelle Umgebungstemperatur ( $T_A$ ).

- $R_{th1}$  thermischer Widerstand Wicklung-Gehäuse
- $R_{th2}$  thermischer Widerstand Gehäuse-Umgebung (kann von Montagebedingungen beeinflusst werden)
- $R_{TA}$  der elektrische Anschlusswiderstand bei aktueller Umgebungstemperatur
- $I$  die Strombelastung
- $\alpha_{Cu}$  der Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstands von Kupfer (ca. 0.004 K-1)

Der Nenner in der ersten Formel berücksichtigt die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands. In Gleichung 2 agieren die thermischen Widerstände als «Spannungsteiler» für die Temperatur.

### Belastung bei zyklischem Betrieb

Wie sehen die Berechnungen von Abbildung 1 für zyklischen Betrieb aus, mit einer Abfolge von unterschiedlichen Strombelastungen? Wird der Arbeitszyklus inklusive kurzer Pausen viele Male wiederholt? Wird sich mit der Zeit ein thermisches Gleichgewicht einstellen? Aber wo liegt es?

Zur Berechnung der thermischen Belastung zieht man den Effektivwert des Stroms oder des Drehmoments bei. Dies ist ein quadratischer Mittelwert, der die überproportionale Erwärmung bei hoher Belastung berücksichtigt und von der Stromrichtung unabhängig ist. Im Englischen wird diese Mittelung als RMS (Root Mean Square) bezeichnet, was eine perfekte Anleitung für die Berechnung ist: Man nehme die Wurzel aus dem zeitlichen Mittel der aufsummierten



Die Belastungsangaben zum Betriebszyklus sind:

Phase 1:	50 000 rpm,	10 mNm,	15 s on	5 s off
Phase 2:	1500 rpm,	25 mNm,	60 s on	5 s off
Phase 3:	600 rpm,	16 mNm,	30 s on	60 s off

Anzahl Zyklen: 10

### Können die thermischen Vorgaben erfüllt werden?

Dazu zuerst einmal ein paar Überlegungen zu den Belastungsdauern. Ein Zyklus inklusive Pausen dauert fast 3 Minuten, 10 Zyklen praktisch eine halbe Stunde. Der Motor hat eine thermische Zeitkonstante von etwas über 8 Minuten, sodass am Ende der 10 Zyklen das thermische Gleichgewicht praktisch erreicht wird. Somit können wir im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung die Berechnungen für die Gleichgewichtstemperatur anwenden. Dies ist zusätzlich gerechtfertigt, da uns nur die Gehäusetemperatur interessiert, welche nur träge mit der schon erwähnten Zeitkonstante reagiert. Die längste Belastungsphase ist mit 1 Minute nur ein Bruchteil davon, sodass die Temperaturabweichungen am Gehäuse nur sehr gering sind.

Zu den geforderten Drehmomenten gilt es festzustellen, dass alle Werte bedeutend kleiner sind als das Nennmoment des Motors von etwa 33 mNm. Der Motor wird also nur schwach belastet, und es ist mit einer kleinen Erwärmung zu rechnen. Die Drehzahl ist nur in den ersten 15 Sekunden wirklich hoch, so-

quadratischen Belastungen. Als Formel sieht dies beispielsweise für den Strom wie folgt aus:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{(t_1 \cdot I_1^2) + (t_2 \cdot I_2^2) + (t_3 \cdot I_3^2) + (t_4 \cdot I_4^2) + \dots}{t_{tot}}}$$

Dieser RMS-Stromwert wird in die Formel für die Erwärmung der Wicklung in Abbildung 1 eingesetzt. Analog könnte man auch die Drehmomente mitteln.

### Beispiel: Erwärmung eines Motors im Handgerät

Ein sterilisierbarer Motor ECX SPEED 22 L (36-V-Wicklung) soll in ein medizinisches Handgerät eingebaut werden. Während der 10 Zyklen soll die Temperatur um nicht mehr als 20°C ansteigen. Da das Gerät direkt in der Hand des Arztes liegt, darf die Aussenhülle nicht wärmer als 40°C werden.

dass wir die Erwärmung durch Wirbelströme vernachlässigen können.

Lassen wir den Motor mit dem vorgegebenen Belastungszyklus laufen, so ist dies aus thermischer Sicht äquivalent mit einem Dauerbetrieb mit dem Effektivwert oder RMS-Wert der Belastung. Einsetzen der Drehmomente in die Berechnungsformel ergibt:

$$M_{RMS} = \sqrt{\frac{(t_1 \cdot M_1^2) + (t_2 \cdot M_2^2) + (t_3 \cdot M_3^2) + (t_4 \cdot M_4^2) + (t_5 \cdot M_5^2) + (t_6 \cdot M_6^2)}{t_{tot}}}$$

$$= \sqrt{\frac{15 \cdot 10^2 + 5 \cdot 0^2 + 60 \cdot 25^2 + 5 \cdot 0^2 + 30 \cdot 16^2 + 60 \cdot 0^2}{175}} = 16,3 \text{ mNm}$$

Der Motor hat eine Drehmomentkonstante von 6,11 mNm/A, sodass sich eine effektive Strombelastung von:

$$I = 16,3 \text{ mNm} / 6,11 \text{ mNm/A} = 2,67 \text{ A ergibt.}$$

Setzt man dies in die Gleichung zur Erwärmung der Wicklung in Abbildung 1, ergibt das 15 Kelvin. Das Gehäuse erwärmt sich im Verhältnis der thermischen Widerstände etwas weniger, nämlich um ca. 14 Kelvin. Bei 20°C Umgebungstemperatur resultiert somit eine Gehäusetemperatur von knapp unter 35°C. Beide Werte, Erwärmung als auch Endtemperatur, liegen innerhalb der zulässigen Grenzen. Dies gilt auch, wenn man die Temperaturvariationen innerhalb eines Arbeitszyklus von grob abgeschätzten +/- 3 Kelvin berücksichtigt. ■■■



maxon ECX SPEED 22 L  
Ø 22 mm, bürstenlos,  
sterilisierbar



**Urs Kafader** ist seit über 20 Jahren für die technische Ausbildung bei maxon motor verantwortlich. Er führt Schulungen zur Technik und zum Einsatz von maxon Produkten durch – für die Mitarbeitenden am maxon Hauptsitz in Sachseln, für das internationale Verkaufnetz, aber auch für Kunden. Der promovierte Physiker absolvierte zusätzlich ein MBA in Produktionswissenschaften. Seine berufliche Laufbahn begann er am Institut für Festkörperphysik der ETH Zürich.



PetroMarker hat mit seiner vertikalen Messmethode einen eigenen Kurs eingeschlagen, um Rohstoffressourcen aufzudecken.

# Versteckte Ressourcen

Unter der Meereswasseroberfläche verbergen sich viele Geheimnisse: unentdeckte Untiefen, groteske Lebensformen, wertvolle Rohstoffressourcen. Um diese aufzuspüren, hat ein norwegisches Unternehmen eine Technologie entwickelt, die den Meeresboden «durchleuchtet».

Bis zu 5000 Meter unter dem Meeresboden kann PetroMarker Daten erheben. Durch Messen des elektrischen Widerstands der Erdschichten lassen sich Rückschlüsse auf Lage und Grösse von Ölvorkommen ziehen.



**E**intausend Meter Tiefe. Es ist eiskalt und dunkel – kein Licht dringt bis hierher vor, nur künstliches. Im Scheinwerferlicht des Unterwasserroboters sind anfangs nur Umrisse zu erkennen. Dann tauchen dreifüssige Gebilde am Meeresboden auf.

Es sind Empfängerstationen für elektromagnetische Wellen, die in den Boden gesendet werden. Sie sollen die Erdschichten

des Meeresbodens «sichtbar machen». Und Rohstoffreservoirs aufdecken. Will ein Erdölunternehmen herausfinden, ob sich der Rohstoffabbau in der Tiefe lohnt, dann greift es auf die Controlled-Source-Electro-Magnetic- (CSEM-)Technologie zurück. Diese nutzt den unterschiedlichen elektrischen Widerstand von Erdschichten und lässt so Rückschlüsse auf Lage und Grösse von Ölvorkommen zu.

Bei der CSEM-Technologie werden eine sehr starke Stromquelle zur Erzeugung des elektromagnetischen Feldes und mehrere Empfänger für die Aufzeichnung der Felder verwendet. Diese Tripods (Empfänger) stehen auf dem sandigen Meeresgrund und empfangen die elektromagnetischen Signale, die durch die Erdschichten beeinflusst werden.

#### **5000 Meter unter dem Meeresboden**

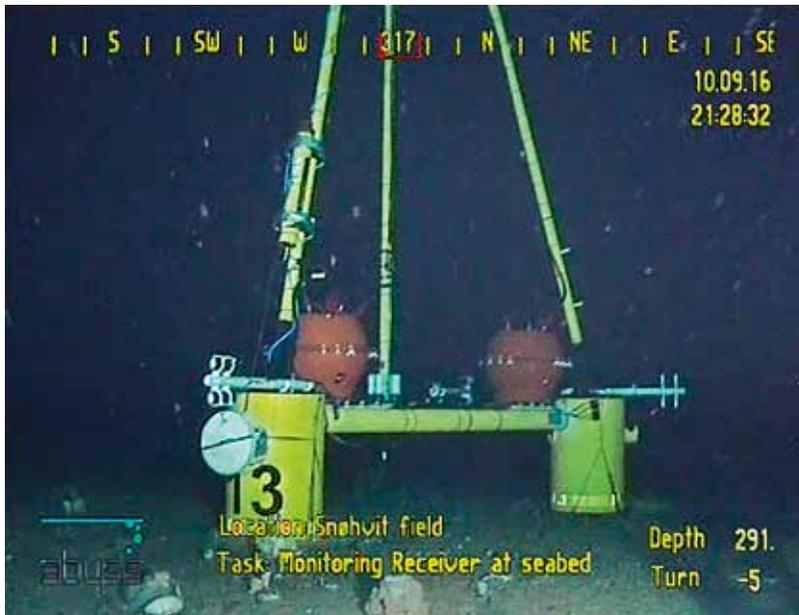
25 neue Tripods hat das norwegische Unternehmen PetroMarker 2016 in der Nordsee versenkt. Speziell an dieser neuen Messmethode ist, dass im Gegensatz zu anderen Messmethoden das Unternehmen zum Aufspüren von unterirdischen Rohstoffressourcen einen vertikalen Sender und Empfänger verwendet. So seien eine viel detailreichere Auflösung und eine Erhebung von Messdaten bis zu 5000 Meter unter dem Meeresboden möglich, heisst es seitens des Unternehmens.

Die etwa vier Meter hohen Tripods sind aus einer Kombination aus Fiberglas und Spezialschäumen gebaut. Wegen der empfindlichen Elektronik können keine Metallteile verwendet werden, und so tief unter der Wasseroberfläche ist der Druck der Tiefe extrem und das Salzwasser aggressiv.

#### **Unterwasserantriebe von maxon**

Voraussetzung für die exakte Erfassung der elektromagnetischen Daten ist, dass die Empfängerantennen möglichst vertikal auf dem Meeresboden stehen. Denn nicht immer ist der Meeresboden eben. Dazu hat das Unternehmen neue Empfänger entwickelt, die es erlauben, die Antennen in der Mitte der Tripods mit hoher Genauigkeit vertikal auszurichten. Und genau dazu braucht es die





Die Antennen werden in der Mitte der Tripods (Empfänger) möglichst vertikal auf dem Meeresboden ausgerichtet.

### PetroMarkers erfolgreicher Versuch zeigt: Die maxon Unterwasserantriebe funktionieren.

Unterwasserantriebe von maxon motor. Eingebaut am unteren Ende der Antenne des Empfängers, richten sie die Antennen nach Bedarf lotgerecht aus. Die Antriebslösung von maxon zeichnet sich durch ihre kompakte Bauweise und ihr geringes Gewicht aus. Herzstück des ölgefüllten Unterwasserantriebssystems ist eine Motor-Getriebe-Kombination, bestehend aus einem bürstenlosen

DC-Motor (BLDC) sowie einem Planetengetriebe.

Zudem gehören eine Controllereinheit (EPOS) und ein Kompensator zum System. Um die Einheiten vor Korrosion zu schützen, sind sie mit einem Kunststoffgehäuse umhüllt. Für die Anwendung waren einige Spezifikationen erforderlich; so sind der verwendete EC-i 40 Motor und das Planetengetriebe GP 42 angepasst worden, und auch der angeschlossene Kompensator ist keine Standardversion. Eine

Doppeldichtung, nach Vorbild der klassischen «U-Boot-Technik», sorgt dafür, dass das System dem enormen Wasserdruck standhält. Die Steuerungselektronik des Unterwasserantriebs ist für diese extreme Anwendung in einer druckneutralen Glaskugel untergebracht und hält bis zu 600 bar aus. Carsten Horn, Projektleiter Aquatic Solutions bei maxon motor Sexau: «Es ist ein enorm spannendes Projekt, bei dem die neuen maxon Unterwasserantriebe zum Einsatz kommen. Der erfolgreiche Versuch mit den Tripods in der Nordsee beweist uns, dass die maxon Technologie sehr gut funktioniert.»



# Der Kleinste erobert die Welt

Eine kanadische Firma hat erfolgreich den weltweit kleinsten und präzisesten Roboterarm für die Industrie entwickelt. Dieser passt sogar auf eine Handfläche.

**D**ie Geschichte beginnt wie so oft mit einem mutigen Start-up. 2013 gründen Jonathan Coulombe und Ilian Bonev die Firma Mecademic. Die beiden kennen sich von der Technischen Universität in Montreal, wo Coulombe gerade sein Studium als Elektroingenieur abschliesst und Bonev als Professor tätig ist. Gemeinsam entwickeln sie einen Schulungsroboter für Universitäten. Dann aber gehen sie mit Mecademic einen Schritt weiter. Ihr Ziel: einen Industrieroboter zu entwickeln, der viel kleiner, intuitiver und präziser als alle bisherigen Modelle ist.

### Steuerung ist im Sockel integriert

Drei Jahre später: Bonev und Coulombe haben es geschafft. Ihr Sechsbachsen-Roboterarm Meca500 hat eine Präzision von fünf Mikrometern und ist nur halb so gross wie andere kleine Industrieroboter. Er wiegt weniger als fünf Kilogramm, und sein Sockel passt auf eine Handfläche. Trotzdem kann er 500 Gramm Nutzlast tragen. Die Steuerung ist integriert, was nochmals Platz spart und die Bedienung stark vereinfacht. Es braucht nur eine 24-Volt-Speisung, einen Computer und ein Ethernet-Kabel – schon lässt sich der Meca500 programmieren und bedienen.

### Kompakt dank Flachmotoren

CEO Jonathan Coulombe ist stolz auf die Entwicklung und sagt: «Es war wirklich eine Herausforderung, alle Komponenten auf so kleinem Raum unterzubringen.» Auch die verwendeten Antriebe mussten entsprechend klein und trotzdem stark sein. Sowie hohe Qualitätsansprüche erfüllen. «Sie müssen bezüglich Präzision und Langlebigkeit schlicht die Besten sein. Schliesslich sollen sie im Dauerbetrieb mehrere Jahre durchhalten.» Deshalb hat sich Mecademic für bürstenlose Flachmotoren von maxon entschieden. Diese DC-Motoren sind bekannt für ihre kompakte Bauweise und das hohe Drehmoment. Im Meca500 sorgen sie in Kombination mit spielfreien Getrieben und hochauflösenden Encodern für präzise Bewegungen.

### Als kollaborativer Roboter einsetzbar

«Unser Ziel ist es, einen neuen Markt zu schaffen für extrem kompakte Industrieroboter», sagt Ilian Bonev. Diese könnten unter anderem als Standardkomponenten für

Maschinenbauer verwendet werden, in Montagelinien oder auch in Medizingeräten. Viele Anwendungen sind möglich: Operationshelfer für Tiere oder Montagehilfe für Uhren und Schmuck. Der Roboterarm kann auch traditionelle Pick-and-Place-Aufgaben erfüllen oder Inspektionsarbeiten ausführen.

Der Meca500 soll dabei nur der Anfang einer ganzen Linie von Robotern sein. Neue Typen sind bereits in der Entwicklung. «Wir wollen die kleinsten und präzisesten Roboter für die Industrie anbieten und dadurch neue Produkte, Anwendungen und Entdeckungen ermöglichen», sagt Bonev. Mecademic arbeitet auch an einem eigenen Gripper für den Roboterarm – gemeinsam mit Schunk. Und falls Kunden es wünschen, erhalten sie Firmware, zugeschnitten auf ihre individuellen Anforderungen. Mit einer Zusatzfunktion, die Kollisionen verhindert, lässt sich der Meca500 sogar als kollaborativer Roboter einsetzen. ■



Dieser sechsbachsige Roboterarm ist halb so gross wie der bisher kleinste Industrieroboter und kann per Computer programmiert und bedient werden.

**Die Antriebe müssen präzise und langlebig sein, um im Dauerbetrieb durchzuhalten.**



# Koloss auf analogen Füßen – eine spiegelverkehrte Dampflok in der neuen digitalen Welt

Autor: Michael Funk

**W**ie eine Dampflokomotive aussieht? Das weiss man doch! Vorne ist ein Kessel, gefolgt von Führerhaus und Kohlewagen. Daran ändert auch die neue digitale Welt nichts.» In der Tat, an dieser Bastion qualmender Nostalgie lässt sich nur analog rütteln...

Es riecht nach schwerem Schmieröl. Ich schlendere durch das California State Railroad Museum in Sacramento, als vor meinen Augen ein riesiges schwarzes Ungeheuer auf-

taucht. Inmitten des Labyrinths aus herrlichen alten Lokomotiven bewundere ich die Vollender der ersten transamerikanischen Eisenbahnstrecke 1869 und staune nicht schlecht über die Pioniere dieser Zeit. Aber mit dem einen Exemplar stimmt etwas nicht.

## Ungestörter Tunnelblick

Die Dampflok hört auf den Namen «Southern Pacific 4294» und wurde 1944 gebaut –

spiegelverkehrt mit der Kabine vorne. Das beengte Nervenzentrum der ehrwürdigen Maschine lässt sich über eine schmale Leiter erreichen. Darin wartet ein älterer Herr, der früher selbst mit diesem Dampfross durch den Westen jagte. Er nennt sich Bill und verbringt im Ruhestand ehrenamtlich Zeit im Museum. Die Kinder hören ihm gerne zu, dem alten Dino, wenn er stolz von seiner «Cab-Forward»-Lokomotive erzählt.

Jeden der unzähligen Hebel und jedes Ventil beherrscht er auch heute noch blind. Die Trassen der Sierra Nevada waren seit ihrer Erschließung ein Alptraum für Lokführer. Tunnel wechselten mit Schneedächern, und der Dampf aus dem Kessel landete nicht in der Höhe, sondern in den Augen der Maschinisten. Kaum waren aber ölbetriebene Motoren auch für die Eisenbahn nutzbar, baute man eine Dampflok mit der Kabine vor dem Kessel – für den ungestörten Tunnelblick. Eine Revolution – die wörtliche «Umdrehung» von Cockpit und Kessel – war es, aber auch eine neue Welt? Bill lacht: «Die eigentliche Revolution kam für uns später mit der Umstellung auf Elektromotoren.»

Schon ein flüchtiger Blick durch das Museum offenbart mir, was er meint. Die veränderte Bauweise späterer Eisenbahnen, Waggons und Oberleitungen springt sofort ins Auge. Über welche Revolution werde ich berichten, wenn mich der Dinostatus einholt? Über Servierroboter und meine erste Modelleisenbahn aus dem 3D-Drucker?

Im Aufzug geht's in die obere Etage. Ich beobachte die Lifttüren, wie sie sich öffnen, schliessen und kurz darauf ihre mechatronische Choreographie wiederholen. Eine Selbstverständlichkeit. Entlang der endlosen Skyline aus Loks und Waggons streift mein Blick über 150 Jahre Technikgeschichte. Diesem folgt eine Überwachungskamera, so als wollte sie mir beim Selfie zuvorkommen. Aber wozu? Wer klagt denn eine tonnenschwere Eisenbahn aus einem museal gepimpten Lagerschuppen? Industriespionage?

In der neuen digitalen Welt vielleicht, aber doch nicht hier im nostalgischen Eldorado alter Eisenbahnromantiker!

Zwischen den Wagenreihen erklärt Bill einem Besucher die Geschichte des Arbeitsschutzes. Früher wurden tonnenschwere, rollende Waggons von Hand gekoppelt, etwa bei den Postzügen der 1860er Jahre. Wer da nicht schnell war, hatte schon mal eine Hand weniger. Heute gibt es strenge Richtlinien, künstliche Gelenke und Hightech-Prothesen. Unfälle machen schlau. Aber wer reguliert und versichert eigentlich Paketdrohnen – bevor es zu Unfällen kommt?

So vieles ist jetzt normal, was einst hart erarbeitet wurde. Und gerade deswegen sind es die lange zurückreichenden Geschichten, die auch in Zukunft das Neue tragen. Die neue digitale Welt bleibt ein Koloss auf analogen Füßen. Ich hoffe, daran wird man sich erinnern, wenn irgendwann ein Roboter den Platz von Bill übernimmt... ■



**Michael Funk (31)** ist Wissenschaftler und Doktorand, Essayist, Schriftsteller und Musiker. Er hat an der TU Dresden Philosophie, Germanistik und Geschichte studiert. Am dortigen Bereich für Technikphilosophie wirkte er als Wissenschaftler und Hochschullehrer von 2007 bis 2015, bevor er 2016 als Universitätsassistent an die Universität Wien wechselte. Gegenstand seiner Forschungen sind unter anderem gesellschaftliche Auswirkungen der Social Robotics, Drohnen und der synthetischen Biologie.

Regte nicht nur Michael Funk zum Denken an: die Dampflok «Southern Pacific 4294» aus dem Jahr 1944 mit spiegelverkehrter Kabine vorne.





# Roboy: zwei Bilder, ein Unterschied!

Vergleichen Sie die beiden Bilder und finden Sie den einen Unterschied! Senden Sie Ihre Antwort per E-Mail an:  
[driven@maxonmotor.com](mailto:driven@maxonmotor.com).

**Zu gewinnen gibt es einen Cozmo Roboter**, laut Hersteller der Roboter mit der aktuell am weitesten entwickelten künstlichen Intelligenz. Seine Persönlichkeit soll sich selbstständig weiterentwickeln. Gesteuert wird der kleine intelligente Roboter per Smartphone (iOS, Android).



Teilnahmeschluss ist der 30. Juni 2017. Mitarbeiter von maxon motor sind von der Teilnahme ausgeschlossen. Über den Wettbewerb wird keine Korrespondenz geführt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



**Folgen Sie uns auf Twitter:** @maxonmotor  
**und Facebook:** Erfahren Sie mehr über uns und nehmen Sie Kontakt auf.

Mehr spannende News, Storys und Blogs rund um Antriebstechnik finden Sie auf:  
[www.drive.tech](http://www.drive.tech)

## Impressum

**Herausgeber:** maxon motor ag

**Redaktion:** Stefan Roschi,  
Anja Schütz

**Copyright:** © 2017 by maxon motor ag, Sachseln. Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung.

**Realisation:** Infel Corporate Media

**Projektleitung und Redaktion:**  
Bärbel Jördens

**Gestaltung:** Peter Kruppa  
(Art Director), Marina Maspoli  
**Korrektorat:** Franz Scherer

**Druck:** Druckerei Odermatt AG

**Erscheinungsweise:** 2-mal pro Jahr

**Sprachen:** Deutsch, Englisch,  
Chinesisch

**Auflage:** 10 500 (dt.), 4500 (engl.)

**driven online:** [magazin.maxonmotor.ch](http://magazin.maxonmotor.ch)

**NEW**



Erster sterilisierbarer Encoder

# Das erste sterilisierbare Antriebssystem.

maxon bringt einen sterilisierbaren Encoder auf den Markt. Damit erhalten Kunden ein System, das vom BLDC-Motor über das Getriebe bis zum Sensor 1000 Zyklen im Autoklaven aushält.

## Eigenschaften des sterilisierbaren Antriebssystems

maxon ECX Motor

Bis zu 120000 min<sup>-1</sup>, laufruhig, geringe Wärmeentwicklung.

maxon GPX Getriebe

Für hohe Drehmomente und Speed. Bis zu 90% Wirkungsgrad.

maxon ENX Encoder

Erhältlich als Inkremental- (1024 Impulse) und Absolut-Version (4096 Schritte).

Kurze Lieferzeit

Online konfigurierbar und lieferbereit in spätestens 11 Tagen.

[sterilisierbar.maxonmotor.ch](http://sterilisierbar.maxonmotor.ch)

**maxon motor**

driven by precision

**drive.tech** by maxon motor

# Mehr als Antriebstechnik.



Trends, Technologien und Wissen rund um Antriebstechnik.

Nicht verpassen: [www.drive.tech](http://www.drive.tech)