

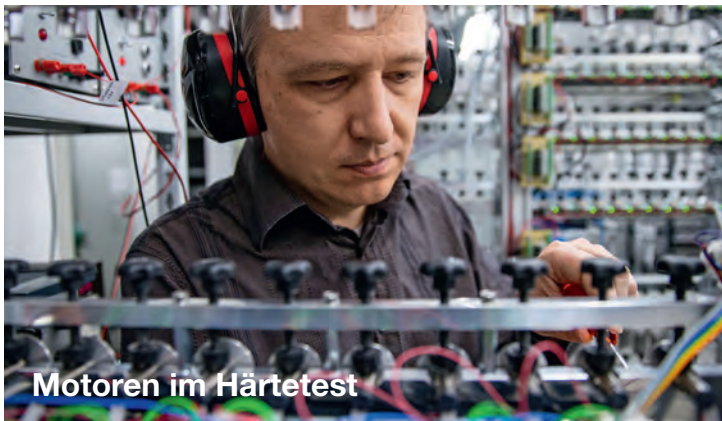
Das Magazin von maxon motor

driven

1 // 2015

Auf zu neuen Welten

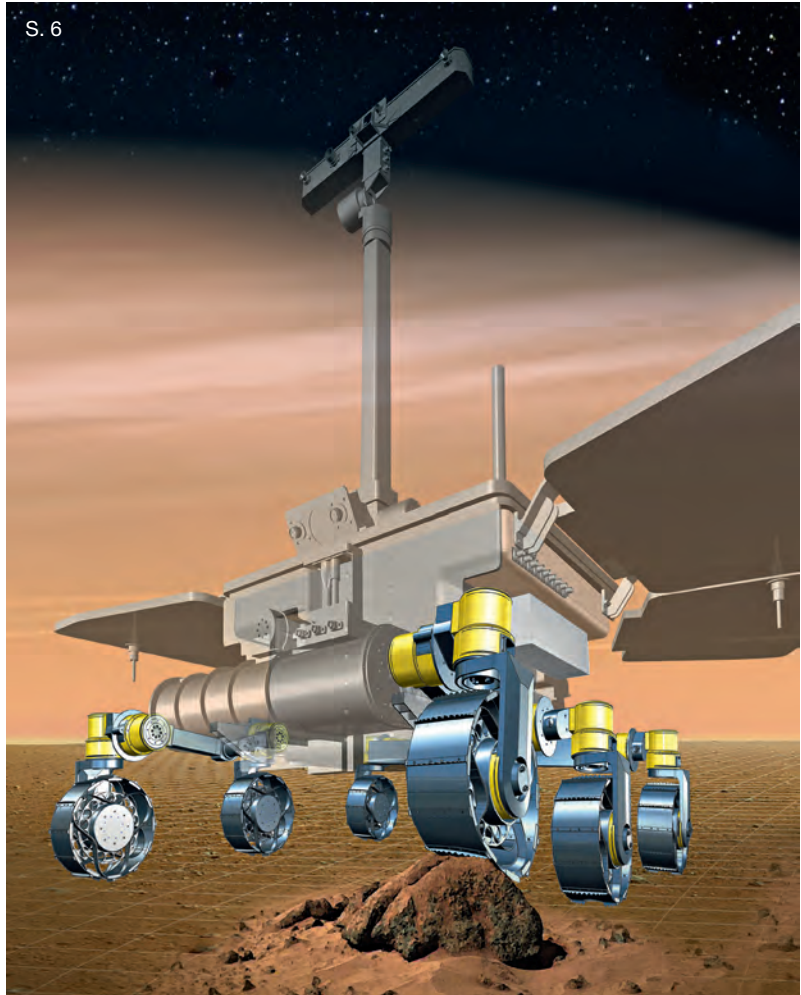
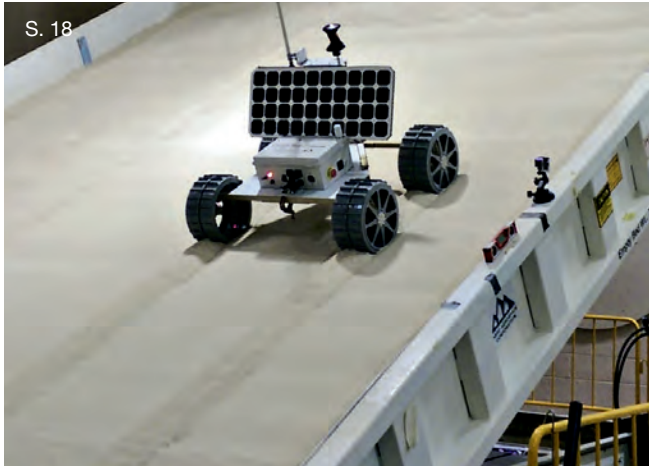
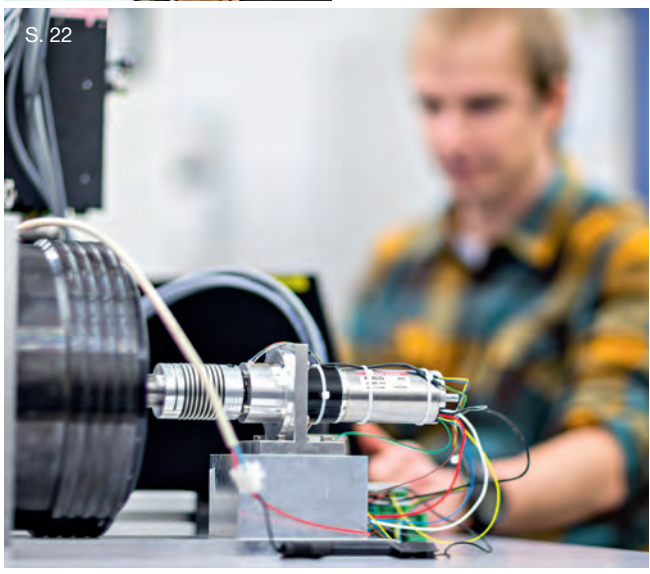
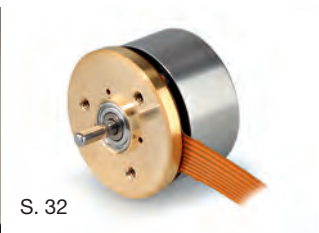
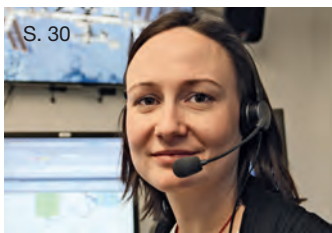
Mars, Mond und Sonne im Fokus der Wissenschaft



Motoren im Härtestest



Zeitreise durchs Weltall



- News**
- 4 Besserer Service mit spezialisiertem Verkaufsteam Aerospace
- Fokus Aerospace**
- 6 Europa sucht Leben auf dem Mars
Mit dem Rover ExoMars will die NASA aktuelles oder vergangenes Leben auf dem Mars nachweisen.
- 12 Dem Geheimnis der Felsplaneten auf der Spur
Untersuchungen des Marsuntergrunds sollen Aufschluss über die Frühzeit der Erde geben.
- 14 Zeitreise durchs Weltall
Wir nehmen Sie mit auf eine Bilderreise durch mehr als 50 Jahre Raumfahrt – und werfen einen Blick in die Zukunft.
- 18 Und plötzlich wollen alle zum Mond
Google hat einen Wettlauf zum Mond lanciert. Dem Siegerteam winken 20 Millionen US-Dollar.
- 20 Auf Tuchfühlung mit der Sonne
Um die Aktivitäten auf der Sonnenoberfläche zu erforschen, schickt die NASA 2017 einen Orbiter ins All. Er wird der Sonne so nah kommen wie keiner zuvor.

- maxon inside**
- 22 Motoren im Härtestest
Starke Vibrationen, extreme Temperaturen, hohe Schocklasten: Im Prüflabor testet maxon seine Antriebe auf Herz und Nieren.
- Exploration**
- 26 400 Kilometer über der Erde
Astrobot «REX-J» kann sich autonom an der Aussenhülle der ISS entlangbewegen und die Astronauten von gefährlichen Aufgaben entlasten.
- Wettbewerb**
- 29 Ein Blick von der ISS auf...?
Sagen Sie uns, welches Land Sie auf dem Foto erkennen, und gewinnen Sie ein Spiegelteleskop!

- Interview**
- 30 «Ich hatte schon immer ein Faible für Science-Fiction»
Alexandra Deschwanden, Leiterin von Biotesc, spricht im Interview über ihren Beitrag zum Gelingen biologischer Experimente auf der ISS.
- Expertise**
- 32 Motoren für Mikrosatelliten
Wie wählt man den richtigen Motor für eine spezifische Aufgabe? Wir erklären es Ihnen an einem Beispiel.
- Kolumne**
- 36 Auf der Suche nach der Erde 2.0
Von Sara Seager, Astrophysikerin und Professorin für Planetenforschung am MIT.

Fotos: ESA/Equinox Graphics, maxon motor ag, MDA Corporation, NASA/Bill Ingalls, NASA/JPL-Caltech/Cornell University/Arizona State University

Editorial

Auf zu neuen Welten

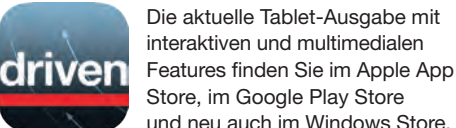


Eugen Elmiger, CEO der maxon motor ag

Wir leben in einer spannenden Zeit, in der die Wissenschaft grossen Fragen nachgeht. Woher kommt das Wasser? Woher das Leben? Und wie ist unser Sonnensystem entstanden? Viele Hinweise darauf finden sich im All oder auf anderen Planeten, weshalb wir technisch immer raffiniertere Sonden und Roboter losschicken, die uns Antworten liefern sollen.

Lesen Sie in dieser Ausgabe, wie die ESA mit einem Rover auf dem Mars nach Leben sucht, warum biologische Experimente auf der ISS durchgeführt werden und wie ein privates Unternehmen auf den Mond fliegen will. Immer mit dabei sind maxon Motoren, die wegen ihrer Qualität und des grossen Wissens unserer Ingenieure ein fester Bestandteil der Weltraumforschung sind. Denn nirgends ist Zuverlässigkeit so entscheidend wie in den Tiefen des Alls.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen.



Neues Verkaufsteam Aerospace

Besserer Service durch spezialisiertes Verkaufsteam



Stefan Dillier, Fabian Bucher und Roger Villiger, Leiter des Teams (v.l.n.r.).

maxon motor bündelt die Kräfte im Bereich Aerospace und hat deshalb am Hauptsitz in der Schweiz ein neues Verkaufsteam zusammengestellt, welches sich einzig um den Bereich Aerospace kümmert – also um Anwendungen in Passagierflugzeugen, Helikoptern oder Weltraummissionen, um einige Beispiele zu nennen. Kunden auf der ganzen Welt erhalten dadurch verschiedene Vorteile.

Produkte und Services sollen spezifisch für die Aerospace-Industrie weiterentwickelt werden. Dazu erfolgt die Kundenberatung und -betreuung ab sofort durch Spezialisten aus dem Verkaufsteam. Diese pflegen einen engen Austausch mit dem Team der

technischen Projektleitung Aerospace, welches schon seit Jahren die verschiedenen Projekte begleitet.

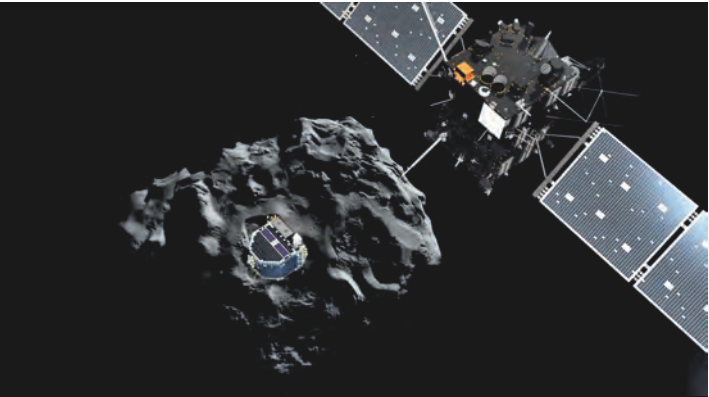
Roger Villiger, Leiter Verkauf Aerospace, freut sich auf die neue Herausforderung: «Wir sehen in der Aerospace-Industrie ein attraktives Wachstumspotenzial und sind auf viele interessante Kundenprojekte gespannt. Die hohen Anforderungen an Leistungsdichte, Robustheit und kompromisslose Qualität in diesem Bereich passen sehr gut zu maxon.»

Haben Sie Fragen oder Anliegen zu einem Aerospace-Projekt? Kontakt: aerospace@maxonmotor.com

193 Millionen Kilometer

So viel beträgt die Distanz zwischen dem Kometen 67P/Tschurjumow-Gerassimenko und der Sonne im August 2015. Es ist der kleinste Abstand des Kometen auf seiner Umlaufbahn durch unser Sonnensystem. Begleitet wird er dabei von der europäischen Rosetta-Sonde, die ihn kontinuierlich überwacht und analysiert und zum ersten Mal überhaupt dabei ist, wenn ein Komet aktiv wird. Diese Gesteinsbrocken aus der Anfangszeit des Weltalls sind normalerweise gefroren und tauen erst auf, wenn sie sich der Sonne nähern. Dadurch entsteht auch ihr charakteristischer Schweif.

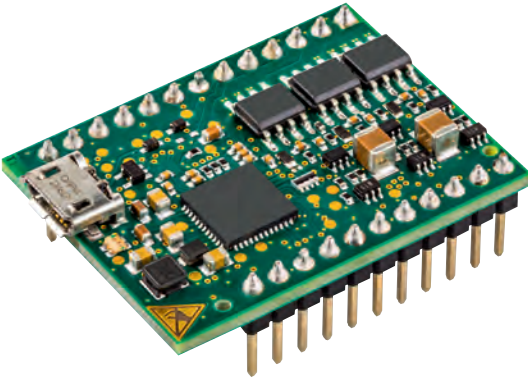
Fraglich ist, ob mit der erhöhten Sonnenbestrahlung der Lander Philae wieder aktiv wird, der im November letzten Jahres erfolgreich auf dem Kometen gelandet ist. Das Minilabor befindet sich seither im



Winterschlaf und wartet darauf, dass die Solarzellen wieder Energie liefern. Philaes Messresultate werden die Wissenschaftler noch jahrelang beschäftigen. Bereits jetzt ist klar, dass unser Wasser nicht mit dem des Kometen vergleichbar ist. Eine Erkenntnis, die neuen Schwung in die Diskussion bringt, wie die Erde überhaupt zu ihrem Wasser gekommen ist.

maxon motor hat für die Rosetta-Mission mehrere Motoren mit verschiedenen Aufgaben geliefert. Die bürstenbehafteten DC-Mikroantriebe waren für die Entkopplung des Landers von der Sonde zuständig und haben ein Instrument von Philae auf dem Kometen ausgefahren.

NEUE PRODUKTE



ESCON
Module 24/2
Servo-
controller

ESCON Module 24/2
Servocontroller

Klein wie eine Briefmarke, aber alles drin

maxon motor erweitert die erfolgreiche ESCON-Servocontroller-Familie um ein miniaturisiertes Einsteckmodul. Dieses ist für die Ansteuerung von bürstenbehafteten sowie bürstenlosen DC-Motoren bis 48 Watt Dauerleistung und 144 Watt Spitzenleistung geeignet. Auch wenn der Servocontroller nur so gross wie eine Briefmarke ist, verfügt er über ausgezeichnete Reglereigenschaften bis zu einem Drehzahlbereich von 150 000 min⁻¹. Das ESCON Module 24/2 bietet eine grosse Auswahl an implementierten Betriebsmodi wie Stromregler, Drehzahlregler oder Drehzahlsteller. Die analogen und digitalen Ein- und Ausgänge können zudem nach Wunsch frei konfiguriert werden.

DC-max Motoren

Die preiswerte Alternative

Die neuen DC-max Motoren von maxon schaffen den Spagat zwischen Leistung und kostenoptimiertem Design. Bestückt mit Neodym-Magneten und modernster Wicklungstechnologie, erreichen sie starke Werte in allen Bereichen und schlagen damit die bisherigen RE-max Motoren. Darüber hinaus sind DC-max Antriebe bedeutend günstiger. maxon motor liefert seinen Kunden damit einen Motor mit einem noch nie dagewesenen Preis-Leistungs-Verhältnis. Der DC-max ist in den beiden Grössen 16 und 22 Millimeter (Durchmesser) erhältlich und kann ab Herbst 2015 wie die Motoren der DCX-Reihe online konfiguriert werden.



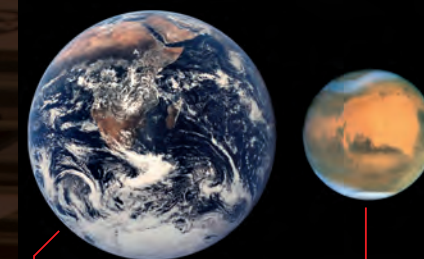
DC-max 16
Ø 16 mm, Edelmetall-
oder Graphitbürsten



DC-max 22
Ø 22 mm, Edelmetall-
oder Graphitbürsten

In der künstlich geschaffenen Mars-landschaft in Stevenage (UK) werden Eigenschaften und Manöver des ExoMars-Rovers erforscht und getestet.

Europa sucht Leben auf dem Mars



Atmosphäre: 95 % CO₂
Durchschnittstemperatur: -55 °C*
Durchmesser: 6779 km

Atmosphäre: 0,04 % CO₂
Durchschnittstemperatur: +15 °C*
Durchmesser: 12 742 km

* bezogen auf das Nullniveau

Mars, der Rote Planet

Der Mars ist ein erdähnlicher Planet, der allerdings nur eine sehr dünne Atmosphäre besitzt. Die Oberfläche ist felsig, sandig und kalt. Heute weiss man, dass es vor einigen Milliarden Jahren Wasser in Form von Seen und Flüssen auf dem Mars gegeben hat. Dieses verschwand allerdings nach dem Zusammenbruch des Magnetfeldes. Ein Marsjahr dauert wegen der längeren Umlaufdauer um die Sonne fast doppelt so lange wie auf der Erde: 687 Tage.

Gab es auf dem Mars einst Leben? Oder existiert es vielleicht noch immer unter der Oberfläche? Dieses grosse Rätsel soll der ExoMars-Rover schon bald lösen. maxon liefert dafür dutzende Motoren und geht bei den Radantrieben ganz neue Wege.

Vor hundert Jahren glaubten viele Menschen, dass auf dem Mars eine Zivilisation existiert. Inzwischen wissen wir es besser. Und trotzdem: Auf dem Roten Planeten könnte es durchaus Leben gegeben haben. Denn in der Anfangszeit des Planeten, vor über drei Milliarden Jahren, waren die Umweltbedingungen weniger hart als heute. Sie glichen jenen auf der damaligen Erde, wo es immerhin Mikroorganismen gab. Und auch jetzt müssen Lebensformen auf dem Mars nicht ausgeschlossen werden. Unter der Oberfläche oder im Eis der Polarkappen wären Bakterien von der Weltallstrahlung und grossen Temperaturschwankungen verschont. Warum also nicht?

Vielleicht wissen wir schon bald mehr, wenn im Januar 2019 der Rover der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) auf dem Mars landet. Denn dieser Rover soll als Teil der ExoMars-Mission nach Spuren von aktuellem oder früherem Leben suchen. Er ist dazu mit einem Bohrer ausgestattet, der bis zu zwei Meter in den Boden vordringen und Proben entnehmen kann. Diese werden im Innern des Gefährts zerkleinert sowie chemisch und biologisch analysiert, um allfällige Lebensspuren nachzuweisen. Der Rover ist damit weiter entwickelt als seine Vorgänger von der NASA, die primär für die Wasser-suche eingesetzt wurden (vgl. S. 10).

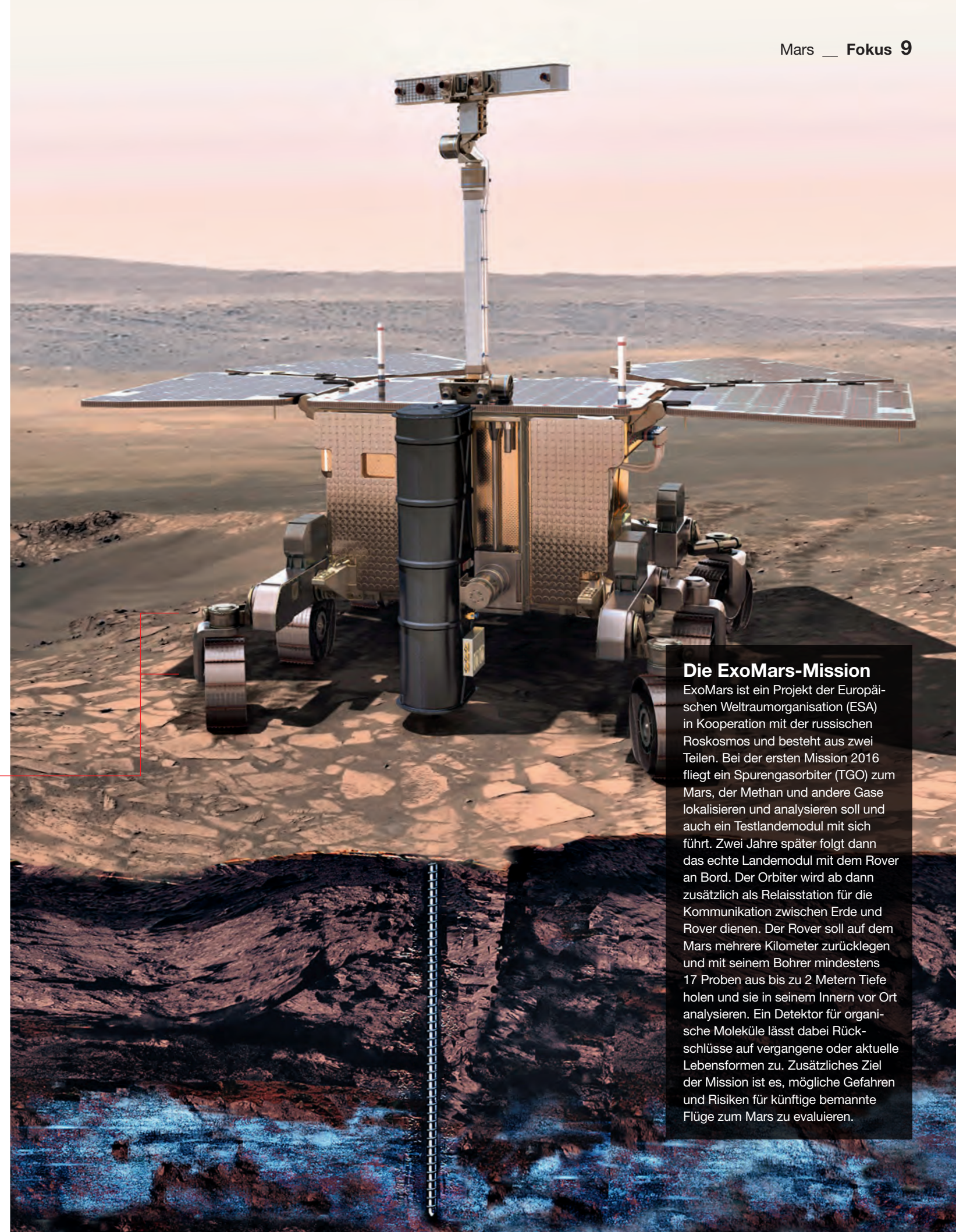
Technik hat grosse Sprünge gemacht

Die Reise zum Mars ist nach wie vor eine technische Herausforderung. Die Geräte müssen massive Temperaturschwankungen, kosmische Strahlung und mächtige Staub-

stürme aushalten und trotzdem tadellos funktionieren. maxon motor hat in dieser Hinsicht einen grossen Erfahrungsschatz, wurden doch bereits die ersten drei Mars-Rover der US-Weltraumbehörde NASA – Sojourner, Spirit und Opportunity – mit Antrieben aus der Schweiz bestückt. Und trotzdem ist das europäische Projekt kein Spaziergang, wie Robin Phillips, Projektmanager Aerospace bei maxon motor, erklärt: «Die technische Entwicklung seit den letzten Rovern ist beträchtlich.» Kommt hinzu, dass maxon zum ersten Mal überhaupt ganze Antriebsmodule liefert, die aus einem DCX-Motor, einem Getriebe, einem Encoder sowie einer Bremse bestehen und kompakt in einem Gehäuse untergebracht sind. 18 dieser Module werden im Fahrgestell eingebaut, wo sie für den individuellen Antrieb und die Steuerung der sechs Räder sorgen. Neu ist auch, dass maxon die gesamten Tests für die Antriebe selber durchführt und den Kunden dadurch entlastet (siehe Artikel «maxon inside» auf S. 22). Robin Phillips sagt: «maxon hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt und wichtiges Know-how errungen, sodass wir heute in der Lage sind, eine solche Herausforderung zu meistern und einen noch wichtigeren Part in einer Mars-Mission zu spielen.»

Für das Fahrgestell des Rovers ist das kanadische Unternehmen MDA zuständig. Dieses stellt höchste Anforderungen an die Motoren, insbesondere bezüglich der Faktoren Gewicht, Drehmoment und Drehzahl.

Bereits die ersten drei Mars-Rover der NASA waren mit Motoren von maxon bestückt.



Die ExoMars-Mission

ExoMars ist ein Projekt der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) in Kooperation mit der russischen Roskosmos und besteht aus zwei Teilen. Bei der ersten Mission 2016 fliegt ein Spurengasorbiter (TGO) zum Mars, der Methan und andere Gase lokalisieren und analysieren soll und auch ein Testlandemodul mit sich führt. Zwei Jahre später folgt dann das echte Landemodul mit dem Rover an Bord. Der Orbiter wird ab dann zusätzlich als Relaisstation für die Kommunikation zwischen Erde und Rover dienen. Der Rover soll auf dem Mars mehrere Kilometer zurücklegen und mit seinem Bohrer mindestens 17 Proben aus bis zu 2 Metern Tiefe holen und sie in seinem Innern vor Ort analysieren. Ein Detektor für organische Moleküle lässt dabei Rückschlüsse auf vergangene oder aktuelle Lebensformen zu. Zusätzliches Ziel der Mission ist es, mögliche Gefahren und Risiken für künftige bemannte Flüge zum Mars zu evaluieren.

Foto: ESA

Bisherige Rover-Missionen

Die Nasa hat bisher vier Rover-Missionen zum Mars durchgeführt. Und alle vier waren mit Antriebssystemen von maxon motor ausgerüstet.



Sojourner

Der erste Rover auf dem Mars landete am 4. Juli 1997. Einsatzdauer: drei Monate. maxon lieferte elf DC-Motoren mit einem Durchmesser von 16 Millimetern für die Antriebe, die Lenkung und die wissenschaftlichen Geräte.



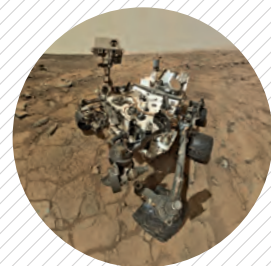
Phoenix

Diese fix stationierte Sonde landete am 25. Mai 2008 auf dem Mars, nahm mit ihrem Roboterarm Gesteinsproben aus dem Boden und analysierte diese. Sie fand gefrorenes Wasser. maxon lieferte neun bürstenbehaftete Motoren des Typs RE 25 mit speziellen Kugellagern für die Ausrichtung der Solarpanels.



Spirit/Opportunity

Die beiden Zwillingssonder wurden einzeln zum Mars geschickt und landeten dort im Januar 2004. Spirit sammelte sechs Jahre lang Daten, Opportunity ist nach wie vor aktiv und hat inzwischen Wasser-spuren in Gesteins-schichten nachgewiesen. Beide Rover wurden mit 35 maxon DC-Motoren ausgerüstet – unter anderem für den Antrieb der Räder, der Steuerung und des Roboterarms.



Curiosity

Dieser Rover landete im August 2012 auf dem Mars und übertraf seine Vorgänger nicht nur in technischer Hinsicht. Er ist so gross wie ein Kleinfahrzeug und wird durch eine Radionuklid-batterie angetrieben. Curiosity analysiert die Marsoberfläche und die Atmosphäre. maxon motor bestückte ihn dafür mit magnetischen Encodern, die auf den Antriebsachsen angebracht sind.



Motorenmodul

Dies ist eine maxon Gesamtlösung aus einer Hand. Das Modul besteht aus einem bürstenbehafteten Motor DCX 22 L, einem Planetengetriebe GP 22 HD, einer Magnetbremse und einem Hallsensor. Alles zusammen ist kompakt in einem Gehäuse verpackt. maxon hat damit zum ersten Mal eine ganze Antriebs-

einheit konstruiert, gebaut und geliefert. Der DCX-Antrieb mit seiner eisenlosen Wicklung bietet verschiedene Vorteile. Unter anderem ist er einfach anzusteuern, stark, energieeffizient und äusserst langlebig. Damit der Motor in der Marsatmosphäre eine lange Lebensdauer erhält, baut maxon spezielle Bürsten ein.

An der Entwicklung des Rovers sind 60 Mitarbeitende von maxon beteiligt.

Schliesslich soll der Rover Hindernisse bis 25 Zentimeter Höhe und Steigungen von 26 Grad überwinden. Er wird fähig sein, seitwärts zu fahren und sogar zu laufen und dafür seine Räder wie eine Spinne zu bewegen. Kein Rover vor ihm hatte eine so grosse Bewegungsfreiheit.

«Es hat etwas Magisches, an solch wissenschaftlichen Projekten mitzumachen», sagt Ryan McCoubrey, Senior Rover Engineer bei MDA. Er freut sich, mit maxon einen guten Partner gefunden zu haben. «Sie sind weltweit für ihre Präzisionsmotoren bekannt und bringen wertvolle Erfahrung aus den NASA-Missionen mit, während wir unser Flugsystemwissen und unser Know-how im Prozessmanagement einbringen. Zusammen bilden wir ein sehr starkes und effektives Team.»

Erstmals fliegen bürstenlose Motoren zum Mars

maxon motor ist seit 2011 offiziell an der ExoMars-Mission beteiligt, hat mit den ersten Entwicklungen aber schon Jahre zuvor begonnen. Heute sind rund 60 Mitarbeitende involviert, so viele wie in keinem anderen Aerospace-Projekt. Schliesslich liefert maxon nicht nur Motoren für die Räder des Rovers. 16 verschiedene Kombinationen aus Motoren, Getrieben und Encodern kommen zum Einsatz – unter anderem in den Analysegeräten und der Bohreinheit.

Letztere wird durch die italienische Firma Selex ES entwickelt, getestet und geliefert. Für die Ingenieure eine grosse Herausforderung, wie Francesco Rizzi sagt: «Es ist sehr schwierig, eine Bohreinheit zu entwickeln, die mit allen möglichen bekannten und unbekannten Arten von Gestein zurechtkommen muss.» Hinzu kommt, dass der Bohrer auf dem Mars einwandfrei zu funktionieren hat, gleichzeitig aber tiefe Grenzwerte bezüglich Grösse, Masse und Leistungsverbrauch erfüllen muss. Das ganze Paket darf nicht mehr als 21 Kilo schwer sein und lediglich 80 Watt benötigen. Auch die Motoren müssen da besonders leicht, effizient und kräftig sein. Erstmals werden deshalb auf dem Mars bürstenlose EC-Motoren von maxon eingesetzt, welche den Bohrkopf antreiben. Sie besitzen die nötige Power und Langlebigkeit, um diese Aufgabe zu erfüllen. Daneben sind weitere bürstenbehaftete DC-Motoren für die Positionierung des Bohrers sowie die Entnahme der Proben zuständig.

Selex testet die Bohreinheit des Rovers in den nächsten Monaten ausführlich unter realistischen Marsbedingungen an der Universität von Padua. Zudem werden Raketenstart, Landung und Fahrt auf der Marsoberfläche simuliert. Ende 2016 soll die Flugeinheit an die ESA übergeben werden. Doch bis dahin gibts noch ein paar Herausforderungen für die Ingenieure, «was normal ist bei Projekten ohne Erfahrungswerte und mit solch hohen Anforderungen», so Francesco Rizzi. «Doch wir werden es gemeinsam schaffen, auch dank dem guten maxon Team und dessen technischen Fähigkeiten.»

EC 22

Dieser bürstenlose DC-Motor mit einem Durchmesser von 22 Millimetern hat kein Rastmoment, besitzt hervorragende Regeleigenschaften und einen tollen Wirkungsgrad. Er ist kurzzeitig stark überlastbar und führt die Wärme rasch ab.



maxon EC 22
Ø 22 mm, bürstenlos,
50 W

Fotos: NASA, NASA/JPL/Caltech/University of Arizona, NASA/JPL/Caltech/MSSS, maxon motor ag



Techniker bereiten den Mars-Lander «InSight» in einem Reinraum für Antriebs- und Dichtetests vor.

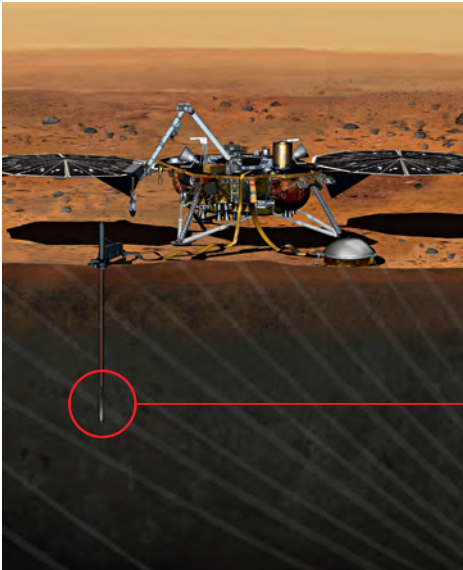
Dem Geheimnis der Felsplaneten auf der Spur

Um die Vergangenheit der Erde zu erforschen, nehmen Wissenschaftler den Mars unter die Lupe. Sie schicken eine Robotersonde, die den Puls und die Temperatur des Roten Planeten misst.

Fotos: DLR, maxon motor ag, NASA/JPL, NASA/JPL/Caltech/Lockheed Martin

Unsere Erde lebt, ist aktiv und verändert sich. Ihre Oberfläche ist seit den Anfängen des Planeten in Bewegung. Kontinentalplatten driften auseinander und nähern sich wieder an, Gebirge, Meere und Ebenen entstehen. Kein Stein bleibt auf dem anderen – wortwörtlich. Geologen müssen deshalb auf den Mars, wenn sie mehr über die Anfangszeit der Erde wissen wollen. Denn auf dem Roten Planeten gibt es keine Kontinentalplatten und folglich kaum geologische Aktivitäten. Die Oberfläche ist immer noch so wie vor vier Milliarden Jahren – auch wenn es dort zwischenzeitlich Seen und Flüsse gab, wie man heute weiss. Und trotzdem hat der Mars praktisch den gleichen Entstehungsprozess durchgemacht wie die Erde, was ihn für Forscher besonders interessant macht. Beide wandelten sich durch Differenzierung von flüssigen Feuerkugeln zu terrestrischen Planeten, auch Felsplaneten genannt. Dabei sank schweres Metall in die Mitte, wo es den glühenden Eisenkern bildete. Darüber entstand der Mantel, welcher von der Kruste umschlossen wurde, die abkühlte und sich festigte. Auch Venus und Merkur gehören zu den Felsplaneten unseres Sonnensystems, während Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun zu den Gasriesen zählen.

Bolzen treibt sich selbst in den Boden
Um mehr über den Mars und dessen Aufbau und Struktur zu erfahren, schickt die US-Weltraumbehörde NASA 2016 eine Robotersonde mit dem Namen InSight auf den Planeten, die nach der Landung fix stationiert ist. Eines ihrer Instrumente wird seismische Aktivitäten aufzeichnen, die durch Beben oder Kometeneinschläge entstehen. Ein zweites Instrument mit dem Namen HP³ dringt fünf Meter in den Boden ein und misst den Wärmestrom des Planeten. Es handelt sich dabei um einen Bolzen, den die Entwickler liebevoll «Maulwurf» nennen. Dieser funktioniert, einfach ausgedrückt, «wie ein Nagel, der sich selber in den Boden rammt», sagt Judit Jänchen. Sie ist Projektmanagerin bei der deutschen Raumfahrtbehörde, welche HP³ entwickelt hat. Im Innern des «Maulwurfs» befindet sich ein Antrieb von maxon, der aus einem Motor DCX 22 und einem Planeten-



Auf das maxon Antriebssystem, das den Bolzen HP³ in die Marsoberfläche treibt, wirken Kräfte von bis zu 400 g.

triebe GP 22 HD besteht und höchsten Anforderungen gerecht werden muss. Denn erstens ist der Mars mit seinen Temperaturschwankungen, den Sandstürmen und der dünnen Atmosphäre schon per se ein unfreundlicher Ort für Technologie. Zweitens wirken auf den DC-Motor Kräfte von bis zu 400 g. Denn mit jeder Umdrehung des Motors wird eine Feder gespannt, die sich dann mit grosser Wucht entlädt und einen Schlag nach unten auslöst. So treibt sich der Bolzen nach und nach selber in die Tiefe. Das dauert mehrere Stunden. Einmal unten, bleibt das Gerät dort.

Temperaturprofil hilft den Forschern
Die Messung erfolgt durch ein mit Temperatursensoren bestücktes Kabel, das der Maulwurf mit nach unten zieht. Damit soll während zweier Jahre ein exaktes Temperaturprofil des Marsbodens erstellt werden, um den Oberflächenwärmefluss zu bestimmen. «Diese Grösse ist ein fundamentaler Parameter zur Charakterisierung eines Planeten», sagt Judit Jänchen. Darüber hinaus wird die Eindringgeschwindigkeit des Maulwurfes Rückschlüsse auf die Porosität und Dichte des Bodens zulassen. Beide Resultate sind von grossem Interesse für die terrestrische Geophysik. «Wir erhalten damit ein besseres Verständnis der Bildung und Evolution der Felsplaneten.»



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 1 // 2015 herunter und sehen Sie, wie InSight seine Instrumente auf der Marsoberfläche platzieren wird. magazin.maxonmotor.ch



maxon DCX 22
Ø 22 mm, Graphitbürsten



maxon GP 22 HD
Ø 22 mm, 3-stufig

Zeitreise durchs Weltall

Welches waren die wichtigsten Ereignisse der Raumfahrtgeschichte? Und was passierte gleichzeitig auf der Erde? Was erwartet die Menschheit in Zukunft?

Erster Mensch im Weltall

Juri Gagarin startet im April 1961 zu einer Erdumrundung an Bord einer Sojus-Rakete. Dauer: 100 Minuten.



Erste Mondlandung

Neil Armstrong und Edwin Aldrin betreten im Juli als erste Menschen den Mond. Im gleichen Jahr folgen Charles Conrad und Alan Bean mit Apollo 12. Zwischen 1969 und 1972 haben zwölf Menschen den Mond betreten.



Arpanet ist online

Das Arpanet geht online. Entwickelt von der Advanced Research Projects Agency (ARPA), ist es der Vorläufer des heutigen Internets. Ziel ist es, ein dezentrales Netzwerk zu schaffen, um US-amerikanische Universitäten, die für das Verteidigungsministerium forschten, miteinander zu verbinden.

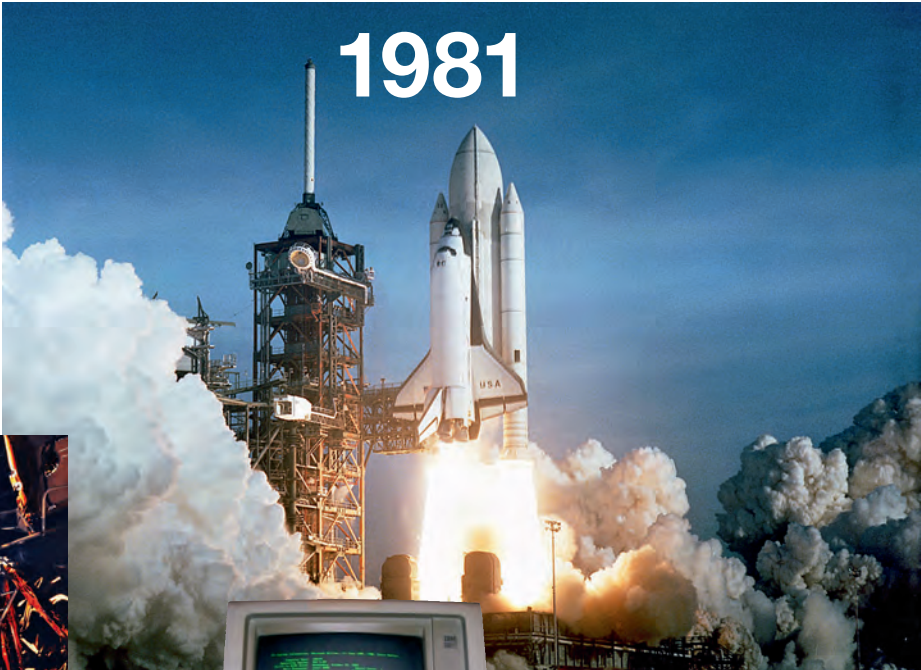


Bau der Berliner Mauer

Im August beginnt die DDR mit dem Bau der Berliner Mauer. Sie war eines der markantesten Symbole des Kalten Krieges zwischen den Westmächten und dem Ostblock.

Jungfernflug Space Shuttle

Mit dem Space Shuttle «Columbia» wird im April zum ersten Mal in der Geschichte der Raumfahrt ein bemanntes Trägersystem ins All geschickt. 30 Jahre später (2011) wird das Space-Shuttle-Programm aus Kosten- und Sicherheitsgründen beendet.



Personal Computer

IBM stellt im August den ersten Personal Computer vor, den IBM-PC (Personal Computer). Damit beeinflusst IBM stark die weitere Entwicklung der Computer.

Hubble schaut ins All

Das Weltraum-Teleskop Hubble umkreist ab April in einer Höhe von 600 Kilometern die Erde: Die «fliegende Sternwarte» liefert seitdem faszinierende Fotos von weit entfernten Sternen und Galaxien.



Deutsche Wiedervereinigung

Die DDR ist Geschichte – die deutsche Wiedervereinigung im Oktober bringt beide Staaten nach über 40 Jahren wieder zusammen.

Sonde Pathfinder landet auf dem Mars

Mit an Bord ist der Rover Sojourner: das erste Fahrzeug auf dem Mars. Nach seiner Landung im Juli durchquert der Rover fast drei Monate die sandige Landschaft und sendet Daten und Bilder an die Erde. Angetrieben wird der Rover dabei von maxon DC-Motoren.



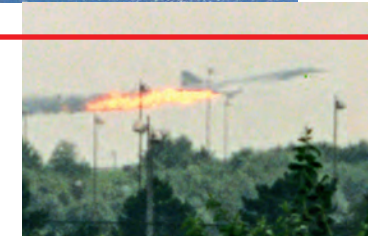
Tödlicher Autounfall

Lady Diana von Wales verunglückt im August mit ihrem Lebenspartner Dodi Al-Fayed in einem Pariser Tunnel.

Fotos: akg-images/Archive Photos, ESA, Keystone/AP PA/Neil Munns, Keystone/dpa/Volkmar Hoffmann, Keystone/Laif/Paul Langrock/Zenit, NASA, NASA/JPL, Wikimedia

ISS geht in Betrieb

Die Internationale Raumstation (ISS) nimmt im November in rund 400 Kilometern Höhe ihren Betrieb auf. Seitdem rast sie mit 27581 km/h auf ihrer Umlaufbahn um die Erde. Antriebssysteme von maxon motor werden in der ISS unter anderem für Laborgeräte genutzt.



Ende der Concorde
Bei einem Absturz einer französischen Concorde im Juli bei Paris kommen 113 Menschen ums Leben. Air France stellt daraufhin den Flugbetrieb der Concorde ein.

Marsrover landen

Die Marsrover Spirit und Opportunity landen im Januar auf dem Mars und suchen nach Spuren von Wasser. Antriebssysteme von maxon motor treiben unter anderem die Räder und die Roboterarme der Rover an. Opportunity ist noch heute im Einsatz.



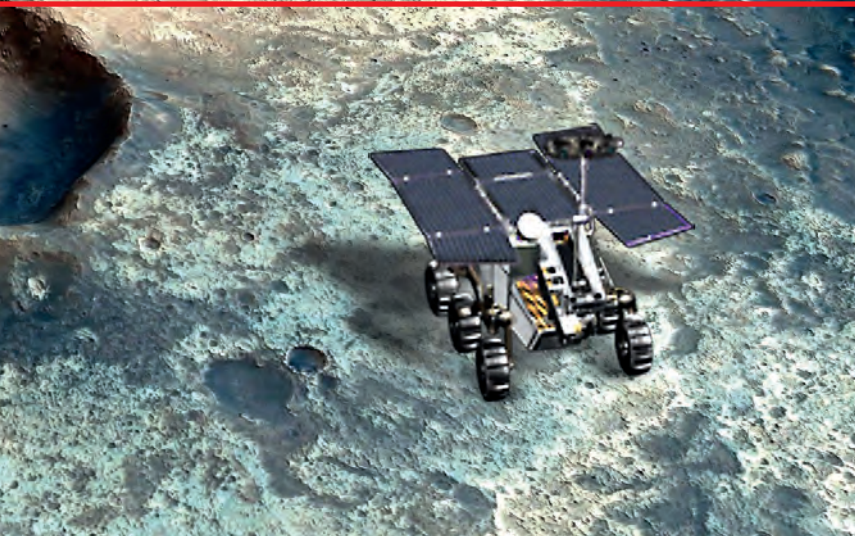
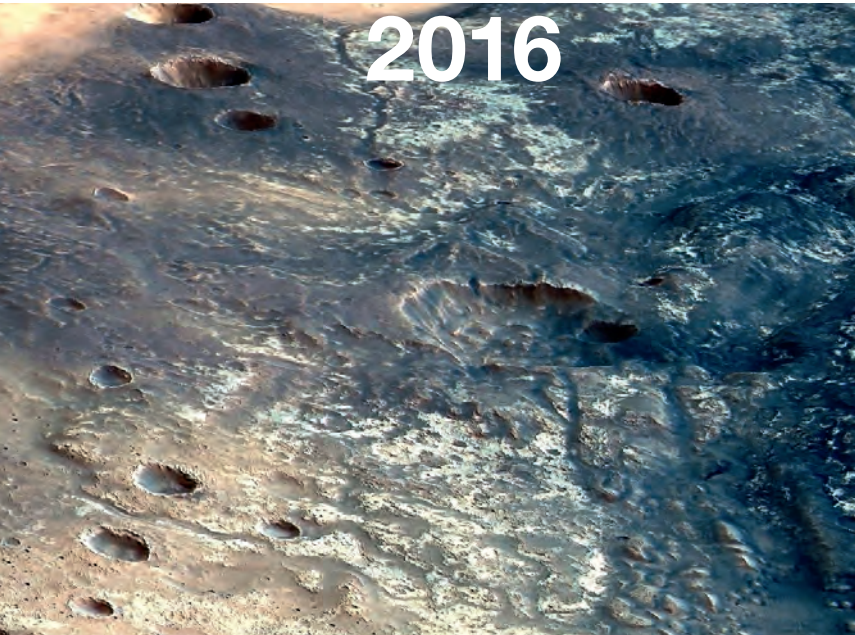
Olympische Sommerspiele in Athen
108 Jahre nach den ersten Olympischen Spielen im Jahr 1896 fanden die Olympischen Sommerspiele 2004 zum zweiten Mal in der griechischen Hauptstadt statt.



Spektakuläre Versteigerung
In New York wird im Mai im Auktionshaus Sotheby's eine Version des berühmten Gemäldes «Der Schrei» von Edvard Munch versteigert. Das Kunstwerk wechselt für 119,9 Millionen US-Dollar den Besitzer.

SpaceX startet mit Dragon durch

Die Ära der privaten Raumfahrt beginnt: Das US-Unternehmen SpaceX entwickelt die Dragon-Kapsel, die die ISS ab Mai mit Material versorgt. Antriebssysteme von maxon motor sind unter anderem für die Einstellung der Sonnensegel verantwortlich. SpaceX-Chef Elon Musk will spätestens 2017 auch bemannte Dragon-Kapseln ins Weltall schicken.



ExoMars-Mission

2016 soll unter dem Namen ExoMars eine Sonde auf die Reise zum Nachbarplaneten geschickt werden, zwei Jahre später soll ein Marsrover folgen. Dieser wird Gesteinsproben aus zwei Metern Tiefe hochholen. maxon motor ist auch bei dieser Mission als Partner dabei und liefert Präzisionsantriebe der DCX-Reihe für den ExoMars-Rover.

Solar Orbiter

Der Orbiter der ESA-Mission wird sich der Sonne so weit nähern wie noch keine andere Weltraummission bisher. Ziel ist es, die Aktivitäten auf der Oberfläche der Sonne genau zu beobachten. Antriebssysteme von maxon werden für die Verstellung des Hitzeschutzes genutzt (siehe S. 20).



Raumschiff Orion

Start der ersten NASA-Orion-Mission mit Astronauten zur Umrundung des Mondes. Später soll das Raumschiff auch für den bemannten Transport zum Mars genutzt werden.



Erste Menschen auf dem Mars
Experten schätzen, dass sich in den 2030er-Jahren die ersten Menschen auf den Weg zum Mars machen könnten. Allerdings steht das noch in den Sternen.

Fotos: ESA, ESA/AOES Medialab, ESA/R. Lockwood, Keystone/AP/Itsuo Inouye, NASA, Reuters/Andreas Kisgergely, Wikimedia/Edward Munch/The Munch Museum Oslo

Und plötzlich wollen alle zum Mond

Jahrzehntelang blieb es ruhig um unseren Erdtrabanten. Doch jetzt hat die Wissenschaft den Mond wieder für sich entdeckt. Mehrere Landemissionen sind in den nächsten Jahren geplant, und eine US-Universität ist mit ihrem Mini-Rover ganz vorne mit dabei.

Rover Andy

Grösse: 102 cm
Masse: 33 kg
 (auf dem Mond nur etwa 5 kg)
Geschwindigkeit: 18 cm/sec
Max. Steigung: 30°
Max. Grösse von Hindernissen: 15 cm

Es schien, als hätte der Mond seinen Glanz verloren. Nach dem Ende der bemannten NASA-Missionen Anfang der Siebzigerjahre setzten die grossen Raumfahrtbehörden andere Prioritäten. ISS, Mars, die Erforschung der Galaxie, um nur einige zu nennen. Jetzt aber, nach vier Jahrzehnten, rückt der Mond wieder in den Fokus. Länder wie China, Japan und Indien haben bereits Landungen durchgeführt oder planen Rovermissionen für die nächsten Jahre. Doch vielleicht kommt ihnen eine kleine Firma zuvor.

Den Google-Preis im Visier

Das Start-up-Unternehmen Astrobotic Technology in Pittsburgh, USA, will im Sommer 2016 einen Lander und einen kleinen Rover auf den Mond bringen. Falls das Vorhaben gelingt, ist es eine kleine Sensation. Es wäre die erste private Weltraummission auf den Erdtrabanten. Zudem würde Astrobotic damit den Lunar XPrize gewinnen, einen Wettbewerb, der von Google lanciert wurde. Den Hauptpreis von 20 Millionen Dollar erhält jenes private Unternehmen, welches als erstes auf dem Mond landet, 500 Meter zurücklegt

und Videobilder zur Erde schickt. Die Deadline des Wettbewerbs wurde mehrfach verschoben und läuft nun bis Ende 2016.

Das junge Unternehmen Astrobotic wurde 2008 vom Roboterspezialisten William «Red» Whittaker gegründet und ist ein Ableger des Roboter-Instituts der Carnegie Mellon University (CMU), mit welcher nach wie vor eng zusammengearbeitet wird. Das Unternehmen hat das langfristige Ziel, günstige Warentransporte auf den Mond anzubieten.

Rover sucht nach Höhlen

Bei der ersten Mission von Astrobotic wird der selbst konstruierte Griffin-Lander unter anderem den Rover Andy auf die Mondoberfläche bringen. Dieses Fahrzeug, das eine Gruppe aus Forschern und Studenten an der Carnegie Mellon University gebaut hat, soll seinen Fokus auf Höhlen legen. Denn gewisse auf dem Mond entdeckte Höhlen, glauben die Wissenschaftler, könnten Eingänge zu unterirdischen Tunnelsystemen darstellen. Solche wiederum wären ideal für künftige Basen von Menschen, da sie dort vor Strahlung,

Faszination Mond

Der Mond ist zwar kahl und grau, aber trotzdem interessant für die Raumfahrt. Zum einen gibt es dort Wassereis, das zum Trinken, Bewässern oder sogar für die Herstellung von Treibstoff verwendet werden kann. Zum anderen können Höhlen als Unterschlupf für Menschen und Infrastruktur dienen. Dies macht den Mond zu einem perfekten Aussenposten für Langzeit-Weltraummissionen.

Andys Antrieb

Der für Andy verwendete bürstenlose EC-4pole 22 ist ein Kraftpaket. Der Rotor ist mit zwei Polpaaren ausgestattet, was ihm eine sehr grosse Leistungsdichte sowie ein hohes Drehmoment verleiht. Der Motor wird mit dem Planetengetriebe GP 32 HD kombiniert, welches speziell für den Einsatz in harschen Umweltbedingungen entwickelt wurde.



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

Mini-Asteroiden und Temperaturschwankungen geschützt wären.

In der Pole-Position

Ob Andy den Google-Preis holt, wird sich zeigen. Schliesslich plant Astrobotic, auch andere Lunar-XPrize-Kandidaten mitzunehmen – sofern diese ihren Platz auf dem Lander zahlen. Gespräche laufen bereits. Und sollte es wirklich so weit kommen, könnte die Menschheit Zeuge des ersten Rover-Rennens auf dem Mond werden. Bis heute liegen Astrobotic und CMU aber klar in der Pole-Position. Ein Beweis dafür ist der Gewinn der drei Milestone-Preise im Wert von insgesamt 1,75 Millionen US-Dollar, die Google im Januar 2015 vergeben hat – in den Kategorien Landing, Imaging und Mobility. Die Teams mussten dafür unter anderem belegen, dass ihr Rover im Vakuum und in der harschen Umwelt des Mondes funktioniert. Der Rover Andy konnte dies in vielen Tests beeindruckend belegen.

Bei der neunmonatigen Entwicklung von Andy achteten die Entwickler und Studenten der Pittsburgh-Universität darauf, einen günstigen und zweckmässigen Rover zu

bauen, und verwendeten deshalb möglichst viele Standardkomponenten. Als Antriebe der vier Räder werden bürstenlose Motoren EC-4pole von maxon eingesetzt – zusammen mit den Planetengetrieben GP 32 HD. «Diese Kombination liefert uns mehr als genug Drehmoment, um jegliche Hindernisse zu bewältigen», sagt Jon Anderson, Master-Student in Robotics an der CMU und technischer Verantwortlicher beim Andy-Projekt. Um den Weltraumbedingungen standzuhalten, wurden am Antrieb leichte Modifikationen vorgenommen; etwa beim Schmierstoff und bei den Schalterplatinen. Das Team schätzt den grossen Erfahrungsschatz von maxon motor bei Weltallprojekten. Anderson sagt: «Es macht unseren Job einfacher, schliesslich müssen wir auf dem Weg zum Mond einige Hindernisse überwinden. Da ist es schön, einen verlässlichen Partner wie maxon zu haben, der unsere Motorenprobleme löst.»



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 1// 2015 herunter und sehen Sie, wie Rover Andy mühelos Steigungen und Hindernisse überwindet. magazin.maxonmotor.ch

Fotos: Carnegie Mellon University, maxon motor ag

Auf Tuchfühlung mit der Sonne

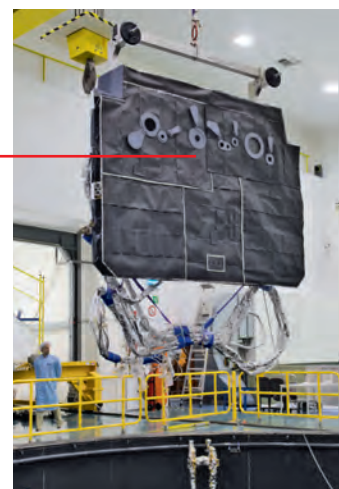
Ohne Sonne gäbe es keine Erde und kein Leben. Trotzdem wissen wir nur wenig über unseren nächsten Stern. Das soll sich ändern. 2017 schickt die ESA den Solar Orbiter ins Weltall – ausgerüstet mit einem dicken Hitzeschild.



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 1 // 2015 herunter und sehen Sie, wie Solar Orbiter konstruiert ist. magazin.maxonmotor.ch



maxon RE 13
Ø 13 mm, Edelmetall-
bürsten, 1,2 W



Der Sonnenschild des Solar Orbiter mit den Öffnungen, die den Instrumenten kurzzeitig die Sicht auf die Sonne freigeben.

Fotos: ESA/Amek Le Floch, ESA / Equinox Graphics, maxon motor ag

Es ist eine schüchterne Annäherung. Schritt für Schritt verändert die Raumsonde Solar Orbiter ihre Umlaufbahn und verringert durch Swing-bys bei Venus und Erde den Abstand zur Sonne, bis dieser nur noch 45 Millionen Kilometer beträgt. Kein Fluggerät war ihr je so nah. Der Weg zurück zur Erde wäre dreimal so lang.

Es ist kein angenehmer Ort für Solar Orbiter. Von vorne brennt die Sonne unbittlich und lässt die Temperaturen auf bis zu 520°C ansteigen. Alle anderen Seiten sind von der ewigen Kälte des Weltalls umgeben. Eine unglaublich grosse technische Herausforderung.

Geheimnis der Sonneneruptionen

Solar Orbiter ist ein Projekt der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) in Zusammenarbeit mit der US-Behörde NASA und soll ein wichtiger Meilenstein in der Erforschung der Sonne sein. Obwohl sie für die Entwicklung der Planeten unseres Systems verantwortlich ist und unser Wetter wie auch das Leben allgemein beeinflusst, wissen wir viel zu wenig über sie. Was steckt zum Beispiel hinter den Sonnenwinden? Was löst Sonneneruptionen aus? Und wie bildet sich die Heliosphäre, diese Blase aus geladenen Partikeln, die sogar über unser Sonnensystem hinausreicht?

Bis die Wissenschaftler Antworten auf diese Fragen erhalten, dauert es noch eine Weile. 2017 soll die Raumsonde mit einer US-Rakete starten, dann wird sie drei Jahre unterwegs sein, bis sie schliesslich mit ihrer Arbeit beginnen kann. Solar Orbiter wird neue Blicke auf die Sonne freigeben, auf ihre Oberfläche und Polkappen. Dafür ist sie mit rund einem Dutzend Kameras und Messinstrumenten ausgestattet. Einige dieser Systeme und Subsysteme werden in Lausanne (Schweiz) entwickelt und gebaut. Die Firma Almatech beteiligt sich unter anderem an STIX, einem Röntgenstrahlenteleskop, welches Sonneneruptionen beobachten und neue Erkennt-

nisse liefern soll über die Beschleunigung von Elektronen und deren Transport in die Tiefen des Weltalls.

Eine Sonnenbrille für die Instrumente

Wie der Mensch nicht direkt in die Sonne blicken sollte, so müssen auch Messinstrumente geschützt werden. Schliesslich ist die Bestrahlungsintensität an Bord von Solar Orbiter 13 Mal so hoch wie auf der Erde. Für die primäre Abschirmung der Hitze ist die Sonde mit einem modernen Hitzeschild ausgestattet, der immer der Sonne zugewandt bleibt. Er hat einzelne Gucklöcher, die während der Messungen geöffnet werden, um den Instrumenten den Blick auf die Sonne freizugeben. In diesen Phasen braucht es aber trotzdem noch eine Dämpfung gegen die Strahlung. Im Falle von STIX sind dies ein Berylliumfilter und ein Aluminiumnetz, das während der Phasen einer Sonneneruption vor die 32 Detektoren geschoben werden kann – mit Hilfe von zwei Motoren maxon RE 13. Die beiden DC-Mikroantriebe sind parallel platziert. Sie können somit gemeinsam oder einzeln betrieben werden, was einen Betrieb über die Dauer von zehn Jahren sicherstellt. So lange soll die Mission dauern.

Bei Almatech sind vier Ingenieure permanent mit dem Detektorsystem, genannt STIX-DEM, beschäftigt. «Es ist eine Herausforderung, ein Gerät zu entwickeln, das nie zuvor gebaut worden ist, und gleichzeitig durch Tests die zuverlässige Funktionsfähigkeit zu beweisen», sagt der Senior Project Manager Fabrice Rottmeier. «Gleichzeitig ist es toll und motivierend, bei einem wissenschaftlichen Programm dabei zu sein, welches den Fragen zum Ursprung des Universums und des Lebens nachgeht.»

Leichte Antriebe als Vorteil

Entscheidend bei Weltraumprojekten ist auch das Gewicht. Hier spielen die maxon Motoren ihre Vorteile aus. Rottmeier sagt: «Mit den Antrieben von maxon konnten wir eine Abschirmung bauen, die weniger als 200 Gramm wiegt und Vibrationen wie etwa beim Start ohne Probleme übersteht.» Zudem sei bei der Motorenfrage die Zuverlässigkeit und bekannte hohe Qualität von maxon motor ausschlaggebend gewesen. Und: «Der Support durch ihre Ingenieure ist sehr flexibel und toll.»



Auf dem mechanischen Schocktester werden die Antriebseinheiten für die Radantriebe des ExoMars-Rovers radial und axial auf ihre Schockresistenz geprüft. Die Anlage erreicht Belastungswerte von 2500 g.

Motoren im Härtetest

Antriebssysteme von maxon motor müssen jede Menge aushalten: starke Vibrationen, extreme Temperaturen und hohe Schocklasten – etwa wenn sie bei der kommenden ExoMars-Mission zum Einsatz kommen. Deshalb hat maxon motor ein eigenes Entwicklungslabor, in dem sich die Motoren und Getriebe harten Prüfungen stellen müssen.

Bis zu 2500 g – kaum vorstellbar, welche enormen Kräfte dann auf einen Gegenstand wirken. Genauer gesagt auf Antriebssysteme von maxon motor. Zum Vergleich: Ein Astronaut erfährt beim Start einer Rakete Erdbeschleunigungen von rund 3 bis 4 g, und bei Kunstflugmanövern werden durchschnittliche Maximalwerte von 8 g erreicht.

Doch zurück zur Erde: Im Entwicklungslabor von maxon motor in Obwalden (Schweiz) werden Motoren und Getriebe auf Herz und Nieren geprüft. Vor Ort findet man jede Menge technisches Equipment – wie Vakuumkammern, verschiedene Klima-Temperatur-Systeme und einen mechanischen Schocktester. Im zuletzt genannten Prüfgerät werden die eingangs erwähnten extremen

g-Werte erreicht und die Motoren auf ihre Schockresistenz hin geprüft. Das Gerät wurde speziell für maxon HD-Motoren (Heavy Duty) beschafft. Aktuell befinden sich Antriebssysteme für die ExoMars-Mission, konkret Motor-Getriebe-Kombinationen für die Radantriebe des Rovers, auf dem Prüfstand (mehr zum ExoMars-Rover siehe S. 6).

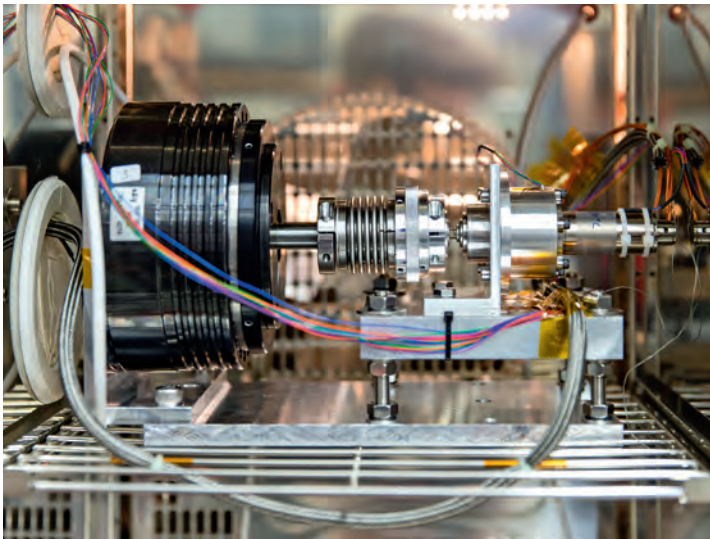
Zwei Jahre Laufzeit – und mehr

Das Labor allein ist schon beeindruckend – kommt man jedoch in den Raum für die Lebensdauertests von Motoren, sieht man endlose Reihen von Gerüsten, die alle mit unterschiedlichen Motoren und Steuerungen bestückt sind. Hier werden mehr als 1000 Motoren auf ihre Lebensdauer getestet.



Martin Odermatt, Entwicklungsingenieur bei maxon, überprüft einen Motor.

Fotos: maxon motor ag / Philipp Schmidli



In dieser Temperaturkammer wird ein ExoMars-Antrieb auf das Erfüllen der geforderten Performance bei verschiedenen Temperaturen getestet.

Teilweise gibt es Antriebe, die bereits jenseits von 20000 Stunden laufen. Die Tests werden nahezu täglich von den Entwicklungsingenieuren des Labors überprüft.

Ein Ölbad für Motoren

Besonders harten Testbedingungen müssen sich die Motoren stellen, die in bis zu 200 °C heisse Ölbad getaucht werden. Dabei handelt es sich um maxon HD-Antriebe, die speziell für Anwendungen in Öl entwickelt wurden, wobei auch durch leichte Modifikation ein Betrieb unter 200 °C Luft möglich ist. Einsatzgebiete liegen zum Beispiel im Bereich der Tiefenbohrung – dort herrschen hohe Temperaturen, extreme Druckverhältnisse und starke Vibrationen, die nur die HD-Antriebssysteme problemlos aushalten können. Um sicherzustellen, dass diese Antriebe einwandfrei in der Tiefe funktionieren, sind kontinuierliche Tests unerlässlich.

Marsatmosphäre im Labor

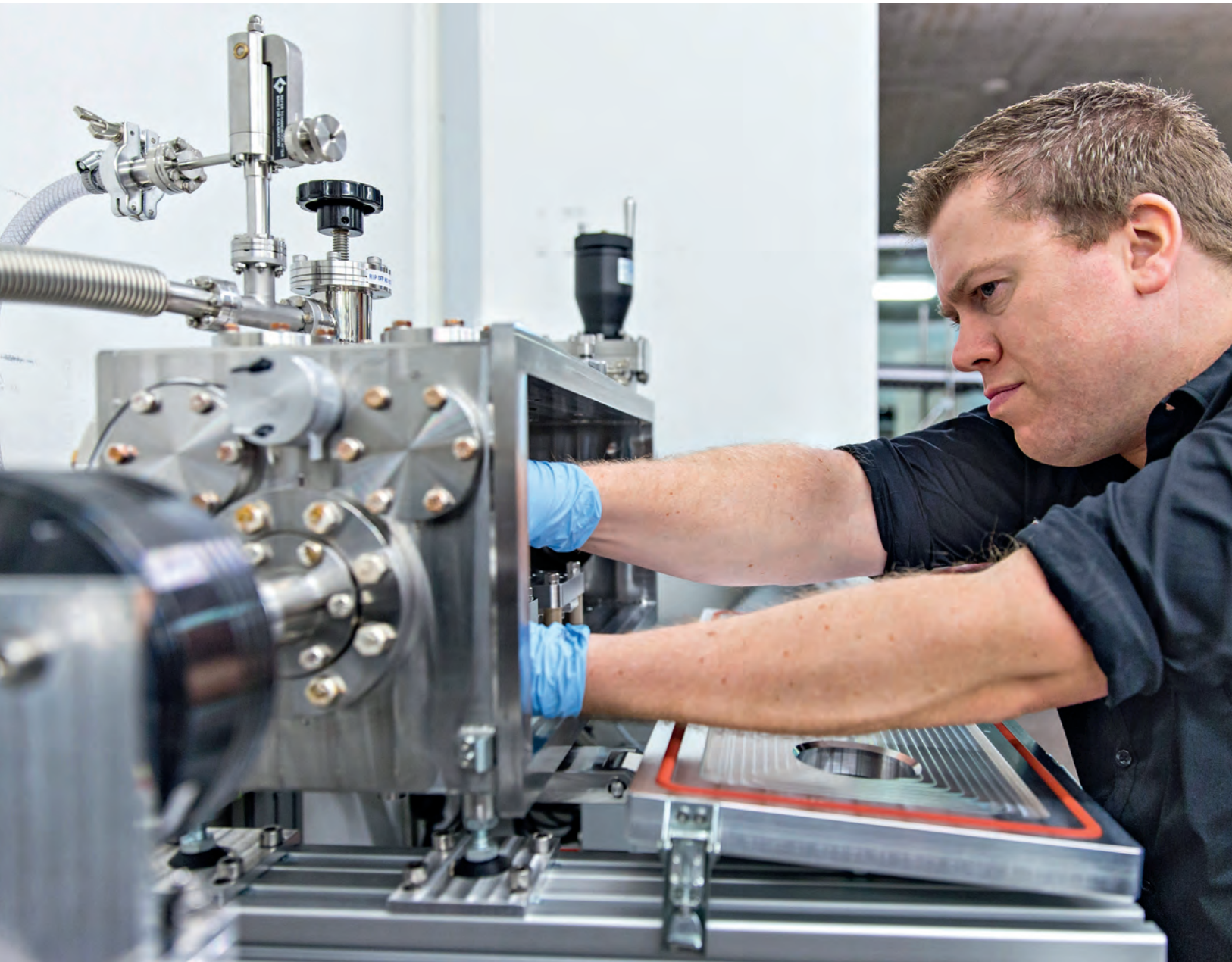
Die robusten maxon Motoren sind ebenso für die Luft- und Raumfahrt geeignet. Im Labor findet man deshalb auch eine Vakuumkammer, mit der neben reinem Vakuum auch die dünne Marsatmosphäre simuliert wird. «Die Motoren werden in der Kammer genau den Umweltbedingungen ausgesetzt, wie sie

auf dem Mars herrschen – nur so können wir dem Kunden garantieren, dass unsere Antriebe einwandfrei an diesem fernen Ort funktionieren», erklärt Nico Steinert, Entwicklungsingenieur bei maxon motor. Die futuristisch wirkende Hochvakuumanlage wurde speziell für die ExoMars-Mission aufgebaut. Dort laufen Tests für die Motoren und Getriebe, die im Jahr 2018 auf dem Mars zum Einsatz kommen. Mit der Kammer kann ein Druck von $<10^{-6}$ mbar und Temperaturen von -150 bis +200 °C erreicht werden.

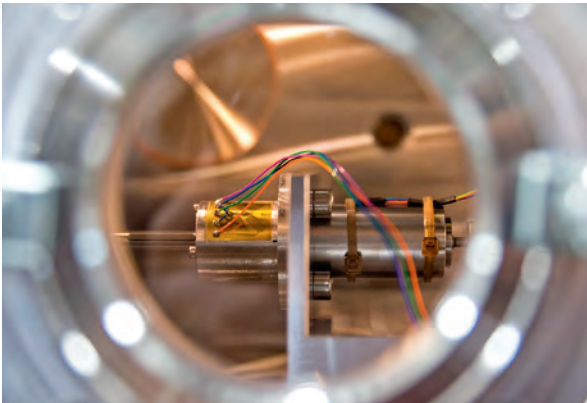
Durch das hauseigene Entwicklungslabor ist maxon motor in der Lage, seine Antriebssysteme ausführlich zu prüfen und eventuell auftretende Probleme rechtzeitig zu erkennen und zu beseitigen. Die Entwicklung der Antriebssysteme wird somit stetig vorangetrieben, und die Qualität bleibt ständig gewährleistet. ■■■



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 1// 2015 herunter und sehen Sie, wie ein Motor starke Vibrationen übersteht. magazin.maxonmotor.ch



Nico Steinert, Entwicklungsingenieur bei maxon motor, baut einen HD-Motor mit einem speziellen ExoMars-Getriebe in die Vakuumkammer ein.



In der Vakuumkammer kann durch CO₂-Zufuhr die dünne Marsatmosphäre simuliert werden, die bis zu 95 Prozent aus Kohlendioxid bei 8 bis 10 mbar besteht.

400 Kilometer über der Erde

Die Internationale Raumstation (ISS) ist eine technische Meisterleistung. Im höchsten Forschungslabor der Welt sind auch Antriebssysteme von maxon motor an Bord – zum Beispiel in experimentellen Robotern.

Die Internationale Raumstation fliegt nun schon seit 15 Jahren in der Umlaufbahn der Erde. Als internationale Forschungsstation wird sie gemeinsam von der US-amerikanischen NASA, der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos, der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) sowie den Raumfahrtagenturen Kanadas (CSA) und Japans (JAXA) genutzt. Seit der Inbetriebnahme der ISS im November 2000 sind bereits 216 Astronauten zur Raumstation geflogen, um diese zu erweitern und um zahlreiche Forschungen durchzuführen. Seit 2001 konnten mehr als 900 Experimente aus 63 Ländern realisiert werden.

So wird unter anderem erforscht, wie sich Pflanzen ohne Schwerkraft orientieren, warum der Mensch im Weltall Muskeln und Knochen abbaut und wie sich menschliche Immunzellen in der Schwerelosigkeit verhalten. Denn schon heute weiss man, dass das Immunsystem der Astronauten im All geschwächt ist. Genauer gesagt sei das Immunsystem im All zu vergleichen mit dem reduzierten Immunsystem von alten Menschen, erläutert Alexandra Deschwanden, Leiterin des Biotesc-Teams der Hochschule Luzern. Zwei Forschungsprojekte hat das Team An-

fang Januar 2015 mit der SpaceX-Dragon-Kapsel zur ISS geschickt (siehe Interview auf S. 30).

Technisches Equipment ist für die Experimente an Bord der ISS unentbehrlich, dazu gehören beispielsweise verschiedene Laborgeräte. Eine entscheidende Rolle spielen auch Roboter, welche die Aufgaben von Astronauten übernehmen oder ihnen assistierend zur Seite stehen.

Spezielles Roboterexperiment

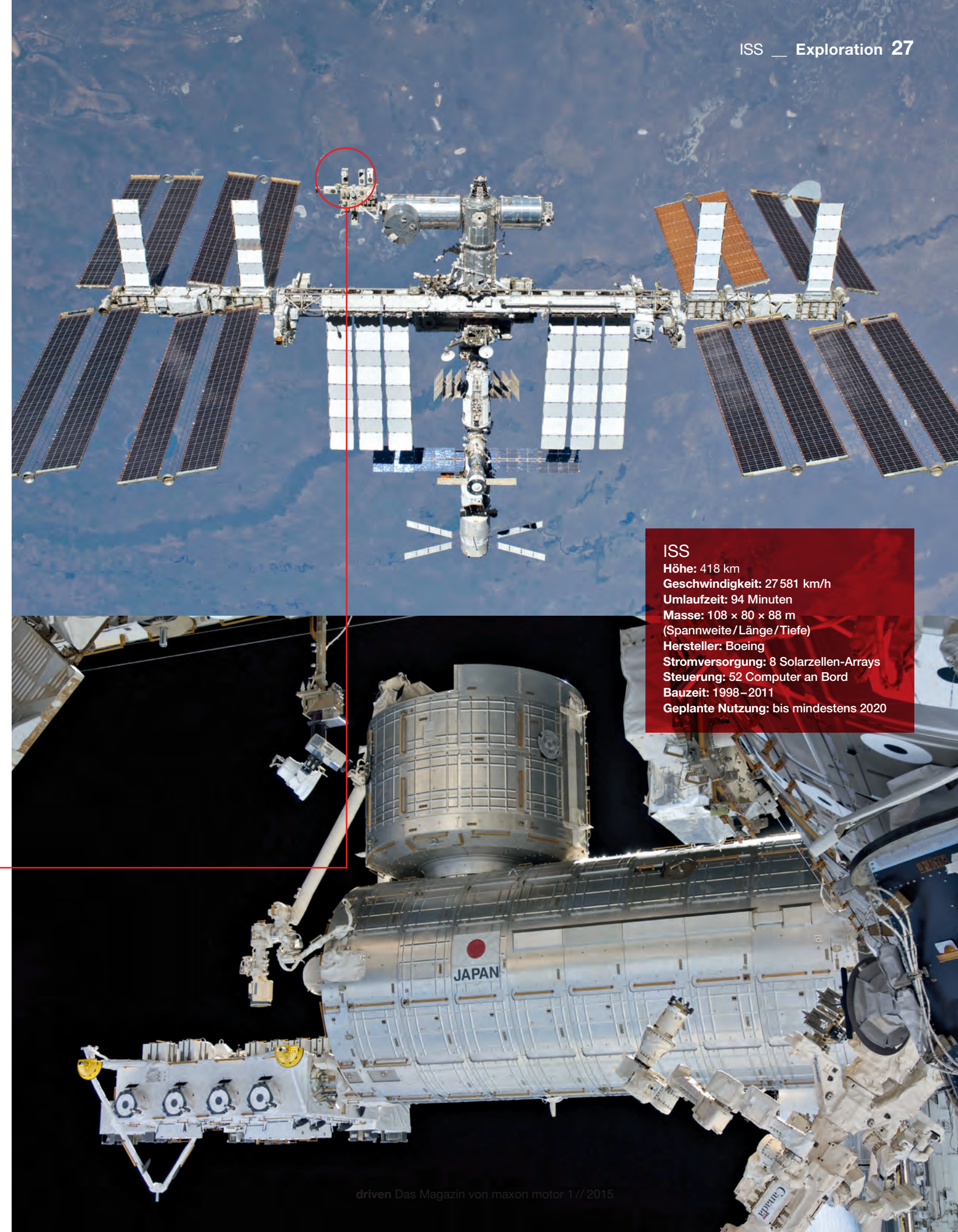
Ein solcher experimenteller Roboter namens «REX-J» (Robot Experiment on JEM) wurde von 2012 bis 2013 im japanischen Modul Kibo der ISS eingesetzt. Entwickelt hat ihn die Raumfahrtbehörde JAXA. Ziel des Experiments ist es, eine neue Generation von Robotern (Astroboots) zu entwickeln, die in der Lage sind, sich entlang der Aussenhülle und im Innern der ISS zu bewegen, Lasten zu heben oder auch Inspektionen durchzuführen.

Die Einzigartigkeit des Roboters liegt in seiner speziellen Fortbewegungsart, welche auf einem Haltesystem mit Kabeln basiert. Befestigt werden diese mit Haken an bereits vorhandenen Griffstangen an der ISS, die den

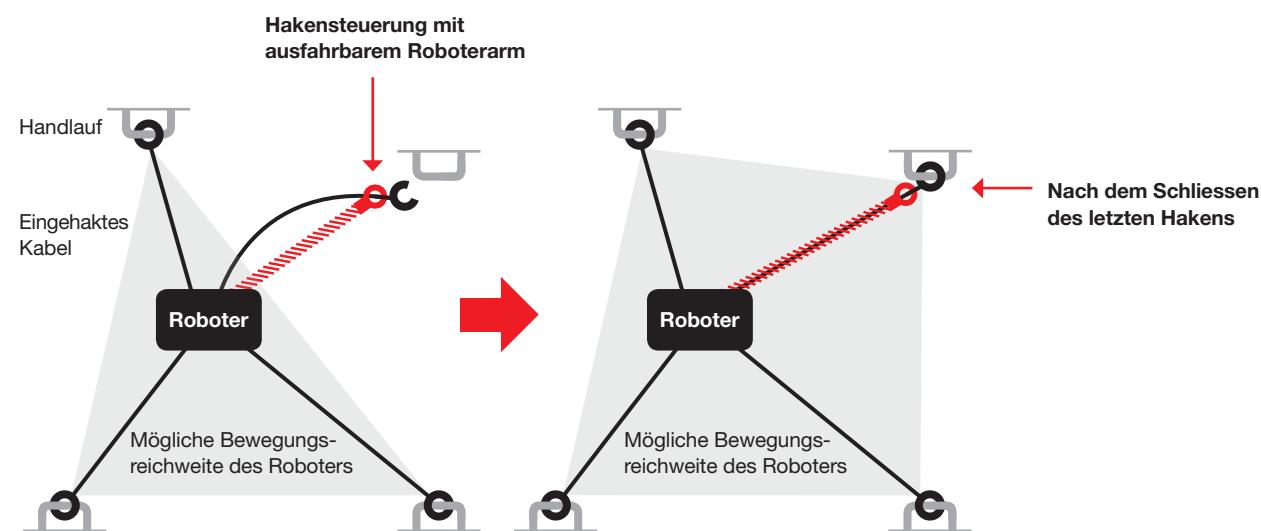


maxon EC-max 16
Ø 16 mm, bürstenlos

Fotos: maxon motor ag, NASA



ISS
Höhe: 418 km
Geschwindigkeit: 27 581 km/h
Umlaufzeit: 94 Minuten
Masse: 108 × 80 × 88 m
(Spannweite/Länge/Tiefe)
Hersteller: Boeing
Stromversorgung: 8 Solarzellen-Arrays
Steuerung: 52 Computer an Bord
Bauzeit: 1998–2011
Geplante Nutzung: bis mindestens 2020



Roboter REX-J nutzt Griffstangen an der Aussenhülle der ISS, um sich daran spinnenartig fortzubewegen. Mithilfe eines Roboterarms hakt er sich daran fest und bewegt sich an in der Länge variablen Kabeln entlang.

Astronauten zur Sicherung bei Ausseneinsätzen dienen. Der mobile Roboter verfügt über einen ausfahrbaren Arm, an dessen Ende eine Roboterhand befestigt ist, welche die Kabel an verschiedenen Stellen anbringen kann. Dadurch ist der Roboter in der Lage, sich «spinnenartig» auf einer Oberfläche fortzubewegen. Gesteuert wird der Roboter von der Bodenstation aus, sodass keine Unterstützung durch die ISS-Crew notwendig ist.

Präzise Bewegungen

In REX-J kommen gleich mehrere Antriebssysteme von maxon motor zum Einsatz – so auch im ausfahrbaren Roboterarm. Das Handgelenk des Roboters verfügt über zwei Freiheitsgrade: vertikal und horizontal. Im Gelenk und im ausfahrbaren Arm befinden sich bürstenlose EC-max-Motoren, Planetengetriebe und Encoder. Die Steuerelektronik für die Motoren befindet sich am Ende des Roboterarms. Weitere maxon Antriebssysteme befinden sich unter anderem im Drehmechanismus des Roboters, im Roboterarm und in der Kabelspule (Aufrollmechanik).

Alle Experimente mit REX-J wurden erfolgreich durchgeführt. JAXA wird nun das

Robotersystem weiterentwickeln, damit dieses in Zukunft für ganz verschiedene Tätigkeiten im Weltall eingesetzt werden kann. Dazu gehören das Monitoring von ISS-Geräten und die visuelle Inspektion der Raumstation, um Beschädigungen an der Aussenhülle zu identifizieren. Zudem sollen die mobilen Astrobots in ferner Zukunft in der Lage sein, grosse Solarpanel-Satelliten für die Energiegewinnung im All zusammenzubauen.



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 1// 2015 herunter und sehen Sie REX-J in Aktion.
magazin.maxonmotor.ch

Fotos: ESA/NASA, ESA Astronaut Alexander Gerst, Dörr GmbH



WETTBEWERB

Ein Blick von der ISS auf...?

Sagen Sie uns, welches Land Sie sehen. Ist es Australien, England oder Brasilien? Senden Sie Ihre Antwort an driven@maxonmotor.com und gewinnen Sie ein Spiegelteleskop, mit dem Sie die Planeten unseres Sonnensystems erforschen können.

Teilnahmeschluss ist der 31. August 2015.



Das Dörr-Danubia-Teleskop Delta 30 ist ein kompaktes Spiegelteleskop mit einer hohen Brennweite.

«Ich hatte schon immer ein Faible für Science-Fiction»

Das Team von Biotesc (Hergiswil NW) hat einen direkten Draht zur Internationalen Raumstation (ISS) und beobachtet dort, wie biomedizinische Experimente durchgeführt werden. Alexandra Deschwanden, Leiterin von Biotesc, erklärt im Interview, was sich im Kompetenzzentrum und im All abspielt.

Alexandra Deschwanden, Sie kommen am Morgen in die Villa am See, und ein paar Minuten später sind Sie live mit der ISS verbunden. Da liegen doch Welten dazwischen.

Ja, wenn ich darüber nachdenke, ist es schon irgendwie verrückt. Kaum jemand vermutet hinter den Mauern der Villa ein solches Szenario. Aber inzwischen ist es für mich der Normalfall. Und dennoch ist jeder Kontakt zur ISS wieder aufs Neue spannend.

Was genau passiert im Kompetenzzentrum?

Ganz kurz gesagt betreuen wir zusammen mit der ESA unter anderem biomedizinische Experimente auf der ISS. Mein Team plant den Ablauf auf die Minute genau. Wir sind live dabei, wenn an Bord der ISS die Experimente durchgeführt werden. Dazu erstellen wir detaillierte Anleitungen und Ablaufpläne für die ISS-Crew. Und simulieren hier vor Ort die meisten Experimente, damit im Orbit kein unerwarteter Fehler auftritt. Ausserdem liegt die Verantwortung für die Hardware – den Kubik, in dem die Experimentiermodule untergebracht sind – bei Biotesc.

Wie werden die Experimente durchgeführt?

Sie finden häufig, aber nicht nur, in einem Kubik statt – das sind Boxen, die für biologische Experimente in der ISS verwendet werden. Es handelt sich dabei, wie der Name schon sagt, um eine kubische Box, einen kleinen Inkubator, der auf 37 Grad aufgeheizt werden kann. Dort werden die Proben-Container eingesteckt. Wir überwachen während der Experimente, wie, wo und wann der Kubik angeschlossen wird und wann die Proben

installiert und wieder entnommen werden müssen.

Seit wann werden biologische Experimente im All durchgeführt?

Biotesc plant und begleitet seit dem Jahr 2000 im Auftrag der ESA biologische Experimente von Forschungsgruppen aus aller Welt. Doch die Forschungsgruppe hat schon seit den 1970er-Jahren Biologieexperimente unter Schwerelosigkeit durchgeführt.

Worum genau handelt es sich bei diesen biomedizinischen Experimenten?

Beim letzten Experiment, das mit einer SpaceX-Rakete Anfang Januar 2015 zur ISS startete, wurden menschliche Immunzellen der Schwerelosigkeit ausgesetzt. Der Auftrag kam über die NASA von einer amerikanischen Forscherin. Die italienische Astronautin Samantha Cristoforetti hat das Experiment durchgeführt, und wir haben ihr dabei ganz genau zugeschaut, um ihr allenfalls sofort die optimale Unterstützung zu bieten.

Was soll bei dieser Art von Forschung herausgefunden werden?

Das Immunsystem des Menschen arbeitet in Schwerelosigkeit nicht mehr zu 100 Prozent. Das heisst, ein Astronaut, der sich in der Schwerelosigkeit aufhält, hat ungefähr das Immunsystem eines alten Menschen. Mit dem Immunzellen-Experiment soll herausgefunden werden, warum die Zellen in der Schwerelosigkeit schwächer werden. Was geschieht in der Zelle, was hat sich verändert? Mit Hilfe der Forschungsergebnisse können Medikamente entwickelt werden, die das Immunsystem von älteren Menschen vielleicht wieder auf Trab bringen. Auch im Hinblick auf längere Raumfahrtmissionen könnten die Forschungen für die Astronauten nützlich sein, damit ihre Zellen auch im All fit bleiben.

Wie sieht ein Tag im Kontrollzentrum aus?

Ich komme am Morgen schon, bevor der Astronauten-Arbeitstag beginnt. Ich bereite dann alles an der Kontrollkonsole vor, eventuell kommen vorab auch noch Fragen vom Flight-Control-Team zu den Aktivitäten. Dann gibt es ein kurzes Meeting zu einer genau definierten Zeit, bei dem der Crew Informationen zu den Abläufen gegeben werden. Ich warte dann



Alexandra Deschwanden und ein Kollege mit dem Inkubator Kubik.

ab, bis unsere Aktivitäten starten – oft haben wir dann eine Videoverbindung, und ich kann den verantwortlichen Astronauten zuschauen und bei Bedarf Fragen beantworten.

Haben Sie jemals davon geträumt, dem Weltraum so nah zu sein?

Das war unvorstellbar. Aber ich hatte schon immer ein Faible für Science-Fiction. Nach meinem Studium der Humanbiologie war ich auf der Suche nach einer Arbeitsstelle, und da habe ich per Zufall das Inserat der ETH Zürich entdeckt, das einfach total spannend klang. Prozeduren und Experimente für Astronauten vorzubereiten und zu unterstützen, finde ich faszinierend. 2013 zog die Forschungsgruppe von Zürich nach Hergiswil, und seitdem gehört das Kompetenzzentrum zur Hochschule Luzern.

Was ist dieses Jahr noch geplant?

So viele Experimente wie dieses Jahr hatten wir noch nie in Planung. Insgesamt werden es wohl sieben Experimente sein – darunter auch eins mit menschlichen Stammzellen. Im Schnitt haben wir sonst nur zwei bis drei Experimente. ■■■■

Anwendungsbeispiel

Motoren für Mikrosatelliten

Bei Standardanwendungen ist die Suche nach geeigneten Getrieben und Motoren ziemlich einfach. Kommen jedoch spezielle Umgebungsbedingungen und Grössenbeschränkungen ins Spiel, müssen weitere Überlegungen angestellt und möglicherweise Kompromisse eingegangen werden, um das optimale Antriebssystem zu finden. Wir zeigen einen solchen Fall anhand eines Antriebs für Mikrosatelliten.

Von Urs Kafader





Urs Kafader ist seit 19 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 Verkaufsnetz, 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.

Fotos: CNES, maxon motor ag

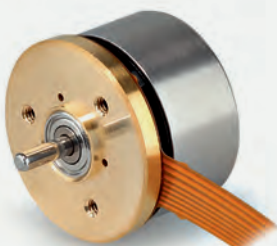
Herausforderung

Gesucht wird ein Antriebssystem für ein fiktives Mikrosatelliten-Forschungsprojekt. Die wichtigsten Einschränkungen für den Motor sind Grösse und Gewicht. Der Durchmesser darf nicht grösser als 36 mm sein bei einer maximalen Länge von 45 mm. Der Motor benötigt ein Mindestdrehmoment von 180 mNm, bei einer Drehzahl von etwa 200 U/min. Ausserdem wird eine einfache Form der Positionsrückmeldung benötigt. Das Ziel ist, einen Motor zu finden, der im Laufe eines Jahres 5000 Betriebszyklen (20 s/Zyklus) in einem Mikrosatelliten im niedrigen Erdorbit übersteht. Doch welcher Motor ist der richtige, um die Grössen- und Drehmomentanforderungen zu erfüllen? Und kann man einen Motor so anpassen, dass er das Vakuum und die Strahlungsbelastung im Orbit übersteht?

Zu berücksichtigende Aspekte
Leistungsdichte: Drehzahl, Drehmoment und Abmessungen

Die benötigte mechanische Leistung ist $\pi/30 \cdot 200 \text{ U/min} \cdot 0,15 \text{ Nm} = \text{etwa } 3 \text{ W}$. Das ist sehr wenig. Die Drehmomentlast wirkt nur für jeweils 20 s, möglicherweise mit langen Pausen dazwischen. Es handelt sich daher um punktuelle Einsätze, und der Motor läuft im Kurzzeitbetrieb. Es gibt Motoren mit einem Durchmesser unter 36 mm, die das nötige Drehmoment liefern. Sie können jedoch die Längenbeschränkung nicht erfüllen. Flachmotoren, die kurz genug sind, haben dagegen einen zu grossen Durchmesser.

Ein Ausweg aus diesem Dilemma ist, einen Flachmotor mit einem Getriebe mit wenigen Stufen zu kombinieren. Die erforderliche Drehzahl ist für einen Motor ziemlich nied-



maxon EC 20 flach
Ø 20 mm, bürstenlos,
3 und 5 W

Motoren mit passendem Drehmoment

Motortyp	Durchmesser x Länge	Gewicht (g)	Konstruktion	Nenn-dreh- moment (mNm)	Therm. Zeitkonstante der Wicklung (s)	Hallsensor (Zustände pro Windung)
	(mm)					
EC-i 40, 50 W	Ø 40 x 26	170	genutet, bürstenlos	etwa 50	12	42
EC-i 40, 50 W	Ø 40 x 36	240	genutet, bürstenlos	etwa 80	19	42
EC 45 flach, 30 W	Ø 45 x 16	75	genutet, bürstenlos	etwa 50	12	48
EC 45 flach, 50 W	Ø 45 x 21	110	genutet, bürstenlos	etwa 80	18	48
EC-max 30, 60 W	Ø 30 x 64	305	nutenlos, bürstenlos	etwa 60	3	6
EC-4pole 30, 100 W	Ø 30 x 47	210	nutenlos, bürstenlos	etwa 70	4,6	12
EC-4pole 22, 120 W	Ø 22 x 66	175	nutenlos, bürstenlos	etwa 65	6,5	12
EC 22, 100 W	Ø 22 x 63	128	nutenlos, bürstenlos	etwa 48	5	6
EC 22 HD, 80 W	Ø 22 x 90	210	nutenlos, bürstenlos	etwa 58	6	6
RE 30, 60 W	Ø 22 x 68	260	nutenlos, bürstenbehaftet	etwa 80	16,3	–
DCX 26 L	Ø 26 x 57	170	nutenlos, bürstenbehaftet	etwa 54	24	–

Die Tabelle zeigt eine Auswahl von Motoren (aus dem Selection Guide des maxon Katalogs, S. 21–27), welche die Drehmomentanforderungen erfüllen (alle Werte genähert oder gerundet).

rig; deshalb sind Kombinationen mit einem Standardgetriebe möglich, mit einem Untersetzungsverhältnis von etwa 8000 U/min : 200 U/min = 40 : 1.

Lebensdauer und Umgebungsbedingungen

Die Lebensdauer beträgt etwa 1700 Stunden, was für maxon Antriebe kein Problem ist. Das Vakuum im niedrigen Orbit (150–2000 km Höhe) liegt bereits im Hoch- oder Ultrahochvakuumbereich. Die Lebensdauer der Bürsten kann dadurch sehr stark beeinträchtigt werden. Es empfiehlt sich daher, eine Lösung mit bürstenlosem Motor zu verwenden.

Vibrationen stellen kein Problem dar, da maxon Antriebe schon mehrfach unter Beweis gestellt haben, dass sie den Vibrationen bei einem Raketenstart standhalten. Vor allem Gewicht und Grösse sind bei Raumfahrtanwendungen wichtige Punkte. Je kleiner und leichter, desto besser.

Regelung

«Eine einfache Form der Positionsrückmeldung» ist eine sehr vage Aussage. Man könnte sich einen bürstenlosen EC-Motor mit Hall-Sensoren vorstellen, insbesondere in Verbindung mit einem Getriebe. Die grosse Frage ist: Welchem Zweck sollen die Positionsdaten dienen? Werden sie in eine Regelschleife eingespielt, um die Position aktiv zu halten? Oder soll über die Positionsdaten nur überwacht werden, ob sich der Antrieb bewegt hat? Wie steht es mit der Genauigkeit? All diese Fragen machen es schwierig, einen geeigneten Sensor zu definieren.

Auswahl des Motortyps ohne Getriebe

Motoren können ein Drehmoment in Höhe des doppelten Dauerdrehmoments für eine Dauer von bis zu einer thermischen Zeitkonstante entwickeln. Dazu passen Motoren mit einem Dauerdrehmoment von 80 bis 120 mNm und einer thermischen Zeitkonstante von etwa 20 Sekunden (vgl. Tabelle auf S. 35).

Es ist leicht ersichtlich, dass keiner der Motoren die Grössenbeschränkungen erfüllt. Wegen der grösseren Masse des Eisenkerns

haben EC-Motoren mit genuteter Wicklung eine höhere thermische Zeitkonstante als Motoren mit nutenloser Wicklung. Sie sind für den 20-Sekunden-Überlastbetrieb besser geeignet. Das geringere Gewicht spricht insbesondere für den EC-45-Flachmotor. Die bürstenbehafteten DC-Motoren (RE 30 und DCX 26 L) wären unter den Gesichtspunkten Drehmoment und thermische Zeitkonstante gut geeignet. Die reduzierte Bürstenlebensdauer im Vakuum macht sie jedoch zu einer schlechten Lösung. Spezielle Bürsten sind eine Überlegung wert, jedoch wäre dann für die Positionsrückmeldung ein Encoder erforderlich.

Lösungen mit Getriebe

Eine Überlast von 20 Sekunden ist eine sehr lange Zeit für ein Getriebe. Die Regel ist normalerweise maximal 1 Sekunde! Daher sollte ein Getriebe mit einem Dauerdrehmoment von mehr als 0,18 Nm ausgewählt werden. Andererseits reduziert ein Getriebe das erforderliche Motordrehmoment drastisch.

Ein Blick in den maxon Selection Guide zur Getriebeauswahl gibt Aufschluss über mögliche Getriebekandidaten. Unter dem Gesichtspunkt des Drehmoments wären GP 13 A sowie GP 16 A und C fast perfekt. Jedoch passt keiner der Flachmotoren zu diesem Getriebe. Als mögliche Alternative kommt das Getriebe GP 22 A in Kombination mit einem Flachmotor EC 20 in Frage (vgl. Tabelle S. 35).

Die hohe erforderliche Ausgangsdrehzahl von 200 U/min lässt nur Untersetzungsverhältnisse bis etwa 40:1 zu (Getriebeeingangsdrehzahl von typisch 8000 U/min), das heisst, es kommen nur zweistufige Getriebe in Frage. Das erforderliche Motordrehmoment entspricht dem Lastmoment am Getriebeausgang von 180 mNm.

Während das GP 13 A im Dauerdrehmomentbereich betrieben wird, ist das Nennmoment des passenden Motors EC 13 nicht hoch genug. Er läuft im Kurzzeitbetrieb. Die Überlastung ist nicht hoch, dauert aber für einen Motor mit einer thermischen Zeitkonstante der Wicklung von nur 0,6 Sekunden ziemlich lange an. Ausserdem gibt es für diesen Motor keinen Encoder. Bei der Lösung mit dem

Foto: maxon motor ag

Ausgewählte Lösungen mit Motor-Getriebe-Kombinationen						
Getriebetyp	Dauer-drehmoment	Untersetzung	Erforderliches Motordrehmoment	Bürstenloser Motor	Motor-Nenn-drehmoment	Gewicht der Einheit, Gesamtlänge
GP 13 A	0,2 Nm (2 Stufen)	26:1 (2 Stufen)	8,4 mNm	EC 13, 12 W (ohne Encoder)	5,5 mNm	29 + 14 = 43 g 54 mm
GP 16 A	0,15 Nm (2 Stufen)	29:1 (2 Stufen)	7,7 mNm	EC-max 16, 8 W	7,8 mNm	52 + 23 = 75 g 59 mm
GP 16 A	0,3 Nm (2 Stufen)	29:1 (2 Stufen)	7,7 mNm	EC-max 16, 8 W	7,8 mNm	52 + 23 = 75 g 59 mm
GP 22 A	0,5 Nm (2 Stufen)	29:1 (2 Stufen)	8,9 mNm	EC 20 flach, 3 W	3,5 mNm	15 + 55 = 70 g 34 mm
GP 22 A	0,5 Nm (2 Stufen)	29:1 (2 Stufen)	8,9 mNm	EC 20 flach, 5 W	8 mNm	22 + 55 = 77 g 43,5 mm

GP 16 A ist das Lastmoment für den Dauerbetrieb etwas zu hoch. Es gibt jedoch die Keramikversion GP 16 C, mit ausreichend Drehmoment und den gleichen Motorkombinationen und -abmessungen. Die Kombination von GP 16 C und EC-max 16 ergibt eine Lösung mit sehr geringem Gewicht, die im Dauerbetriebsbereich voll funktionsfähig ist. Jedoch ist diese Kombination zu lang.

Die einzige Lösung, die die Grössenanforderungen erfüllt, ist die Kombination von GP 22 A und EC 20 flach (3 W). Das Motordrehmoment ist jedoch ziemlich klein, sodass die Überlastung hoch ist. Zudem besteht im Vakuumbetrieb ein hohes Risiko, dass der Motor überhitzt. Die 5-Watt-Version des EC 20 wäre besser geeignet.

Die optimale Lösung

Grundsätzlich hängt alles von der Gewichtung der Anforderungen ab. Wenn die genannte Grössenbeschränkung feststeht, gibt es nur eine Lösung: das GP 22 A mit EC 20 flach (3 W). Der Motor würde jedoch bis an die thermische Belastungsgrenze und eventuell darüber hinaus belastet werden. Wenn das Gewicht die wichtigste Anforderung ist, dann ist GP 13 mit EC 13 die beste Lösung. Ohne Positionsregelung und wegen einiger Bedenken hinsichtlich des Überlastbetriebs sind jedoch weitere Überlegungen erforderlich. Wenn der Betrieb innerhalb sicherer Grenz-

werte und ein geringer Temperaturanstieg wichtig sind, stellen GP 22 A und EC 20 flach (5 W) oder GP 16 C und EC-max 16 eine gute Wahl dar.

Wenn die Grössenbeschränkungen geändert werden können, sodass ein kürzerer Antrieb mit höherem Durchmesser möglich ist, sind die Flachmotoren EC 45 gute Alternativen.

Was lernen wir aus diesem Beispiel? Bei niedrigen Drehzahlen kann eine Lösung mit Getriebe gegenüber einer reinen Motorlösung Vorteile bei Grösse, Gewicht, Positionsauflösung und sogar Kosten haben. Die Anforderungsspezifikation sollte so präzise wie möglich sein. Was genau hat man sich unter einer «einfachen Form der Positionsrückmeldung» vorzustellen? Schliesslich kommt es bei der Auswahl von Antriebseinheiten für eine bestimmte Anwendung auf den Gesamtkontext an. Es zählen nicht nur Drehzahl und Drehmoment, sondern auch Betriebszyklen, Geometrie und die Art der Ansteuerung.



maxon GP 22 A
Ø 22 mm, 0,5–1 Nm

Auf der Suche nach der Erde 2.0

Die Astrophysikerin Sara Seager widmet sich voll und ganz der Suche nach Exoplaneten. Grosse Hoffnungen setzen sie und ihre Kollegen in den neuen Satelliten TESS, der Dutzende von erdähnlichen Objekten entdecken soll.

Jeder Stern am Himmel ist eine Sonne. Und wenn unsere Sonne Planeten hat, könnten auch andere Sterne Planeten haben. Diese Vermutung trifft zu. Doch obwohl Astronomen tausende solcher Exoplaneten gefunden haben, ist bisher kein System darunter, das unserem Sonnensystem ähnelt. Wir wissen inzwischen, dass einige Systeme zwei Sterne haben. Es gibt zudem Planeten, die ihren Stern in nur einem Zehntel des Abstands zwischen Merkur und Sonne umkreisen. Bei manchen Sternen liegen sogar alle Planeten innerhalb des Radius, mit dem in unserem System die Venus die Sonne umkreist. Der häufigste Planetentyp ist zudem nicht, wie früher angenommen, ein Riesenplanet (das Endprodukt eines unausweichlich eskalierenden Wachstums bei der Planetenbildung), sondern ein Planet von maximal doppelter bis dreifacher Erdgrösse, der im jeweiligen Sonnensystem kein Gegenstück hat und dessen Entstehungsprozess unbekannt ist. Das Kepler-Weltraumteleskop der NASA hat viele dieser rätselhaften Planeten gefunden.

Obwohl wir tausende Exoplaneten kennen, können wir noch nicht sagen, ob ein Planet wirklich erdähnlich ist – also mit Ozeanen, Kontinenten und atembare Luft – oder eher wie die Venus, mit einer Treibhausatmosphäre, unter der die Oberfläche siedend heiss und lebensfeindlich ist. Was wir brauchen, ist eine Technologie zur Beobachtung der Atmosphäre anderer Planeten, um die Treibhausgase zu evaluieren und daraus auf die Oberflächen-temperatur zu schliessen.

Bisher ist die Beobachtung von Exoplaneten auf wenige Dutzend Objekte beschränkt. Wir können sie sehen, weil sie heiss oder gross sind oder hell leuchten. Für Leben, wie wir es kennen, sind sie jedoch ungeeignet. Wir hätten gerne einen grösseren Pool von Gesteinsplaneten, deren Atmosphären wir auf Anzeichen von Bewohnbarkeit oder gar Leben untersuchen können.

Hunderttausende Planeten im Blick

Die vom MIT geführte NASA-Mission Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) soll Hunderttausende von hellen, benachbarten Sternen auf Planeten hin untersuchen. Im Jahr 2017 wird die Mission mit einer Falcon-9-Trägerrakete von SpaceX in Cape Canaveral starten. Es wird erwartet, dass TESS mehr als tausend Planeten findet, die kleiner als Neptun und somit Felsplaneten sind, darunter Dutzende von etwa Erdgrösse. Die entdeckten Sterne und Planeten sind hell – hell genug, um sie anhand der Beobachtung ihrer Atmosphäre zu charakterisieren.

TESS überwacht Sterne kontinuierlich über eine Dauer von mindestens 27 Tagen und sucht nach temporären Schwankungen ihrer Helligkeit, die durch den Durchgang eines Planeten vor dem Stern verursacht werden. Nur ein Bruchteil der Planetenbahnen liegt in einem günstigen Winkel, der einen Durchgang mit dem Teleskop erkennbar macht. Daher müssen zahlreiche Sterne in einem grossen Segment des Himmels überwacht werden, um solche Planeten zu finden.



Sara Seager (43) ist Astrophysikerin und arbeitet als Professorin für Physik und Planetenwissenschaften am Massachusetts Institute of Technology (MIT). Links: Visualisierung des Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) des MIT.

TESS kann mit vier Spezialkameras einen grossen Ausschnitt des Himmels ($24^\circ \times 96^\circ$) aufnehmen. Jede Kamera besteht aus einer eigens entwickelten Linsengruppe, die über eine 10,5-cm-Blende mit speziellen thermischen Eigenschaften und eine optimierte Optik verfügt, dazu einem CCD-Sensor, der auch Bilder von lichtschwachen Objekten ermöglicht. TESS teilt den Himmel zur Beobachtung in 25 Abschnitte ein. Schritt für Schritt wird so der gesamte Himmel abgesucht.

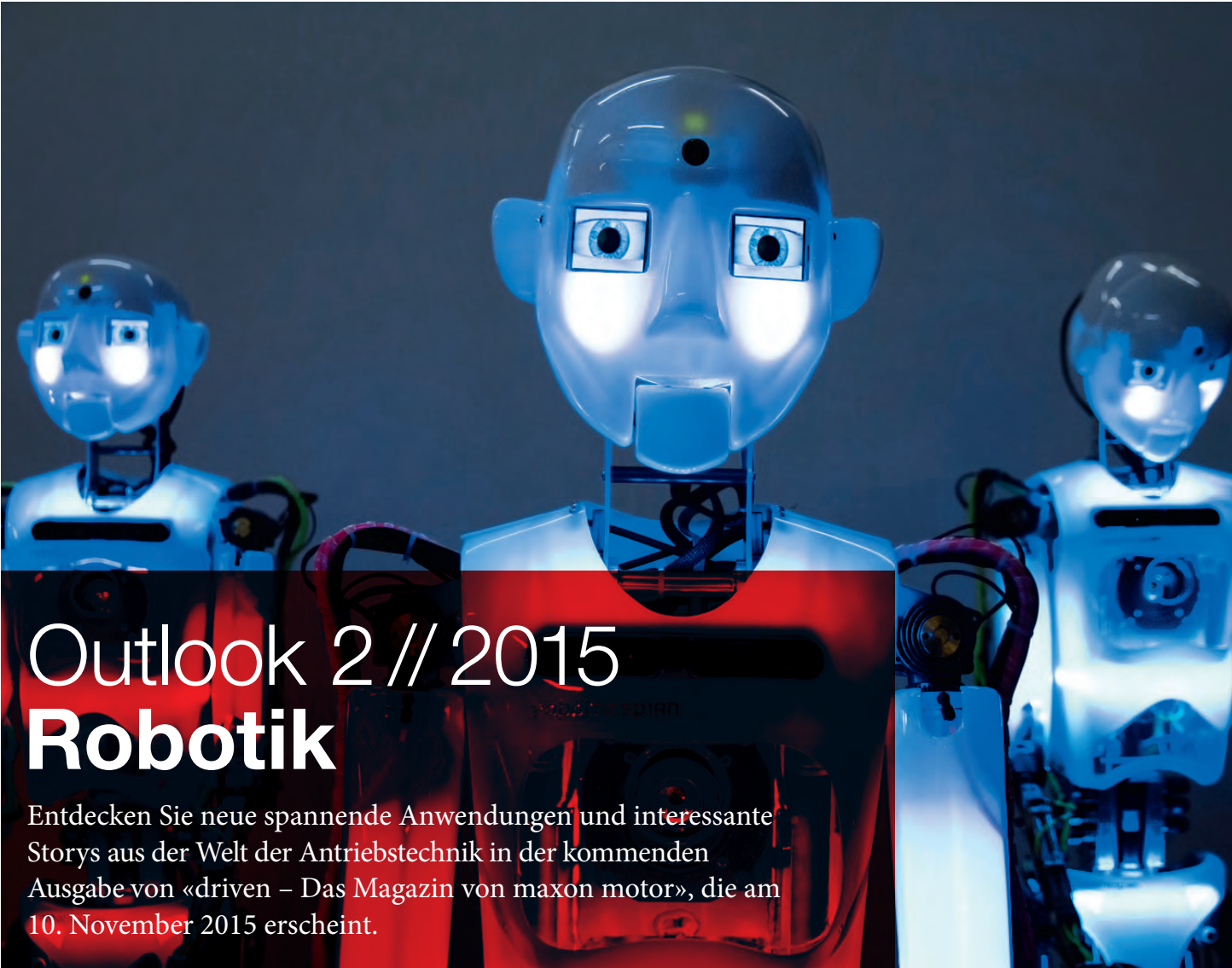
Ohne Streulicht der Erde

Um die Helligkeit eines Sterns im Bezug zur Zeit mit einer Genauigkeit zu messen, die das Auffinden von Planeten ermöglicht, ist eine kontinuierliche Beobachtung ohne Störeinflüsse der hell leuchtenden Erde nötig. Ein niedriger Erdborbit ist nicht ideal, da von der etwa 90-minütigen Umlaufzeit nur 30 Minuten im Schatten der Erde verbracht werden. Die verbleibende Zeit stünde für

wissenschaftliche Beobachtungen nicht zur Verfügung. Der Satellit wird daher in einem hohen elliptischen Orbit mit einer Umlaufzeit von 13,7 Tagen platziert. Die Beobachtungen finden im von der Erde weiter entfernten Teil des Orbits statt. Im erdnahen Teil werden die Daten übertragen. Der Transmitter hat eine am Gehäuse fest montierte Antenne mit hoher Verstärkung. Die Antenne hat einen Durchmesser von 0,7 Metern, eine Sendeleistung von 2 Watt und eine Übertragungsrate von 100 Mb s^{-1} .

Zweifelsohne wird TESS mehrere Gesteinsplaneten finden, die kleine Sterne umkreisen und nicht zu heiss und nicht zu kalt sind – genau richtig für organisches Leben. Im besten Fall finden wir durch neue Teleskope (z. B. das Weltraumteleskop «James Webb» oder im Bau befindliche terrestrische Teleskope von 20 bis 40 m Durchmesser) tatsächlich atmosphärische Gase, die uns erste Hinweise auf ausserirdisches Leben geben. ■

Fotos: Chester Beals/MIT Lincoln Laboratory, MIT



Outlook 2 // 2015

Robotik

Entdecken Sie neue spannende Anwendungen und interessante Storys aus der Welt der Antriebstechnik in der kommenden Ausgabe von «driven – Das Magazin von maxon motor», die am 10. November 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
Bildbearbeitung: Heiner Eugster

Copyright: © 2015 by maxon motor ag, Sachseln. Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung.

Realisation: Infel Corporate Media
Projektleitung und Redaktion: Simona Stalder
Gestaltung: Guido Von Deschwanden (Creative Director), Beni Spirig
Bildredaktion: Diana Ulrich

Korrektorat: Franz Scherer

Druck: Landenberg-Druck AG

Erscheinungsweise: 2-mal p.a. als iPad-, Android- und Windows-App sowie als Printmagazin (April, November)

Sprachen: Deutsch, Englisch

Auflage: 10 000 (dt.), 4000 (engl.)

Foto: Engineered Arts limited



Einfach, schnell, clever.

shop.maxonmotor.com

Der Online Shop für Antriebssysteme.



Schnelle und einfache Suche, 3000 Motoren mit passenden Getrieben, Sensoren und Steuerungen, Konfigurator, Produktspezifikationen, CAD-Daten, Firmware, Manuals, Produktevideos.

maxon motor

driven by precision



driven – Das Magazin von maxon motor.

Jetzt kostenlos herunterladen.

Apple



Android



Windows



magazin.maxonmotor.ch

maxon motor

driven by precision