

Das Magazin von maxon motor

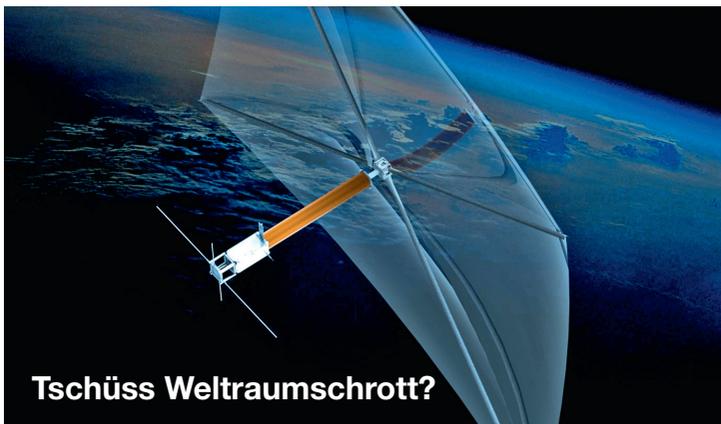
# driven

2 // 2014



## Im OP der Zukunft

Gesund und schön dank Hightech



Tschüss Weltraumschrott?



Tattoo-Maschinen «Swiss made»

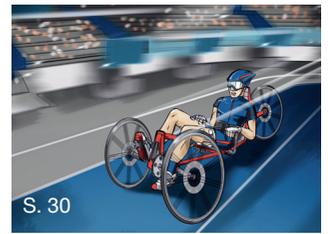
S. 8



S. 4

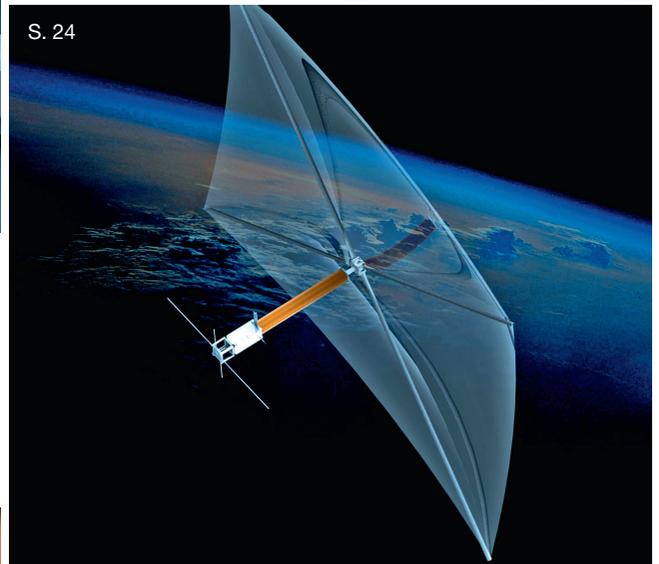


S.7

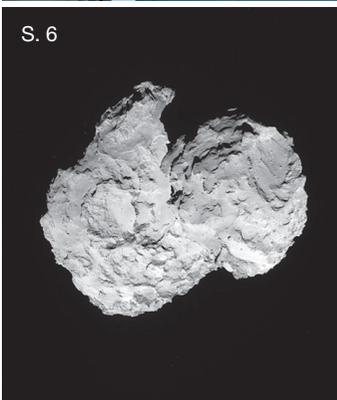


S. 30

S. 24



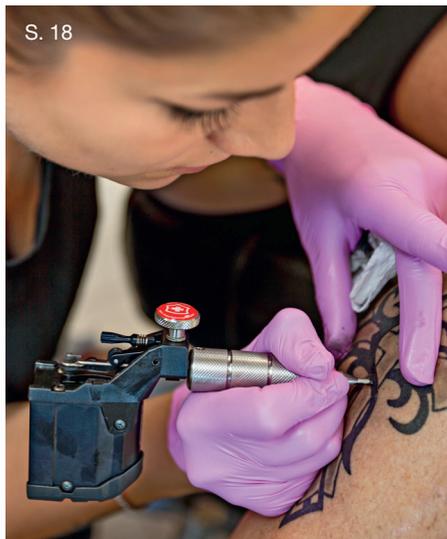
S. 6



S. 26



S. 18



S. 14



S. 32



**The Big Picture**

4 Mit Solarenergie übers Wasser schweben

**News**

6 Auf der Suche nach der Urmaterie

**Neue Produkte**

7 Mehr Power für Handgeräte

**Im Fokus**

8 Den Roboterchirurgen gehört die Zukunft

Urologe Daniel Seiler führt immer mehr Eingriffe mit einem Operationsroboter durch.

14 Hoffnung für Herzpatienten

Eine neuartige Minipumpe unterstützt den Blutkreislauf, entlastet das Herz und fördert seine Erholung.

16 «Die Betriebsbedingungen für die Motoren sind brutal»

Anthony Mayr, Senior Projektleiter Medizintechnik bei maxon motor, erklärt die Anforderungen an elektrische Operationsgeräte.

18 Gestochen schön

Junge Künstler und modernste Technik revolutionieren die Tattoo-Szene.

21 «Wir hatten einfach den besten Motor»

Enrico Friedli stellt seit 16 Jahren Tattoo-Maschinen her. Heute liefert der Marktleader in alle Welt.

**Umfrage**

22 Wie gefällt Ihnen driven?

Nehmen Sie an unserer Umfrage teil und gewinnen Sie eine Fitness-Challenge Disc!

**Exploration**

24 Der grosse Weltraum-Frühlingsputz

Ein Segel soll helfen, Weltraumschrott aus seiner Umlaufbahn zu holen und zu entsorgen.

**Expertise**

26 Energieeffizienz bei Kleinstantrieben

**Innovation**

30 Hier kommt Bewegung ins Spiel

Das Labor für Sensomotorische Systeme der ETH Zürich führt 2016 den ersten Cybathlon für Parathleten mit technischen Hilfsmitteln durch.

**Kolumne**

32 Was sollen persönliche Assistenzroboter in der Zukunft leisten?

Von Frank Wallhoff, Leiter des Instituts für technische Assistenzsysteme an der Jade Hochschule in Wilhelmshaven.

Foto: maxon motor ag

Editorial

# Mehr Lebensqualität durch bessere Elektromotoren



Eugen Elmiger, CEO der maxon motor ag

Ärzte machen uns gesund, schöner und verlängern unser Leben – und das seit Jahrhunderten. Der Unterschied zu früher ist, dass ihnen heute modernste Hilfsmittel zur Verfügung stehen – etwa in Form von chirurgischen Robotern oder präzisen Handwerkzeugen für komplizierte Eingriffe. Forscher sind sogar daran, eine Minipumpe für die Unterstützung des Blutkreislaufs zu entwickeln. Die Hightech hat längst den Operationssaal erobert, und maxon Motoren sind ein wichtiger Teil davon, wie Sie in dieser Ausgabe von driven lesen können.

Es macht mich stolz, dass wir mit den gestiegenen Anforderungen im Medizinbereich Schritt halten und somit einen wichtigen Beitrag für die Gesundheit der Menschen leisten. Denn ich bin überzeugt: Der technische Fortschritt geht Hand in Hand mit einer gesteigerten Lebensqualität.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen.



Die aktuelle Tablet-Ausgabe mit interaktiven und multimedialen Features finden Sie im Apple App Store und im Google Play Store.

# Get The Big Picture!

Übers Wasser fliegen – Bei der DONG Energy Solar Challenge, der grössten Solarbootregatta der Welt in den Niederlanden, dreht sich alles um nachhaltige Spitzentechnologie. Das Tragflügelboot des Teams der Technischen Universität Delft hebt sich nach dem Start aus dem Wasser, sodass sich sein Wasserwiderstand auf den einer menschlichen Hand verringert. Für die Konstruktion nutzte das Team Erkenntnisse aus dem Flugzeugbau. Im vorderen Tragflügel sitzt ein Antriebssystem von maxon motor. Dieses sorgt gemeinsam mit einem Hözensensor dafür, dass das Boot auf einer optimalen Höhe über dem Wasser bleibt.

Erfahren Sie mehr:  
[bigpicture.maxonmotor.ch](http://bigpicture.maxonmotor.ch)



**Gerwin Geukes, Managing Director von maxon motor benelux, über die Zusammenarbeit mit dem Team der TU Delft:**

«Dieses High-End-Projekt gibt uns Gelegenheit, Einblicke in neue Techniken zu gewinnen und zu erfahren, was in den Köpfen der nächsten Generation von Ingenieuren vorgeht. Dinge, die für unsere Ingenieure zum Alltag gehören, können für die Studierenden neu sein, und umgekehrt.»



**maxon RE 25**  
Ø 25 mm, 20 Watt,  
Graphitbürsten



Raumsonde Rosetta

## Kometenjäger – auf der Suche nach der Urmaterie

Am 6. August 2014 war es so weit: Die Raumsonde Rosetta erreichte nach einer mehr als zehn Jahre dauernden Reise durchs All den Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko – kurz Tschury. Damit hatte erstmals eine Sonde einen Kometen erreicht, um diesen zu untersuchen.

Schon die ersten von Rosetta übermittelten Daten zeigten Erstaunliches: Der vier Kilometer grosse Tschury ist nicht etwa rund oder oval, sondern sieht aus, als würden zwei Brocken aneinanderkleben. Die Oberfläche ist mit einer Temperatur von minus 70 Grad Celsius viel wärmer als erwartet und scheint von einer schwarzen Staubschicht bedeckt.

Mitte November folgt dann der schwierigste Teil: Der 100 Kilogramm schwere Lander Philae soll auf Tschury aufsetzen. Es wird die erste kontrollierte Landung auf einem Kometen sein – und maxon motor ist mit dabei. Ein maxon RE-13-Motor wird ein Alphapartikel-Röntgenspektrometer von der

Unterseite der Sonde zum Kometenboden hinabbewegen. Das Gerät wird die chemische Zusammensetzung des Gesteins eruieren und einzelne Elemente identifizieren. Insgesamt ist Philae mit zehn Messinstrumenten ausgestattet.

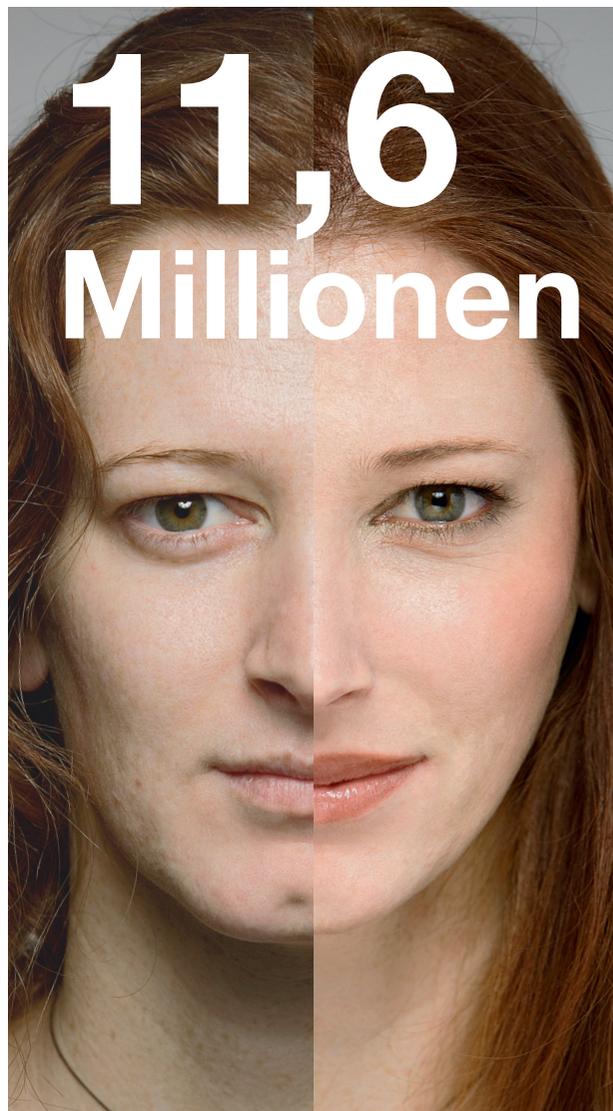
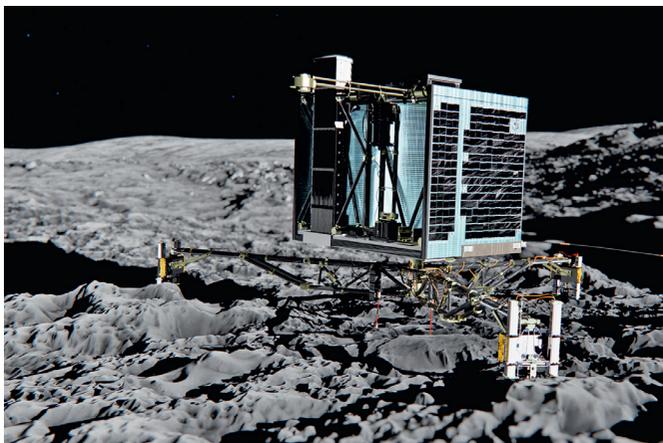
Das Rosetta-Projekt wird voraussichtlich bis Ende 2015 dauern. Bis dahin wollen Forscher möglichst viele Daten vom Kern des Kometen und von seinem Schweif sammeln. Diese sollen Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des frühen Sonnensystems zulassen und möglicherweise sogar eine der ganz grossen Fragen beantworten: Brachten Kometen vor Milliarden Jahren Wasser oder gar erste Lebenskeime auf die Erde?



**Wie geht es weiter?** Auf unserem Twitter-Kanal @maxonmotor werden wir Sie laufend über die Neuigkeiten der Rosetta-Mission informieren.



Der Lander Philae (unten) wird Mitte November auf dem Kometen Tschury (links) landen.



**Schönheitsoperationen.** 2013 haben sich 11,6 Millionen Menschen chirurgisch verschönern lassen, wie eine Studie der International Society of Aesthetic Plastic Surgery zeigt. Gegenüber 2011 entspricht das praktisch einer Verdoppelung. Am häufigsten sind Brustvergrösserungen, Fettabsaugen und Lidstraffungen. Doch der mit Abstand am meisten gewählte Eingriff kommt ohne Skalpell aus und ist deshalb in einer separaten Statistik erfasst: das Spritzen des Nervengifts Botox. Er ist laut Schätzungen weltweit über fünf Millionen Mal durchgeführt worden – auch mit Pistolen, in denen maxon Motoren für die richtige Dosierung sorgen. Präzisionsantriebe von maxon finden sich zudem in Handgeräten zur Fettabsaugung oder zur Cellulitebehandlung.

Fotos: ESA/ATG medialab, maxon motor ag, Rubberball / Mark Andersen

## NEUE PRODUKTE

Mehr Power für Handgeräte

## EC-4pole 30, sterilisierbar

Die EC-4pole-Motoren von maxon sind wahre Kraftpakete. Die bürstenlosen Antriebe besitzen dank des Rotors mit zwei Polpaaren eine grosse Leistungsdichte und ein sehr hohes Nenndrehmoment. Neu zur Familie stösst jetzt der EC-4pole 30 mit 30 Millimeter Durchmesser, der deutlich über 1000 Mal autoklavierbar ist und sich somit perfekt für den Einsatz in medizinischen Handgeräten eignet. Für Knochensägen, -bohrer und Fräsgeräte ist dieser sehr starke Motor die richtige Wahl.



maxon EC-4pole 30  
Ø 30 mm, 150 Watt,  
bürstenlos

Die DCX-  
Produktfamilie



Die effiziente Motorenlinie wächst weiter

## DCX-Motoren 14L/16L/22L/26L und GPX-Planetengetriebe 14/19/26/37

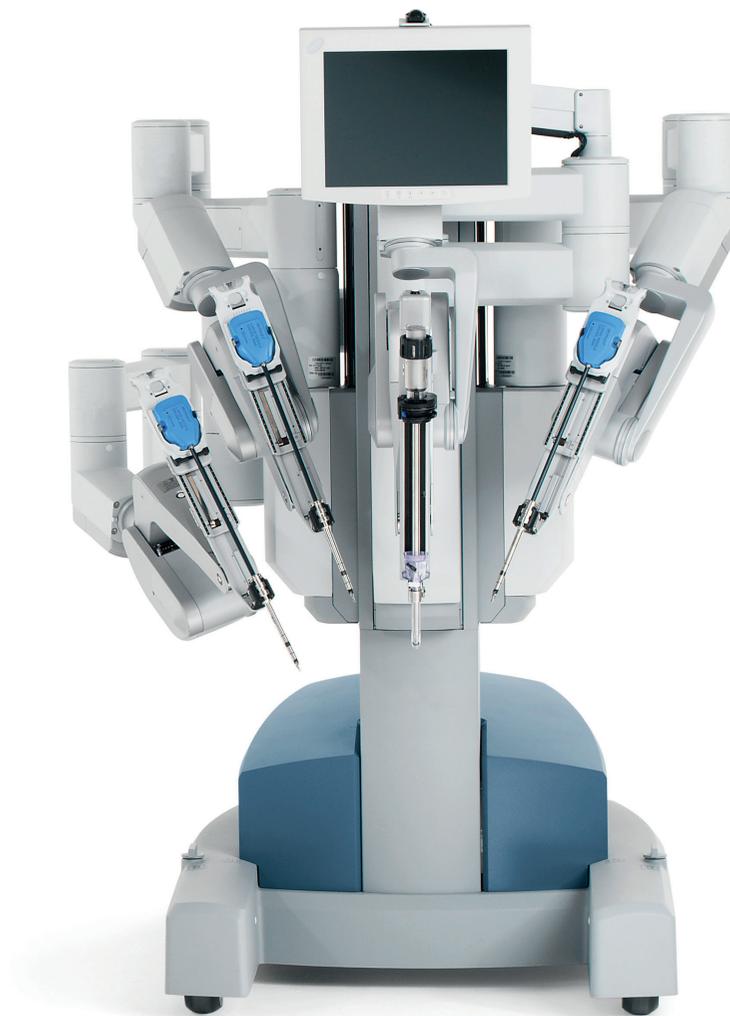
Die bürstenbehafteten Motoren der DCX-Reihe sind besonders leistungsstark im Vergleich zur Grösse. Zudem sind sie ganz einfach online konfigurierbar und innerhalb von 11 Tagen lieferbar. Nun kommen zur bestehenden Palette vier weitere Motorengrössen hinzu, um das Angebot zu komplettieren. Neu sind die Durchmesser 14, 16, 22 und 26 jeweils in der langen Version (L) erhältlich. Gleichzeitig kommen vier neue GPX-Planetengetriebe auf den Markt mit den Grössen 14, 19, 26 und 37. Die bereits bestehenden GPX 16 und GPX 32 sind zudem ab sofort in verschiedenen Varianten (Keramikversion, geräuschreduziert und spielreduziert) erhältlich.



**Daniel Seiler**  
studierte Medizin an  
der Universität Zürich  
und spezialisierte  
sich auf dem Gebiet  
der operativen  
Urologie. Heute ist er  
an der Hirslanden  
Klinik Zürich tätig.

HIRSLANDEN   
**Dr. med.  
Daniel Seiler**

# Den Roboterchirurgen gehört die **Zukunft**



Fotos: Intuitive Surgical, maxon motor ag / Philipp Schmid, maxon motor ag

## Immer mehr Operationen werden weltweit mit dem daVinci-Roboter durchgeführt, der mit 39 maxon DC-Motoren ausgestattet ist. Experten sind sich sicher: Das ist erst der Anfang.

**D**aniel Seiler ist kein Fan von Computerspielen. Seine Söhne sind zwar angefressene Gamer. Aber er selber lässt die Finger davon. Das erstaunt auf den ersten Blick, denn der Urologe Seiler sitzt fast täglich an einer Konsole, wo er mit seinen Händen zwei Joysticks bedient und konzentriert auf einen Bildschirm blickt. In seinem Fall gehts aber nicht ums Vergnügen – ganz im Gegenteil. Jede kleinste Bewegung ist entscheidend, denn Daniel Seiler befindet sich im Operationssaal der Klinik Hirslanden in Zürich und steuert den daVinci-Roboter, der einige Meter von ihm entfernt steht. Dessen vier Arme sind mit Instrumenten wie einer Zange und einer Minischere ausgestattet sowie mit einer Kamera. Mittels kleiner Schnitte von acht bis zwölf Millimetern sind die Instrumente in den Unterkörper des Patienten eingeführt worden. In Präzisionsarbeit und fast lautlos entfernt Dr. Seiler mit Hilfe des Operationsroboters die Prostata, die vom Krebs befallen ist. Früher war ein solcher Eingriff mit grossen Risiken verbunden. Heute handelt es sich dank modernster Technik um eine Routineoperation.

### **Kritische Stimmen sind verstummt**

Natürlich gibt es bei Operationen an Menschen keine hundertprozentige Garantie, dass alles gut läuft. Das weiss auch Daniel Seiler. Doch für ihn ist klar, dass der daVinci-Roboter gerade im Bereich der Urologie riesige Fortschritte gebracht hat. In über zehn Jahren

hat der Schweizer mehrere hundert Operationen mit dem Roboter durchgeführt. Seiler gehört somit zu den führenden Spezialisten auf diesem Gebiet. Er sagt: «In den ersten Jahren gab es immer wieder kritische Stimmen, die den Nutzen eines solchen Systems anzweifelten. Doch diese sind heute fast alle verstummt.»

Vor 14 Jahren brachte die US-Firma Intuitive Surgical Inc. den daVinci-Roboter auf den Markt. Inzwischen sind damit weltweit über 1,5 Millionen Operationen durchgeführt worden – allein im Jahr 2013 waren es mehr als eine halbe Million. Tendenz steigend. Daniel Seiler vom Zentrum für Urologie Zürich meint, mit dem daVinci-Roboter sei es wie mit einem Sportwagen: Nur gute Fahrer schafften es, ihn zu beherrschen und schnelle Zeiten zu erreichen. Dementsprechend mussten die Chirurgen in den ersten Jahren die nötige Erfahrung mit dem Operationsroboter sammeln. «Heute sind wir so weit, dass wir alle Vorteile des daVinci-Systems nutzen können.»

In der Urologie ist die Präzision des daVinci-Systems besonders gefragt, da sich zum Beispiel rund um die Prostata heikle Gefässe befinden. Seiler sagt: «Wir können unseren Patienten ein sehr hohes Mass an

**Der Trend zu mehr Operationen mit Roboterunterstützung ist nicht aufzuhalten.**



Die Bewegungen des Operationsroboters daVinci steuert der Chirurg manuell über zwei Joysticks.



#### Für präzise Armbewegungen

Im daVinci-Chirurgieroboter leisten gleich mehrere Motoren der RE-Reihe ihre guten Dienste. Diese bürstenbehafteten Antriebe sind bei Entwicklern vor allem wegen ihrer Effizienz und des hohen Wirkungsgrades beliebt. Die qualitativ hochstehenden Magnete (Rare Earth) und die patentierte eisenlose maxon Wicklung sorgen für einen sauberen Lauf ohne Rastmomente und einen Wirkungsgrad von über 90 Prozent.



**maxon RE 13**  
Ø 13 mm, Edelmetallbürsten, 2,5 Watt

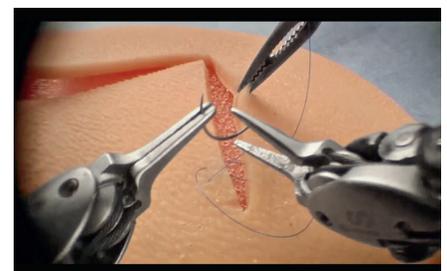
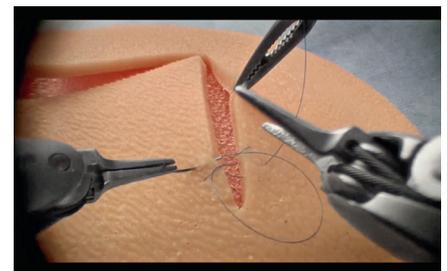
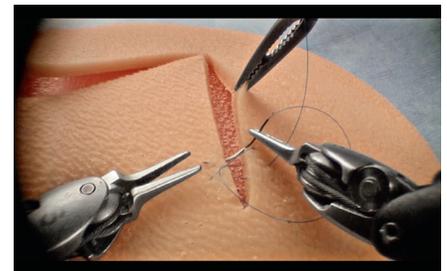


**maxon RE 40**  
Ø 40 mm, Graphitbürsten, 150 Watt



### Vorteile von daVinci

- Die Steuerung erfolgt übersetzt. Bewegt der Operateur den Joystick um 15 Millimeter, sind das effektiv nur 5. Auf Knopfdruck kann er sogar noch eine Übersetzungsstufe höher gehen.
- Ein zehnfach vergrössertes 3D-Bild sorgt für den vollen Durchblick des Operateurs.
- Der Blutverlust während der Operation ist bei diesem minimalinvasiven Eingriff sehr gering.
- Die kleinen Einschnitte verheilen schneller als ein grosser Schnitt bei einer offenen Operation. Somit verkürzt sich auch der Aufenthalt der Patienten im Spital.
- Der Operateur sitzt bequem an der Steuerkonsole und ermüdet viel weniger schnell, als wenn er sich permanent über den Patienten beugen muss.
- Die Instrumentenköpfe am Ende der Roboterarme sind um 540 Grad schwenkbar und erreichen jeden Winkel. Das ermöglicht ein präzises Arbeiten auf engstem Raum. Ein mögliches Zittern der Hand wird elektronisch ausgeglichen.



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 2// 2014 herunter und erleben Sie den Operationsroboter daVinci in Aktion. [magazin.maxonmotor.ch](http://magazin.maxonmotor.ch)

**maxon RE-max 29**  
 Ø 29 mm, Edelmetall-  
 bürsten, 9 Watt



**Die schlanke Alternative**  
 Der RE-max 29 besticht durch seine starke Performance zu niedrigen Kosten. Er ist mit den gleichen Magneten ausgestattet wie die RE-Motoren, wird aber automatisiert hergestellt. Im daVinci-Roboter wird er zusammen mit einem MR-Encoder verwendet.

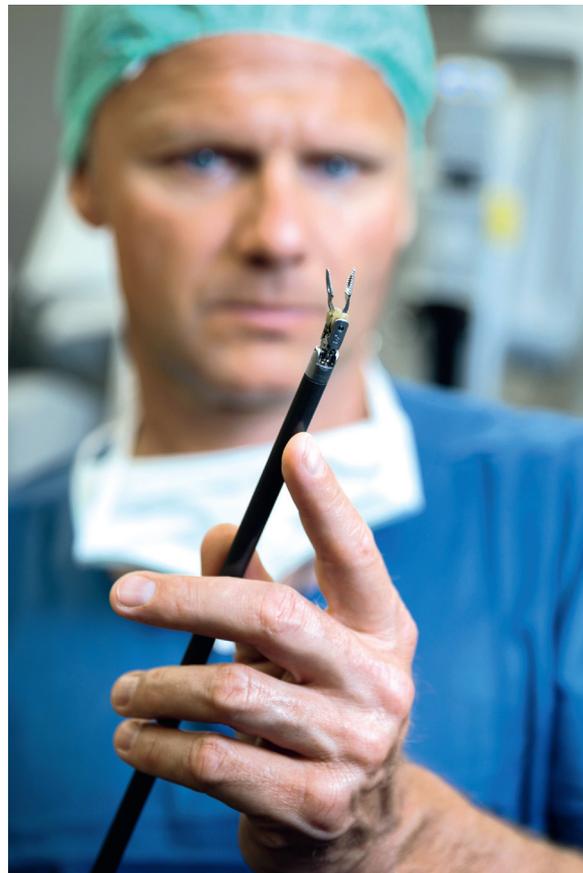
Funktionserhaltung, etwa im Bereich der Potenz und der Kontinenz, bieten und somit zu einer höheren Lebensqualität beitragen.» Diese Präzision kommt nicht von ungefähr. Die im System verwendeten maxon DC-Motoren sorgen für die exakte Übertragung der Bewegungen des Operators auf die Geräte. 39 Antriebe befinden sich insgesamt im daVinci-Roboter. Darunter sind RE40-Motoren, RE13-Motoren inklusive maxon Planetengetrieben und Encodern sowie RE-max29-Motoren.

### maxon Motoren übertragen die Bewegung des Operators

Das Spezielle dabei ist, dass die Motoren sowohl Eingangs- wie auch Ausgangssignale verarbeiten. Einige Antriebe befinden sich in der Steuerungskonsole, von wo aus sie die Bewegungen des Operators als Signale an den Rechner weiterleiten. Von dort gelangen die Signale zu den Motoren in den Manipulato-

ren, die dann die entsprechenden Bewegungen der Arme ausführen. Dank der eisenlosen Wicklung kennen die maxon Motoren kein magnetisches Rastmoment, die Übertragung der Signale ist also punktgenau. Hinzu kommt die hohe Dynamik, die diese Antriebe perfekt macht für Anwendungen wie den daVinci-Operationsroboter.

Dieser wird übrigens nicht nur in der Urologie eingesetzt, sondern auch in der Gynäkologie und immer häufiger im Bereich Hals, Nase und Ohren. Selbst Eingriffe am Herz (Bypass) wurden schon vorgenommen. «Das System bietet fast unlimitierte Möglichkeiten», sagt Daniel Seiler. Die Grenzen existierten nur in den Köpfen der Leute. Für ihn und andere Experten ist deshalb klar: Der Trend hin zu mehr Operationen mit Roboterunterstützung ist nicht aufzuhalten. Oder nochmals mit einer Automobil-Metapher ausgedrückt: Die schnellste Rundenzeit wird erst noch gefahren. ■



Die Arme des Operationsroboters sind mit Instrumenten ausgestattet, darunter eine Zange, eine Minischere und eine Kamera.

# Hoffnung für Herzpatienten

Wissenschaftler nutzen einen bürstenlosen DC-Motor von maxon für eine Minipumpe, die den Blutkreislauf unterstützt. Diese wird ohne chirurgischen Eingriff eingesetzt und verschafft dem geschwächten Herzen Ruhepausen, damit es sich erholen kann.

**C**hronische Herzpatienten schauen gespannt nach Texas. Dort haben Biowissenschaftler die erste Pumpe zur Kreislaufunterstützung entwickelt, die sich per Katheter einsetzen lässt und für den langfristigen Einsatz vorgesehen ist.

Aortix™ von Procyrion Inc. bietet eine Behandlungsmöglichkeit für Menschen mit chronischen Herzstörungen, die wegen ihres Gesundheitszustands keine Medikamente einnehmen können. Alleine in den USA sind davon zwei Millionen Leute betroffen. Noch ist das Produkt in der Testphase. Doch schon bald haben Kardiologen die Möglichkeit, jüngere Herzpatienten damit zu behandeln, um einer weiteren Schädigung des Herzens vorzubeugen.

## **Anker fixieren die Pumpe**

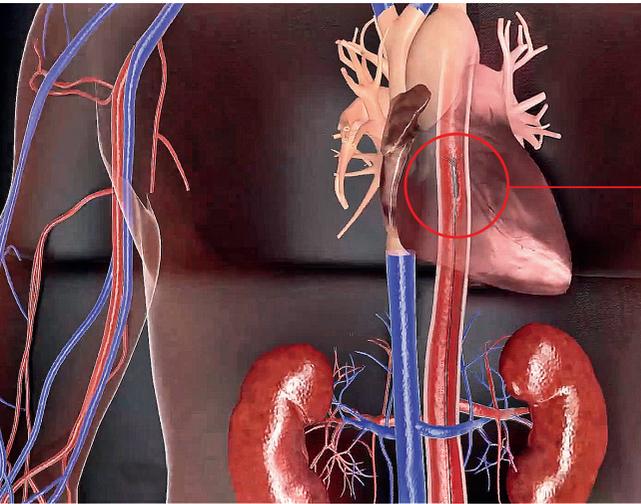
Die intraaortale Pumpe unterstützt die natürliche Herzfunktion und bietet damit eine Alternative zu grossen, chirurgisch eingesetzten Herzpumpen, die das Herz vollständig entlasten. Der Einsatz dieser Geräte ist oft mit Risiken verbunden. Nicht so bei Aortix. Mit einem Durchmesser von 6 Millimetern

und einer Länge von 6,5 Zentimetern kann die Pumpe von einem Kardiologen mit einem Katheter durch die Oberschenkelarterie in die Brustorta gebracht werden. Dort spreizen sich kleine Anker, die aus einer Nickel-Titan-Legierung bestehen, selbstständig ab und fixieren die Pumpe an der Aortawand.

## **Organe werden besser durchblutet**

Und so funktioniert: Aortix nimmt einen Teil des Blutes auf und gibt ihn als Strahl durch stromab gerichtete Öffnungen wieder ab. Der Strahl fliesst im natürlichen Blutstrom mit und überträgt dabei seine Energie an das kardiovaskuläre System. Damit verbessert Aortix die Blutversorgung lebenswichtiger Organe wie der Nieren. In einem Modell für chronisches Herzversagen liess sich der Energieverbrauch des Herzens durch Aortix um 39 Prozent senken. Damit beschleunigt die Pumpe den Rehabilitations- und Erholungsprozess bei Herzpatienten entscheidend.

Über zwei Jahre hinweg entwickelten Procyrion und maxon einen Motor für diese einzigartige und anspruchsvolle Anwendung. Als Grundlage diente ein bürstenloser



Die Minipumpe verankert sich in der Aorta.

EC6-Motor. Dieser erhielt einen hocheffizienten Motorkern, mit dem sich die Lebensdauer der Batterie verlängert und die Wärmeentwicklung reduziert.

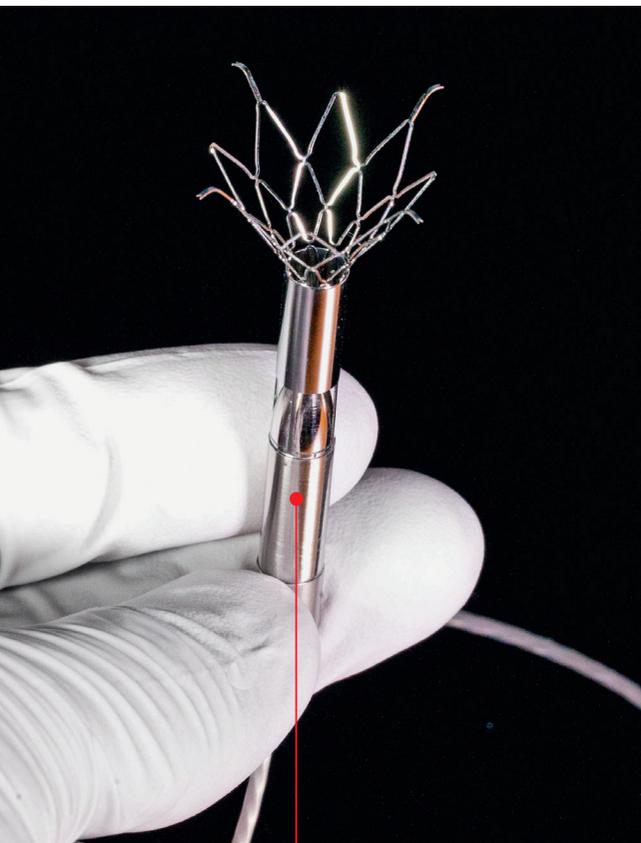
### Technologie aus Erdölförderung auf Herzanwendung übertragen

Zusätzlich entstand in enger Kooperation zwischen maxon und Procyrion ein Magnetantrieb, der die Umschalung des Motors in einer hermetisch abgedichteten Kammer ermöglicht. Das verhindert das Eindringen von Blut in den Motorkern. Diese Bauweise findet sich üblicherweise in riesigen Pumpen zur Erdölförderung. Weil die Ingenieure von maxon über einen umfassenden, branchenübergreifenden Erfahrungsschatz verfügen, konnten sie das Team von Procyrion bei der Übertragung dieser Technologie auf die Herzpumpe beraten und unterstützen.

Jedes Aortix-Gerät ist mit einem Stromkabel verbunden, das durch einen Tunnel zu einem Ausgang geführt wird. Alternativ ist mit einem Akku-Implantat eine drahtlose Energieübertragung über die Haut möglich (transkutan). Derzeit läuft das Gerät über acht Stunden mit einem einzigen Akku. Der externe Akku und die Steuereinheit können im laufenden Betrieb ausgetauscht werden. Das Team von Procyrion hat zudem ein Ladesystem für die transkutane Energieübertragung entwickelt, welches den Akku durch die Haut hindurch lädt. Diese Konstruktion verringert das Infektionsrisiko deutlich.

**Mit Aortix reduziert sich der Energieverbrauch des Herzens um 39 Prozent.**

Herkömmliche Geräte ersetzen die Herzfunktion komplett, sodass ein Ausfall tödlich enden kann. Da Aortix die Herztätigkeit unterstützt, ohne den natürlichen Blutfluss zu behindern, besteht bei einem Geräteversagen keine Lebensgefahr für den Patienten. Das Gerät kann zudem problemlos ausgetauscht werden.



Die Herzpumpe ist gerade mal 6 Millimeter dick und 6,5 Zentimeter lang.



**maxon EC 6**  
Ø 6 mm, bürstenlos

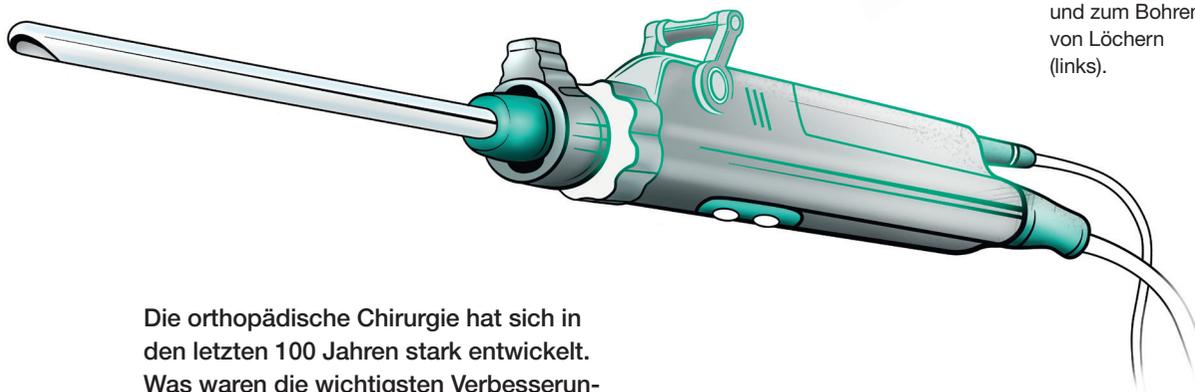
**Klein und kräftig**  
Der bürstenlose DC-Motor ist der zweitkleinste Antrieb in der maxon Familie.

# «Die Betriebsbedingungen für die Motoren sind brutal»

Gleichstrommotoren findet man in jedem Operationsaal, und sie müssen höchsten Qualitätsansprüchen genügen. Doch was genau bedeutet das? Wir fragen Anthony Mayr, Senior Project Leader bei maxon motor.



Chirurgische Handwerkzeuge dienen etwa zum Entfernen von Gewebe und Knorpel (unten) und zum Bohren von Löchern (links).



Die orthopädische Chirurgie hat sich in den letzten 100 Jahren stark entwickelt. Was waren die wichtigsten Verbesserungen in diesem Zeitraum?

Vor 1900 war die orthopädische Chirurgie sehr beschränkt und konzentrierte sich fast ausschliesslich auf angeborene Schäden bei Kindern. Dies änderte sich einige Jahre später wegen technologischer Entwicklungen während des Krieges. Mit der steigenden Anzahl und Komplexität der orthopädischen Operationen entstand ein Bedarf an Instrumenten,

«Die Antriebe müssen sehr starken Vibrationen standhalten.»

Anthony Mayr

mit denen sich diese Operationen schneller und effizienter durchführen lassen. Werkzeuge wie Sägen, Handbohrer und Feilen wurden nach und nach mit pneumatischen Antrieben aufgerüstet, wodurch Chirurgen ungeahnte neue Möglichkeiten erhielten.

Später kam es dank einiger Innovationen im Bereich der Elektromotoren (geräuscharm, höheres Drehmoment, einfachere Steuerung)

zu einem Übergang von pneumatischen zu elektrisch angetriebenen Geräten – ein typisches Phänomen, das auch in anderen Industriezweigen zu beobachten war.

**Orthopädische Chirurgie und eine Verbesserung der Lebensqualität gehen Hand in Hand – würden Sie zustimmen?**

Absolut. Ein Beispiel ist die Notfall- oder Traumachirurgie. Chirurgen können heute selbst schwerste Verletzungen reparieren und rekonstruieren – sogar Verletzungen, die früher zu einer Amputation der betroffenen Gliedmasse geführt hätten. Moderne orthopädische Verfahren und Werkzeuge zielen darauf ab, Eingriffe weniger invasiv zu machen. So werden Gewebeschäden und postoperative Schmerzen minimiert und die Heilungszeit verkürzt.



**Anthony Mayr** erlangte die Doktorwürde im Fach Werkstofftechnik an der Monash University in Melbourne, Australien. Er arbeitet als Senior Project Leader bei maxon und ist auf die Entwicklung kundenspezifischer Antriebssysteme für die Medizintechnik spezialisiert.

**Medizintechnische Produkte unterliegen strengen Vorschriften. Erschwert das die Entwicklung solcher Produkte?**

Es stimmt, dass medizinische Normen sehr streng sind. Angesichts der Bedeutung eines Menschenlebens sind derartige Anforderungen aber schlicht unverzichtbar. Glücklicherweise haben wir grosse Erfahrung in der Entwicklung medizinischer Produkte und ein klares Verständnis für die Wünsche unserer Kunden. Das ermöglicht uns, massgeschneiderte, innovative Lösungen anzubieten, welche die strengen Kundenanforderungen erfüllen und sogar noch übertreffen. Die enge Zusammenarbeit mit unseren Kunden für die Erreichung ihrer Ziele ist eine der grossen Herausforderungen in meiner Arbeit als Project Leader, macht aber auch ungemein Spass.

**Wie sehen Sie die Entwicklung der Medizintechnik in der Zukunft?**

Die Systeme werden kleiner, leichter und stärker. Dies gilt auch für Elektromotoren in der orthopädischen Chirurgie, wo kompaktere, leise und leistungsstarke Werkzeuge invasive Eingriffe noch genauer und effektiver machen. Was die Zukunft chirurgischer Verfahren angeht, so werden sich robotisierte und computergestützte Verfahren weiterentwickeln und verbreiten. Die Vorzüge solcher Systeme sind beeindruckend: Miniaturisierte Präzisionsverfahren mit immer kleineren Einschnitten und weniger Gewebetrauma ermöglichen schnellere, kürzere und günstigere Heilungsprozesse. Ein weiterer grosser Pluspunkt ist, dass der Chirurg nicht im gleichen Raum sein muss wie der Patient. Dies eröffnet eine Ära vollkommen neuer Möglichkeiten für ferngesteuerte Chirurgie.

In jedem Fall ist es das wichtigste Ziel von Chirurgen, ihre Patienten so schnell wie möglich wieder auf die Beine zu bekommen, damit deren Lebensqualität so hoch wie vor der Operation wird – oder höher. Wir sind stolz, Chirurgen weltweit bei der Erreichung dieses Ziels zu unterstützen. ■■■

**Was sind die Herausforderungen für maxon im Bereich der Medizintechnik, insbesondere bei Motoren in chirurgischen Anwendungen?**

Die Betriebsbedingungen für Motoren in chirurgischen Handwerkzeugen sind brutal. Die Antriebe müssen wegen verschiedener oszillierender Prozesse (Sägen, Bohren, Aufweiten) sehr starken Vibrationen standhalten. Hinzu kommen hohe Temperaturen in Überlastzuständen (entweder Drehmoment oder Drehzahl) sowie der Kontakt mit Feuchtigkeit und alkalischen Lösungen wegen der strengen Sterilisierungs- und Reinigungsanforderungen. Ich habe das Glück, dass unsere maxon Motoren und Getriebe unter all diesen Bedingungen hervorragend funktionieren. Das macht meine Arbeit um einiges leichter!

**Sie erwähnen die Sterilisierung. Warum ist das so wichtig?**

Wie alle Instrumente, die während einer Operation mit dem Patienten in Kontakt kommen, müssen auch elektrische OP-Werkzeuge steril sein. Im Normalfall findet die Sterilisierung mit Dampf statt. Hierbei wird das Gerät für 20 Minuten bei 2,3 bar und 100 Prozent Luftfeuchte auf 134 Grad erhitzt. Das stellt eine grosse Herausforderung für die elektrischen Komponenten dar. Motoren in chirurgischen Werkzeugen sind da keine Ausnahme. Aktuelle Tests zeigen jedoch, dass sorgfältige Materialauswahl und der Schutz kritischer Komponenten – etwa durch hermetisch versiegelte Rotoren – Motoren ermöglichen, die mehr als 2000 Dampfzyklen in der Autoklave überstehen.

# Gestochen Schön

Die Tattoo-Szene wird von jungen Künstlern geprägt, die mit alten Klischees wenig gemein haben. Sie kreieren wahre Meisterwerke und greifen dabei auf neuste Technik zurück. Und alle kennen sie den «Swiss Motor» von maxon.

**D**ie Zeit der Rocker und Seefahrer ist definitiv vorbei. Die Tattoo-Szene hat sich in den letzten Jahren entwickelt – weg von dunklen Kammern, wo stämmige Männer mit Bart sitzen und Herzen in Oberarme stechen, hin zu hellen Studios, in denen junge und talentierte Künstler wirken. So wie die Schweizerin Alena Lizier, die mit 24 Jahren schon Besitzerin eines Tattoo-Studios in St. Gallen ist. «Bitte zieht die Schuhe aus, wenn ihr reinkommt», sagt sie an die Besucher gewandt. Hygiene muss sein.

«Ich kann täglich meine Kunst mit Menschen verbinden.»

Alena Lizier, Tattoo-Künstlerin

Im Studio von Alena Lizier regiert der Kitsch. Überall findet man bunte Dekorationsgegenstände, wie etwa eine alte silberne Kasse, eine grosse Maria-Statue oder ein goldenes Sofa mit blauem Samtbezug. Die grossen Fenster geben den Blick auf die Stadt frei. Alle kommen sie hierher – vom Polizisten über die Coiffeuse bis zum Banker. Tattoos sind salonfähig geworden, gelten als hip und cool. Popstars und Fussballer haben es vorgemacht, und die grosse Masse ist ihnen gefolgt. Alena Lizier hat nichts dagegen. Sie ist Teil einer

neuen Tattoo-Ära, in der die Zeichnungen filigraner und detailgetreuer sind als früher – und deutlich stärker an Kunstwerke erinnern. Das liegt auch an der heutigen Technik. Die ursprünglich verwendeten Spulenmaschinen werden immer mehr durch Rotary-Geräte ersetzt, die kleine Elektromotoren antreiben. Mit ihnen ist es einfacher, feine Linien zu zeichnen. Zudem sind sie leichter und viel leiser als ihre Vorgänger. Motoren von maxon setzen dabei Standards. Weltweit weisen Hersteller von Tattoo-Maschinen in den Produktedaten auf den «Swiss Motor» von maxon hin. Dieser steht für Langlebigkeit und Zuverlässigkeit. Denn Tätowierer arbeiten täglich mit ihren Werkzeugen und verlangen, dass diese über Jahre hinweg einwandfrei ihren Dienst verrichten.

## maxon Motoren machen den Unterschied

Enrico Friedli von Swisstattoomachine erkannte als einer der Ersten der Branche, dass maxon Motoren erhebliche Vorteile bieten. Seit 1998 sind seine Tattoo-Maschinen auf dem Markt und haben inzwischen einen grossen



### **Robust und langlebig**

Für die weltweit erste kabellose Tattoo-Maschine setzt Swisstattoomachine auf den RE-13-Motor von maxon mit 2,5 Watt. Der Antrieb ist mit Edelmetallbürsten ausgerüstet und besticht durch seine Energieeffizienz und Dynamik. Wie alle Motoren der RE-Reihe verfügt er über einen eisenlosen Rotor (kein Rastmoment) und ist mit starken Permanentmagneten (Rare Earth) bestückt. Dadurch erreicht er einen Leistungsgrad von über 90 Prozent.



**maxon RE 13**  
Ø 13 mm, Edelmetall-  
bürsten, 2,5 Watt

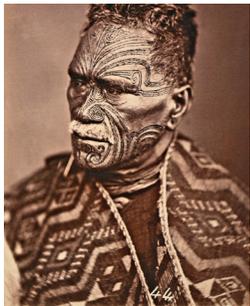
Alena Lizier absolvierte die Grafikfachklasse der Kunstgewerbeschule und bildete sich zur Typografischen Gestalterin weiter.



Alena Lizier in ihrem Studio (links) und Enrico Friedli, Geschäftsführer von Swisstattoomachine, in seiner Werkstatt.

### Tattoos – eine tausend-jährige Tradition

Forscher haben an 7000 Jahre alten Mumien in Chile Zeichen entdeckt, die mit Werkzeugen unter die Haut gebracht wurden. Auch in Ägypten und Polynesien waren Tattoos schon früh verbreitet. Meist kam ihnen eine rituelle Bedeutung zu. Später brachten Seefahrer Tattoos nach Europa.



Bekanntheitsgrad erreicht. Friedli setzte von Anfang an auf Qualitätsmotoren von maxon, was sich bewährte. Er sagt: «Der Motor machte den grossen Unterschied zu den Maschinen anderer Hersteller. Damit konnten wir uns von der Konkurrenz abheben.» Noch heute schicken ihm Kunden Geräte der ersten Stunde, die nur eine kleine Revision benötigen und dann wieder ins Studio zurückkehren.

Swisstattoomachine liefert Geräte in die ganze Welt, von China bis in die USA. Und auch wenn viele andere Hersteller inzwischen ebenfalls auf maxon Motoren setzen, sticht Enrico Friedli noch immer aus der Masse hervor. Nach einer Entwicklungszeit von dreieinhalb Jahren brachte er diesen Sommer die erste akkubetriebene Tattoo-Maschine auf den Markt. Eine Neuheit, die für Furore sorgt und lange erwartet wurde. Die «Unchained» ist mit einem RE13-Motor von maxon ausgestattet. Dieser DC-Antrieb mit Edelmetallbürsten weist eine Leistung von 2,5 Watt auf und ist dank seiner Energieeffizienz perfekt für den Akku-Betrieb geeignet. Zudem ist er geräuscharm und vibriert kaum. Und: Er ist leicht, was bei Tattoo-Maschinen sehr wichtig ist, hält sie der Künstler doch oftmals mehrere Stunden in der Hand. Mit 140 Gramm ist die «Unchained» nur gerade 20 Gramm schwerer als ihre Vorgängerin

«Heidi» mit Kabel. Die Anzahl der Stiche pro Minute lässt sich am Gerät einstellen und reicht von 3000 bis 6000.

### Mehr Bewegungsfreiheit für Tattoo-Künstler

Als Alena Lizier die neue Maschine zum ersten Mal in die Hand nimmt, ist sie begeistert.

«Toll! Ich habe viel mehr Bewegungsfreiheit und muss nicht ständig darauf achten, ob mir das Kabel in die Quere kommt.» Auch bezüglich Hygiene ist dies ein Vorteil, schliesslich muss das Kabel einer Tattoo-Maschine vor jedem Arbeitsgang in einen Plastikschlauch gewickelt werden. Die Tattoo-Künstlerin wendet sich wieder ihrem Kunden zu, auf dessen Bein sie gerade ein Bild vervollständigt. Sie tunkt die Nadel in die schwarze Tinte und zeichnet sorgfältig eine feine Linie. Die Farbe wird mit der Nadel in die mittlere Hautschicht getragen, wo sie für den Rest des Lebens bleibt – hoffentlich zur vollen Zufriedenheit der Beteiligten. Alena Lizier jedenfalls hat ihren Traumberuf gefunden: «Ich kann täglich meine Kunst mit Menschen verbinden. Was gibt es Schöneres?»

**«Mit dem Motor konnten wir uns von der Konkurrenz abheben.»**

Enrico Friedli, Swisstattoomachine

# «Wir hatten einfach den besten Motor»

**Immer mehr Tattoo-Maschinen laufen mit Elektromotoren. Auch jene des Schweizer Herstellers Swisstattoomachine. Mit einer Innovation will er nun seine Spitzenposition auf dem weltweiten Markt festigen.**

**Enrico Friedli, seit 1998 produziert Swisstattoomachine eigene Tattoo-Maschinen mit maxon Motoren. Was hat sich in dieser Zeit verändert?**

Nun, wir bauen unsere Maschinen nach wie vor in Handarbeit. «Heidi», unser Original, ist immer noch ein begehrtes Produkt. Aber die Tattoo-Szene hat sich stark verändert. Vor zwanzig Jahren hatten Tätowierungen nicht den besten Ruf. Inzwischen sind sie mitten in der Gesellschaft angekommen. Das hat sicher auch damit zu tun, dass die Szene professioneller geworden ist und junge, talentierte Leute aus der Kunstszene das Ruder übernommen haben.

**Wer kauft Ihre Maschinen, und wohin liefern Sie?**

Unsere Produkte werden vor allem von der jüngeren Generation der Tätowierer bevorzugt. Unsere Kunden sind dabei auf der ganzen Welt zu Hause. Ob Europa, USA, China oder Russland – wir beliefern alle Märkte.

**Tattoo-Maschinen mit Elektromotoren sind stark auf dem Vormarsch. Was haben sie den früheren elektromagnetischen Spulenmodellen voraus?**

Sie sind viel leiser und vibrationsärmer als die Spulengeräte. Deshalb sind sie bei Geräten, die für Konturen und Schwarzzeichnungen verwendet werden, kaum zu toppen. Zudem laufen sie zuverlässig, sind langlebig und dabei pflegeleicht. Trotzdem werden Spulengeräte wohl immer Abnehmer finden, und sei es aus reiner Nostalgie, ähnlich wie bei Schallplatten.

**Welche Rolle spielt der Elektromotor bei einer Tattoo-Maschine?**

Ein qualitativ hochstehender Motor ist sehr wichtig. Er muss konstant laufen, effizient sein und leise. Aber vor allem leicht. Schliesslich ist das Gewicht ein entscheidender Faktor bei Tattoo-Maschinen. Weil wir von Anfang an auf maxon Motoren gesetzt hatten, konnten wir uns sofort von der Konkurrenz abheben. Wir hatten einfach den besten Motor.

**Mit Ihrem neuen Produkt, einer kabellosen Tattoo-Maschine, gehen Sie ganz neue Wege. Wie kam es dazu?**

Diese Entwicklung war ein naheliegender Schritt, den ich schon lange im Kopf hatte. Aber für die Realisation braucht es halt eine gewisse Investition – und Durchhaltewillen. Ich rechnete mit einer Entwicklungszeit von zwei Jahren. Am Ende sind es dreieinhalb geworden. Dafür bin ich jetzt umso glücklicher, die Neuheit den Kunden präsentieren zu können.

**Wie beurteilen Sie die Zusammenarbeit mit maxon motor?**

Die Leute bei maxon haben uns immer toll unterstützt und uns geholfen, die DC-Motoren an unsere Bedürfnisse anzupassen. Im Entwicklungsbereich ist die Zusammenarbeit einfach top! Das war auch schon so, als wir erst ein paar wenige Motoren benötigten.

**In welche Richtung geht die Entwicklung bei Tattoo-Maschinen?**

Die Maschinen werden künftig noch kleiner, bis sie wohl nur noch die Grösse eines Bleistifts haben. Das setzt aber voraus, dass man die Steuerung auslagert. Ich kann mir gut vorstellen, dass die Tätowierer in Zukunft ihr Smartphone nutzen, um bei ihrem Gerät die gewünschte Anzahl Stiche pro Minute einzustellen. ■■■■



Der 55-jährige Enrico Friedli kam zufällig in die Tattoo-Szene, als er 1998 vorübergehend in den USA lebte und dort seinen Landsmann Pele Brunner kennenlernte. Dieser war Tätowierer und entwickelte für sich und seine Freunde eine eigene Tattoo-Maschine. Für einen grösseren Vertrieb fehlte ihm aber die Zeit. Enrico Friedli übernahm daraufhin das Geschäft und begann, die Maschinen kommerziell herzustellen und zu vertreiben.

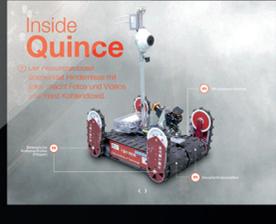
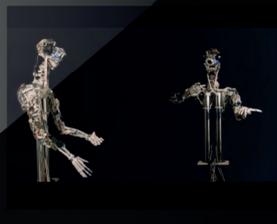
# Das Magazin von maxon motor

# driven

Antriebstechnik in all ihren Facetten, multi-medial und interaktiv: Die Tablet-Ausgaben von driven gibt es kostenlos im Apple App Store und im Google Play Store.

Mehr Infos unter: [magazin.maxonmotor.ch](http://magazin.maxonmotor.ch)





Gewinnen Sie eine Fitness-Challenge Disc

# Was halten Sie von **driven**?



Sie lesen bereits die sechste Ausgabe des Kundenmagazins von maxon motor. Gefällt es Ihnen?



Machen Sie bei unserer kurzen Umfrage (8 Fragen) mit und nehmen Sie automatisch am Gewinnspiel teil. Teilnahmechluss ist der 31. Dezember 2014. Den Link zur Umfrage finden Sie unter: [magazin.maxonmotor.ch](http://magazin.maxonmotor.ch)



# Der grosse Weltraum-Frühlingsputz

Sie dienen der Kommunikation, Wettervorhersage oder Forschung. Satelliten machen unser Leben besser. Doch es gibt bald zu viele von ihnen, und eine Entsorgung ist schwierig. Möglich, dass sie in Zukunft einfach davONSEGeln.

**3000 t**

Schrott schwirren laut  
Schätzungen um die Erde



**1300**

aktive Satelliten finden  
sich im Erdorbit

**29 000**

dieser Schrottteile sind grösser als  
zehn Zentimeter

Im All wirds eng. Immer mehr Satelliten bewegen sich in der erdnahen Umlaufbahn. Hinzu kommen tausende Trümmerteile von ausgedienten Vorgängern oder Raketen. Die Gefahr von Kollisionen und damit von Schäden in Millionenhöhe nimmt rapide zu. Kein Wunder, hat sich die Europäische Weltraumbehörde ESA an einer Konferenz über Weltraumschrott das Ziel gesetzt, Trümmer vom Himmel zu holen und Forschungen auf dem Gebiet des Deorbiting (das Zurückholen eines Objekts aus seiner Umlaufbahn) von Satelliten zu unterstützen.

Eine mögliche Lösung kommt aus Grossbritannien vom Zentrum für Weltraumwissenschaften an der Universität von Surrey (SSC). Die Idee ist simpel: Grosse Segel sollen Satelliten künftig nach dem Ende ihrer Mission innerhalb von 25 Jahren Richtung Erde ziehen, wo sie verglühen. Das Segel nutzt dabei den Widerstand der restlichen Atmosphäre, der in bis zu 600 Kilometern Höhe vorhanden ist.

### Karbonausleger stabilisieren Segel

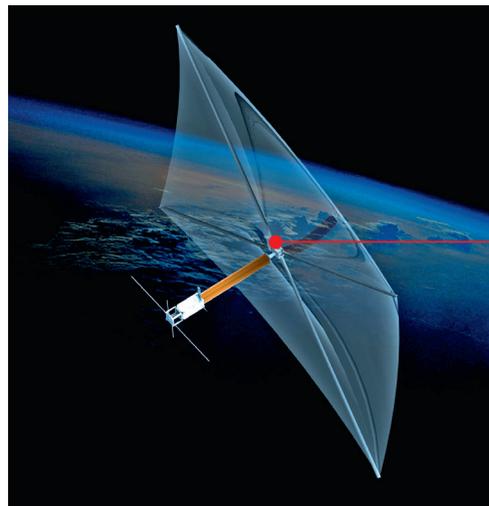
Das in Surrey entwickelte Segel namens Inflatesail ist fünf auf fünf Meter gross und besteht aus einer Hochleistungs-Kunststofffolie. Das Segelmodul ist kleiner als eine Schuhkarton und wiegt nur zwei Kilogramm. Doch die Technik muss nicht nur leicht sein, sondern auch günstig und vor allem robust. Schliesslich ist sie nicht Teil des eigentlichen Missionsziels des Satelliten. Erst wenn dieser seinen Geist aufgibt – also nach zehn bis zwanzig Jahren –, kommt das Inflatesail zum Zug. Dann passiert Folgendes: Zuerst entfaltet sich ein kleiner aufblasbarer Mast. Danach wird das Segel mittels vier Karbonauslegern ausgefahren, die für Stabilität sorgen. Einmal entfaltet, zieht das Segel den Satelliten nach und nach näher zur Erde, bis dieser abstürzt und in der Atmosphäre verglüht. Mit dieser Technik, so glauben die Ingenieure, können bis zu 700 Kilogramm schwere Objekte vom Himmel geholt werden.

### Langjährige Erfahrung im Weltall

Für die Entfaltung zuständig ist ein bürstenloser EC-max-Motor von maxon. Kombiniert wird er mit einem GP-16-Planetengetriebe, welches mit Keramikkomponenten bestückt ist, um eine längere Lebensdauer und einen

hohen Korrosionsschutz zu gewährleisten. Der Antrieb mit einem Durchmesser von 16 Millimetern genügt höchsten Ansprüchen und funktioniert auch im All. maxon motor nutzt hier seine jahrelange Erfahrung in der Luft- und Raumfahrt, etwa bei den Marsmissionen oder dem SpaceX-Programm.

Andrew Viquerat, Forschungsbeauftragter bei SSC, sagt dazu: «Wir arbeiten seit Jahren mit maxon motor zusammen und werden es auch weiterhin tun – alleine schon wegen der



Das Inflatesail zieht den Satelliten näher zur Erde, bis er schliesslich verglüht.

Zuverlässigkeit der Produkte. Zudem sind die Leute bei maxon immer interessiert und hilfsbereit, auch wenn einige unserer Wünsche recht aussergewöhnlich sind.»

### Erster Test im nächsten Jahr

Bald schon wird sich zeigen, ob das Inflatesail den Praxistest besteht. Im nächsten Jahr soll es als Teil des QB50-Nanosatelliten-Projekts in den Weltall geschossen werden. Dort dient das Segel zuerst als Antrieb und bringt den Satelliten mit Hilfe der Sonnenwinde vorwärts. Erst nach einem Jahr wird das Manöver eingeleitet, das zum sicheren Absturz und Verglühen führen soll. Ein Erfolg der Mission könnte zur baldigen kommerziellen Nutzung der Entwicklung führen und somit helfen, den Himmel hoch über uns sauber zu halten. ■■■

**maxon GP 16 C**  
16 mm, keramikverstärkt



**maxon EC-max 16**  
16 mm, bürstenloser DC-Motor



### Effizient und kostengünstig

Der maxon EC-max 16 ist ein hochstehender bürstenloser Antrieb und besticht durch sein hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis. Der Motor hat ein stabiles Stahlgehäuse und einen rotierenden Permanentmagneten aus Neodym. Das kompakte Planetengetriebe GP 16 eignet sich besonders für die Übertragung hoher Drehmomente. Durch die Bestückung mit Keramikkomponenten hat das Getriebe eine besonders lange Lebensdauer.

Fachartikelserie, Teil 2

# Energieeffizienz bei Kleinstantrieben

## Ansteuerung und Mechanik

Um Kleinmotoren energieeffizient anzutreiben, braucht es nicht nur eine geeignete Ansteuerung. Auch eine effiziente Mechanik ist wichtig, damit die Verlustleistung tief bleibt.

Von Jan Braun



**Jan Braun** studierte Elektrotechnik an der Fachhochschule in Biel (CH). Seine berufliche Laufbahn begann er mit der Programmierung und Inbetriebnahme von Achterbahnen und grossen Antrieben im Kilowattbereich. Seit elf Jahren beschäftigt er sich bei der maxon motor ag mit Kleinstantrieben. Er betreute im Verkauf als technischer Sales Supporter Deutschland und die nordeuropäischen Länder und führt nun technische Schulungen für die weltweite Verkaufsorganisation sowie Kundenseminare durch.

maxon motor ag,  
Schweiz, academy@  
maxonmotor.com

Im ersten Teil des Fachberichts über Kleinstantriebe habe ich den Fokus auf die Motoren gelegt (siehe Ausgabe 1/14 von driven). Wie verhalten sich ihre Verluste im Leerlauf- oder im Stillstandbereich? Wie lege ich die Wicklung optimal aus, damit sie wenig Strom konsumiert und der Akku möglichst lange hält? Jetzt, im zweiten Teil, beschreibe ich detailliert, wieso auch die geeignete Ansteuerung von Motoren und eine effiziente Mechanik wichtig für den Energieverbrauch eines Antriebs sind und welche Massnahmen zur Reduktion der Erwärmung getroffen werden können.

### Die geeignete Ansteuerung

Bürstenbehaftete DC-Motoren benötigen lediglich eine Ansteuerungselektronik, wenn

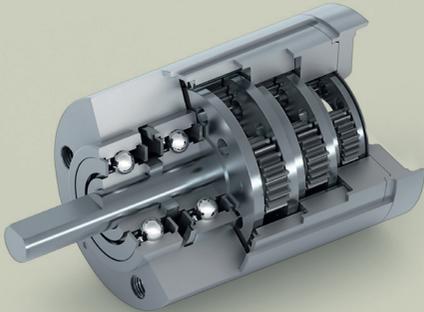
deren Strom, Drehzahl oder Position geregelt werden soll. Bei bürstenlosen DC-Motoren (EC-Motoren) übernimmt die Ansteuerung primär deren Kommutierung und bei Bedarf eine Strom-, Drehzahl- oder Positionsregelung. Die Verlustleistung der Ansteuerungselektronik ist von der Art der Endstufe abhängig und durch Durchgangsverluste sowie Eigenverbrauch bestimmt.

### Regler mit linearer Endstufe

Bei Reglern mit linearer Endstufe wird die Drehzahl über die Motorspannung mittels Spannungsteiler-Prinzip geregelt. Hierfür wird dem Motor ein veränderlicher Widerstand vorgeschaltet. Die einfache Ansteuerung, der preisgünstige Aufbau und keine elektroma-

Bei chirurgischen Werkzeugen sind Ausdauer und Zuverlässigkeit von Kleinstantrieben besonders wichtig.





Ein konfigurierbares GPX-Planetengetriebe von maxon motor.

gnetischen Störungen sind bezeichnend für lineare Regler, die bei bürstenbehafteten DC-Motoren verwendet werden. Der Eigenverbrauch ist abhängig vom Prozessor und in der Regel sehr klein – typischerweise bei etwa 1 W, ohne weitere Hilfsspannungsverbraucher wie zusätzliche Ein- und Ausgänge. Die Durchgangsverluste sind jedoch nicht zu unterschätzen. Dabei handelt es sich um Ohm'sche Verluste im veränderlichen Vorwiderstand, in Sicherungen, MOSFETs und Mess-Shunts. Diese können vor allem bei grossen Strömen oder kleinen Motorspannungen (kleine erforderliche Drehzahlen) sehr gross sein. Berechnet werden sie gemäss der Formel

$$P_{V_{Cu}} = R \cdot I^2$$

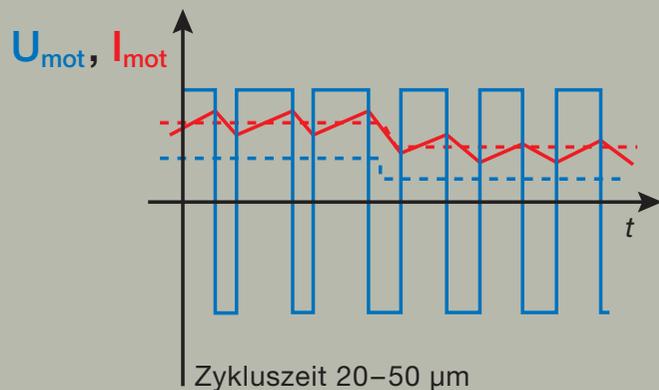
Dies ist auch der Grund, warum lineare Regler nur für kleinere Leistungen bis 100 Watt geeignet sind und heute kaum mehr zum Einsatz kommen.

### Die getaktete Endstufe

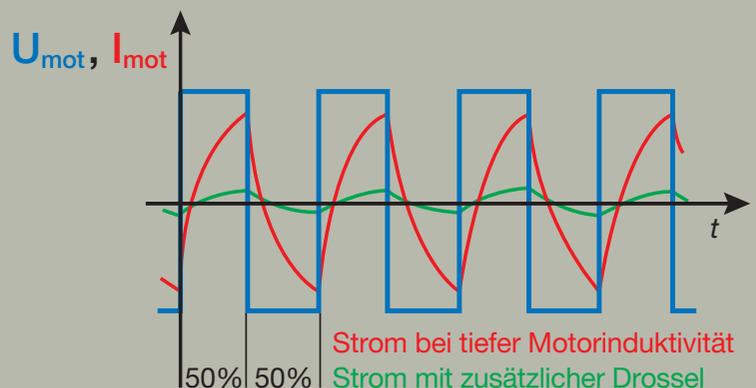
Die meisten Regler, egal ob für DC- oder EC-Motoren, werden mit getakteter Endstufe ausgeführt. Typische Wirkungsgrade für getaktete Regler liegen bei 90 bis 98 Prozent. Hier wird die am Motor anliegende Spannung sehr schnell mit Taktfrequenzen von typisch 20 bis 60 kHz zwischen zwei oder drei Niveaus (üblicherweise +VCC, 0 und -VCC) geschaltet. Aufgrund seiner vergleichsweise grossen mechanischen Zeitkonstante wirkt für den Motor dabei nur eine mittlere Spannung, die durch Ändern der relativen Dauer der Spannungs-

### 2-Niveau-PWM

Spannungs- und Stromverlauf. Gestrichelt sind die Mittelwerte von Strom und Spannung dargestellt.



Reduktion des Stromrippels durch die Verwendung einer Zusatzdrossel.





In vielen medizinischen Anwendungen wie der Alfapump, die Flüssigkeit aus der Bauchhöhle pumpt, sitzen Kleinantriebe von maxon motor.

niveaus eingestellt wird (Pulsweitenmodulation PWM). Der Hauptvorteil der Pulsweitenmodulation liegt darin, dass die Verluste sehr klein gehalten werden können. Diese setzen sich aus den Durchgangsverlusten (Ohm'sche Verluste in Sicherungen, MOSFETs und Mess-Shunts), dem Eigenverbrauch (abhängig vom Prozessor, typisch 1 W, ohne zusätzliche Hilfsspannungsverbraucher) und den Schaltverlusten (Freilaufdioden etc.) zusammen. Der Regler braucht dank der geringen Verluste keine aufwändige Kühlung und kann entsprechend klein gestaltet werden. Messungen zeigen, dass der Wirkungsgrad eines Reglers bei einer bestimmten Drehzahl in einem grossen Bereich unabhängig von der Belastung ist. Wie bei den Motoren nimmt auch bei PWM-Reglern der Wirkungsgrad mit steigender Drehzahl – was einer steigenden Ausgangsspannung entspricht – zu.

#### Motordrossel als Mittel gegen die Erwärmung

Bei Motoren mit sehr kleiner Induktivität, wie den Motoren ohne Eisenkern, reagiert

der Strom sehr schnell. Innerhalb eines PWM-Taktes können grosse Stromausschläge auftreten, und der resultierende hohe (quadratische) Effektivwert heizt den Motor stark auf. Um den Motor zu schützen und zu verhindern, dass die Effizienzsteigerung des Reglers auf Kosten des Motors geht, benötigt man eine zusätzliche Induktivität. Diese sogenannte Drossel wird in Serie zum Motor geschaltet und dämpft die Stromausschläge. Das Verhalten des Motors ändert sich nicht, da das erzeugte Drehmoment des Motors proportional zum arithmetischen Mittel des Stroms ist. Ein weiterer positiver Effekt der Zusatzinduktivität ist eine verbesserte Stabilität des Stromreglers. Aus diesen Gründen haben die meisten maxon Regler eingebaute Motordrosseln, sodass sich zusätzliche Induktivitäten erübrigen. Dies ist nicht notwendigerweise der Fall, wenn maxon Motoren mit anderen oder selbstgebaute getakteten Reglern betrieben werden.

Die Näherungsformel für die maximalen Stromausschläge  $\Delta I_{max}$  innerhalb eines 2-Niveau-PWM-Taktes ist:

$$\Delta I_{max} = \frac{V_{cc}}{4 \cdot f_S \cdot (L_{mot} + L_{choke})}$$

Die Stromausschläge können durch die folgenden Massnahmen verkleinert werden:

- Verkleinern der Versorgungsspannung VCC, falls möglich.
- Erhöhung der PWM-Taktfrequenz  $f_{PWM}$  (mindestens 20 kHz, besser 50 kHz und höher). Von Taktfrequenzen unterhalb 10 kHz ist abzuraten.
- Wahl einer Wicklung mit möglichst grosser Induktivität oder Vergrössern der Induktivität durch eine zusätzliche Drossel  $L_{add}$  in Serie zum Motor.

#### Effiziente Mechanik bei Getrieben

Die typischen Wirkungsgrade bei Planetengetrieben liegen pro Stufe bei etwa 90 Prozent und bei Schneckengetrieben bei weniger als 40. Bei Spindelantrieben kommen die Kugelumlaufspindeln auf 80 bis 90 Prozent und Trapezspindeln auf lediglich 40. Bei Be-

trachtung der grossen Spanne der Wirkungsgradwerte versteht sich von selbst, dass die Auswahl einer effizienten Mechanik viel Einsparpotenzial für Verluste birgt. Diese entstehen durch die Reibung zwischen den Zähnen, in Lagern, an Scheiben und in Dichtungen sowie durch Walkverluste in Schmiermitteln. Für die Beschreibung der Verluste in mechanischen Antrieben oder Getrieben kann ein ähnliches Modell wie beim Motor angewendet werden. Es muss jedoch zwischen Leerlaufverlusten und lastabhängigen Verlusten unterschieden werden. In der Regel wird dies zum Gesamtwirkungsgrad und zu den Verlusten zusammengenommen.

### Geringe Belastung verschlechtert den Wirkungsgrad

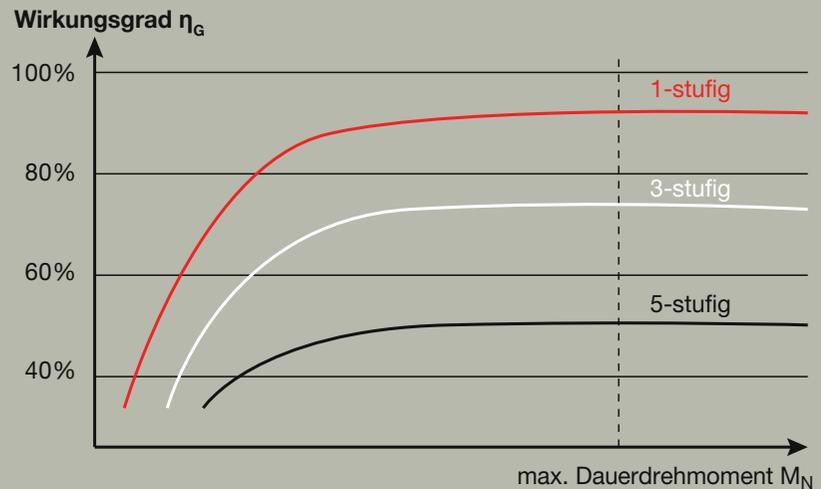
Messungen zeigen, dass der Wirkungsgrad eines bestimmten Getriebes in einem grossen Bereich unabhängig von der Belastung ist (siehe Grafik). Nur bei geringer Belastung werden die «Leerlauf»-Verluste relativ zum übertragenen Drehmoment bedeutend und verringern den Wirkungsgrad. Daraus lässt sich schliessen, dass Getriebe mit mindestens 50 Prozent des Dauermomentes belastet werden sollten, um einen anständigen Wirkungsgrad zu erreichen. Der Wirkungsgrad sollte in die Berechnungen des Motordrehmomentes miteinbezogen werden. Es ist eine gute und präzise Art und Weise, um die Verluste in Getrieben zu berücksichtigen.

### Fazit

Bei batteriebetriebenen Anwendungen wie motorisierten Golfcaddies, medizinischen Power Tools, Insulinpumpen oder Verpackungsmaschinen kommt es nicht nur auf eine hohe Energieeffizienz und somit kleine Verlustleistung an. Entscheidend sind vor allem die gute Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Spannung, ein möglichst geringer Stromverbrauch, geringe Erwärmung, hohe Leistungsdichte, eine geeignete Ansteuerung und eine effiziente Mechanik. Ziel ist somit, alle Antriebskomponenten optimal auszulegen, damit der Antrieb wenig Strom konsumiert, um eine möglichst lange Akkudauer zu erreichen. ■

### Verlustmodell im Motor

Die Grafik zeigt, wie Verluste im Motor entstehen.  
Annahme: Die Leistungsumwandlung selbst ist verlustfrei.



Der Servocontroller ESCON 50/5 von maxon motor.



# Hier kommt Bewegung ins Spiel

Im SMS Lab der ETH Zürich dreht sich alles um Bewegungsabläufe bei Menschen. Jetzt planen die Wissenschaftler einen Wettkampf mit elektromechanisch unterstützten Parathleten.



**Armroboter:** Motoren der RE-Reihe werden sowohl im Armroboter ARMin wie auch in der Kinderversion ChARMin (im Bild) verwendet. Jeder einzelne Motor ist für die Bewegung einer Achse zuständig. Als Beispiel seien hier die beiden RE-40-Antriebe von maxon genannt, welche die zwei Hauptachsen in der Kinderversion antreiben. Dank der patentierten eisenlosen Wicklung und des hochstehenden Magneten erreichen diese Motoren einen Wirkungsgrad von über 90 Prozent.

**M**aschinen, die den Menschen ihre Bewegungsfreiheit wiedergeben. Genau damit befassen sich die rund 30 Mitarbeiter des Labors für Sensomotorische Systeme (SMS Lab) der ETH Zürich in der Schweiz tagtäglich. Wer das Labor besucht, dem fallen mehrere spannende Geräte auf – unter anderem ein Armroboter namens ARMin, der über sieben Achsen beweglich ist und für die Therapie von Schlaganfall- und anderen neurologischen Patienten eingesetzt wird. Denn bei den betroffenen Personen sind wichtige Regionen im Gehirn oder Rückenmark beschädigt, was häufig zu Lähmungen führt. Das Gehirn hat sozusagen vergessen, wie es die Glieder bewegen kann. Also müssen die Patienten in einer langen Therapie diesen Prozess wieder erlernen, indem noch intakte Teile des Gehirns

diese Funktionen übernehmen. Und genau hier kommt ARMin ins Spiel.

## Virtuell ein Busticket lösen

Der Roboter führt die einzelnen Bewegungen zuerst alleine durch und unterstützt die Person, die ihn bedient, später nur noch punktuell. Alle Bewegungen werden auf einem Bildschirm angezeigt. Per Computersimulation kann der Patient ein Ticket an einem Automaten lösen oder Wasser in ein Glas gießen. Dieses spielerische Training hat einen äusserst positiven Effekt auf die Therapie, wie eine Studie kürzlich gezeigt hat. Zudem können die einzelnen Bewegungsabläufe mit dem Roboter öfters wiederholt werden als bei einer konventionellen Physiotherapie, da der Therapeut nicht so komplexe Bewegungen aus-

## Die sechs Disziplinen des Cybathlon



**Beinprothesen:**  
Hindernisparcours überwinden



**Armprothesen:**  
Bewegungsabläufe schnellstmöglich und effizient ausführen



**Exoskelett:**  
Hindernisparcours überwinden



**Power-Rollstuhl:**  
Hindernisparcours überwinden



**Hirn-Computer-Schnittstelle:**  
Einen Avatar mit den Gedanken steuern



**Liegerad:**  
Als komplett Gelähmter ein Radrennen allein mit elektrischer Muskelstimulation fahren

führen kann und ermüdet. «Gerade Patienten mit starken Lähmungserscheinungen machen mit dem Armroboter viel grössere Fortschritte als mit einer herkömmlichen Therapie», sagt Laborleiter Robert Riener. Doch sein Team ruht sich nicht auf dem Erfolg aus. Es hat bereits eine kleinere Version des Roboters entwickelt, speziell für die Therapie von Kindern: ChARMin. Die Forscher des ETH-Labors setzen beim kleinen wie beim grossen Armroboter auf maxon Antriebssysteme. In den aktuellen Versionen befinden sich jeweils sechs maxon DC-Motoren inklusive Getriebe und Encoder. Zum Einsatz kommen bürstenbehaftete Antriebe aus der RE-Reihe und ein DCX-Motor, der für sein sehr gutes GrössenLeistungs-Verhältnis bekannt ist.

### Schnittstelle Mensch-Maschine als Herausforderung

Ein weiteres Projekt des SMS Lab befasst sich damit, wie Personen, die ihr Bein verloren haben, mit einer aktiven Prothese wieder laufen können. Dafür haben die ETH-Leute einen Prototyp entwickelt, der sowohl von Patienten wie auch von ihnen selber getragen werden kann. Sie können dadurch selbst aufs Laufband steigen, um Tests durchzuführen. Ein leistungsstarker EC-4pole-30-Motor von maxon hilft, das Kniegelenk der Prothese zu beugen und zu strecken. Der 200 Watt starke Antrieb kann kurzfristig überlastet werden, was besonders beim Treppensteigen wichtig ist, da im Kniegelenk hohe Drehmomente wirken.

Power und Kraft machen aber noch keine perfekte Prothese. Die ETH-Forscher wollen herausfinden, wie eine Beinprothese am besten angesteuert wird, um die Gehfunktion optimal zu unterstützen. «Wie transportieren wir die Bewegungsintention des Patienten vom Körper zur Prothese, und wie kann der Träger über den Bewegungszustand der Prothese sensorisch informiert werden?» Das sind laut Professor Robert Riener die zentralen Fragen. Inzwischen sind die Entwickler so weit, vibrationstaktile Feedback-Signale an den Träger zu senden, damit dieser spürt, in welcher Position sich sein künstlicher Fuss befindet.

Die Wissenschaft steht hier erst am Anfang, und noch gibt es viele Herausforderungen. Wenn diese bewältigt werden, können Prothesenträger in Zukunft mit nur einem Gerät alle Bewegungsmuster wie Gehen, Treppensteigen oder Laufen durchführen. Einen

ersten Vorgeschmack darauf bietet der Cybathlon, der von Professor Riener ins Leben gerufen wurde und im Sommer 2016 stattfindet. Es handelt sich um einen Wettkampf, bei dem Personen mit Behinderungen mithilfe von technischen Mitteln gegeneinander antreten. Der Anlass soll Wissenschaftler weltweit ansprechen, auf den Gebieten der Sensomotorik, der Prothesen und der Robotik weiterzukommen. Das Ziel dieser Anstrengungen ist klar: Menschen mit Behinderungen sollen Geräte mit besseren Bewegungsfunktionen erhalten. Das erhöht nicht nur deren generelle Lebensqualität, sondern auch die Akzeptanz neuer Technologien. ■■■



**Knieprothese:** Wenn richtig grosse Leistungen gefragt sind, wie bei der Knieprothese der ETH, kommt der EC-4pole 30 zum Einsatz. Dank seiner zwei Polpaare erreicht er eine extrem hohe Leistungsdichte und ein beachtliches Nenn Drehmoment. Zudem ist der Motor hart im Nehmen, er darf kurzzeitig überlastet werden.



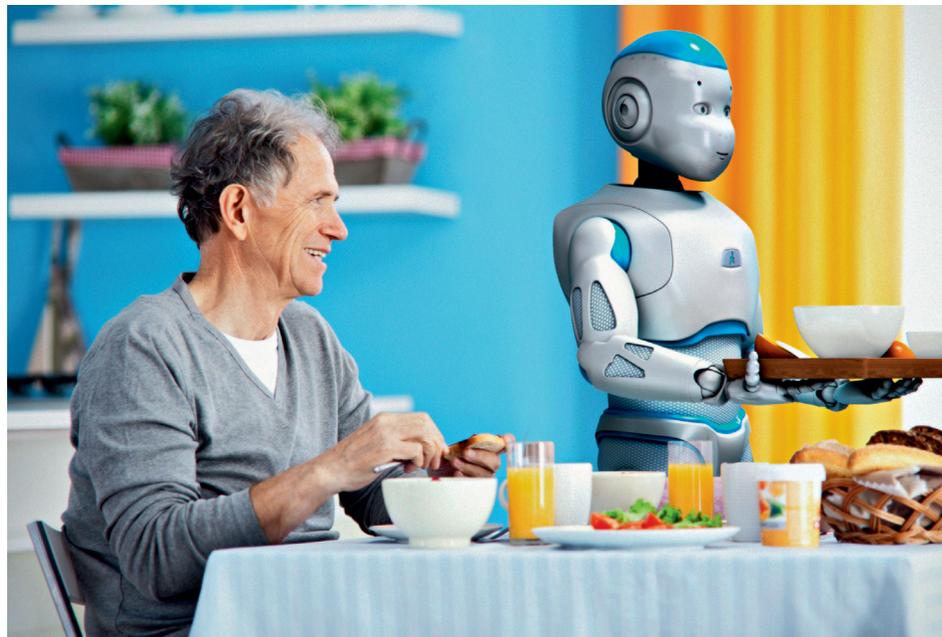
Ein konfigurierbarer DCX-22-Motor in Kombination mit einem Planetengetriebe GPX 22, wie sie in ChARMin eingesetzt werden.

# Was sollen persönliche Assistenzroboter in der Zukunft leisten?

Von Frank Wallhoff



**Prof. Dr.-Ing. Frank Wallhoff** ist Leiter des Instituts für technische Assistenzsysteme der Jade Hochschule in Wilhelmshaven, Deutschland, sowie des Transferzentrums für anwenderorientierte Assistenzsysteme des Fraunhofer-Instituts für Digitale Medientechnologie. Er ist zudem Koordinator des internationalen Projekts «ALIAS» für Roboter, die älteren Menschen das Leben erleichtern sollen.



Der Assistenzroboter Romeo ist ein Pilotprojekt des französischen Unternehmens Aldebaran. 39 maxon Motoren treiben den Roboter an.

**D**a die Bevölkerung weltweit immer älter wird, werden alle Möglichkeiten in Betracht gezogen, eine drohende Versorgungslücke im Bereich der Pflege zu minimieren.

So befasst sich das interdisziplinäre Forschungsgebiet Ambient Assisted Living zunehmend auch mit Assistenzrobotern im häuslichen Umfeld. Hier sind wir schon weiter, als viele denken. Denn die ersten, vom Funktionsumfang her noch sehr fokussierten Robotermodelle haben mittlerweile den Einzug in die Regale der Baumärkte gefunden: Rasenmäherroboter und Saug- sowie Wischroboter sind gängige Massenware.

Was aber ist mit komplexeren Assistenzrobotern? Noch sind die technischen Fähigkeiten der aktuell in der Forschung befindlichen Prototypen nicht vollends für den realen Einsatz bereit. Beispielsweise kommt der Grad an Robustheit nicht an die Erwartungen der Nutzerinnen und Nutzer heran. Dennoch werden die Potenziale und möglichen Risiken der kommenden Generation an Servicerobotern immer breiter in der Öffentlichkeit diskutiert. Spekuliert wird: Was kann, was darf und was soll möglich sein? Oftmals wird dabei argumentiert, dass Technik den direkten sozialen Mensch-Mensch-Kontakt weder ersetzen kann noch darf. Wenn aber in Zukunft nicht mehr gewährleistet werden kann, dass ältere oder alleinstehende Personen mit leichtem oder mittlerem Betreuungsbedarf physisch versorgt sind, wäre es da nicht ethisch eher zu vertreten, technische Assistenzlösungen für die Prävention und den Erhalt einer weitestgehend eigenständigen Lebensführung bereitzustellen?

Klar ist, dass hier zuerst ein breites Spektrum an nichttechnischen Fragestellungen zu erörtern ist, welches aufgrund der Komplexität und Interdisziplinarität nicht trivial ist. Aus diesem Grund gibt es in aktuellen Forschungsprojekten zunehmend die eingebettete Betrachtung der ethischen, rechtlichen sowie sozialen Aspekte (engl. kurz ELSI) sowie den Versuch einer Technikfolgenabschätzung.

Um neben der rein technischen Umsetzung die wirklichen Bedürfnisse von (älteren)

Nutzerinnen und Nutzern zu erfassen, hat es bereits erste sozialwissenschaftliche Studien gegeben. Zudem wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ALIAS – der alltagstaugliche Assistenzroboter – abgefragt, welche Funktionen und Fähigkeiten ein Serviceroboter im häuslichen Bereich haben sollte. Das Resultat zeigt: Die Erwartungen aus Nutzersicht sind recht pragmatisch. Die Befragten wünschen sich physische Unterstützung im Haushalt, beim Laufen und beim Einkaufen. Zudem sollen Assistenzroboter als Kommunikationsportal dienen, Briefe vorlesen, als Kalender mit Erinnerungsfunktion sowie als Schnittstelle zur Steuerung des Lichts, der Jalousien und der Haushaltsgeräte dienen.

Als ein wesentlicher Aspekt wird zudem der Bereich der Telemedizin genannt, bei dem die Roboter helfen, biometrische Signale über die eingebaute Sensorik zu erfassen, sicher zum Hausarzt zu übertragen und die Ergebnisse dann in einer Online-Sprechstunde zu beraten. Ebenfalls wird die Funktion eines erweiterten Hausnotrufgeräts zur Steigerung der Sicherheit für alleinlebende, ältere Menschen gewünscht. Bezüglich des Bedienkonzepts erwarten die Leute, dass Assistenzroboter wie ein treu fürsorgender Butler, also eher reaktiv, agieren. Sie sollen unaufdringlich und freundlich auf Sprache und Gesten ansprechen; ein nicht vorhersagbares komplexes oder gar bevormundendes Kommunikationsverhalten lehnen die Befragten klar ab.

Die Erwartungen der Nutzerinnen und Nutzer sind also durchaus eindeutig – bleibt nunmehr abzuwarten, bis wann die Robustheit und die künstliche Intelligenz mit den sozialen Anforderungen vereinbar sind. Möglicherweise werden diese Assistenzroboter der Zukunft dann ebenso gut aufgenommen wie die bereits akzeptierten Putzhilfen. ■



Assistenzroboter in Form von automatischen Rasenmähern oder Staubsaugern sind heute bereits weit verbreitet.



# Outlook 1 // 2015

## Raumfahrt

Entdecken Sie neue spannende Anwendungen und interessante Storys aus der Welt der Antriebstechnik in der kommenden Ausgabe von «driven – Das Magazin von maxon motor», das am 13. April 2015 erscheint.



Was interessiert Sie an diesem Thema besonders? Teilen Sie es uns mit auf unserem Twitterkanal @maxonmotor.

### Impressum

**Herausgeber:** maxon motor ag  
**Projektleitung:** Michel Riedmann  
**Redaktion:** Stefan Roschi, Anja Schütz  
**Realisation:** Infel Corporate Media  
**Redaktion:** Simona Stalder  
**Gestaltung:** Peter Kruppa (Art Director), Bernadette Schenker  
**Bildredaktion:** Diana Ulrich, Matthias Jurt

**Korrektorat:** Franz Scherer  
**Druck:** Landenberg-Druck AG  
**Erscheinungsweise:** 2-mal p.a. als iPad- und Android-App sowie als Printmagazin (April, November)

**Sprachen:** Deutsch, Englisch  
**Auflage:** 10 000 (dt.), 4000 (engl.)  
**Copyright:** © 2014 by maxon motor ag, Sachseln. Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung.

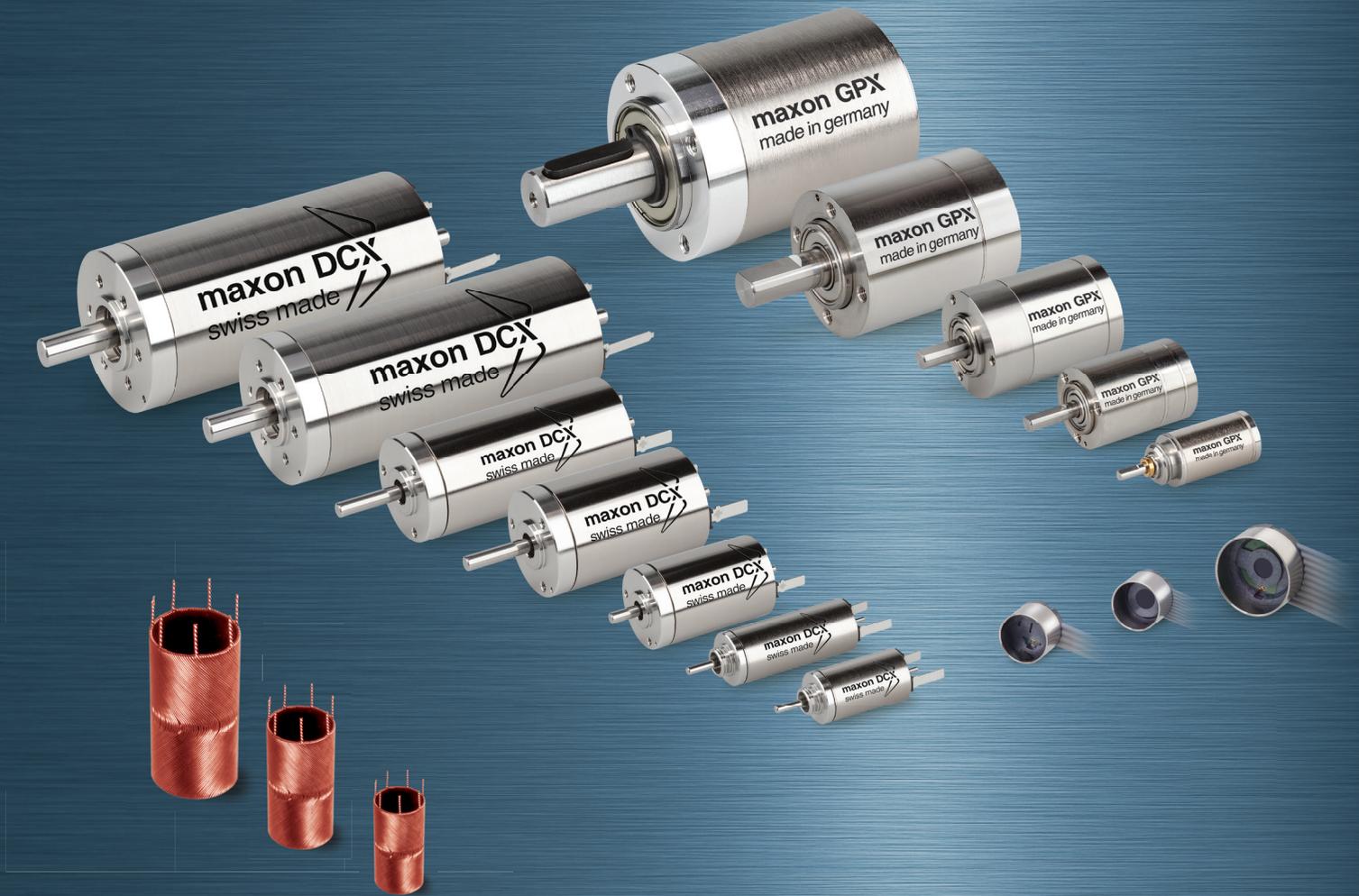
# THE BIKEDRIVE.ch

Der Schweizer Antrieb für jedes Bike



In 3 Sekunden von 0 auf 30 km/h.

[www.thebikedrive.ch](http://www.thebikedrive.ch)



# Konfigurieren Sie Ihren Antrieb.

DC-Motor, Getriebe, Encoder. Mit neuen Grössen haben Sie noch mehr  
Möglichkeiten. Gleich online probieren: [dcx.maxonmotor.com](http://dcx.maxonmotor.com)

Erprobt auf dem Mars, entwickelt für Ihre spezifischen Anforderungen. Entdecken Sie  
maxon motor als starken Schweizer Hersteller von präzisen Antriebssystemen.

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

**maxon motor**  
driven by precision