

Das Magazin von maxon motor

driven

Geheimnisse der Tiefe

Fahrzeuge tauchen nach Wracks und erforschen die Unterwasserwelt



Mit dem E-Bike im Schnee



DFKI: Erkunden wir bald den Jupitermond?



S. 8



S. 12



S. 22



S. 7



S. 33



S. 24



S. 26



S. 34



S. 21



S. 18

Fotos: iStockphoto / Pedrag Vuckovic, Seamor, Wildlife Conservation Society, Aquabotix, maxon motor ag, Philipp Schmidt, Rewalk Robotics, DFKI / Annemarie Hirth

4 News

Fokus Unterwasserrobotik
8 Auf der Suche nach einem Kriegsveteranen

Mithilfe eines Unterwasserfahrzeugs von Seamor entdecken Archäologen das Wrack des verschollenen U-Boots I-402.

12 Die geheime Welt der Tiefe

Wissenschaftler dringen in das Forschungsgebiet Tiefsee vor. Eine kleine Zeitreise.

18 Schöne neue Unterwasserwelt

Die Wissenschaftler des Robotics Innovation Center in Bremen erforschen Wasserwelten – hier und auf anderen Planeten.

21 Spezialantriebe für die Tiefsee

Ob für Meerwasser konzipiert oder für individuelle Unterwasseranwendungen, diese Antriebssysteme eignen sich für unterschiedlichste Anforderungen.

22 Unterwasserauge

Mit HydroView können Unterwasserfans einen Blick in die faszinierende Welt der Tiefe werfen und sogar Filme drehen.

Interview

24 Erst die richtige Steuerung holt das Beste aus dem Motor

Präzise Regelungstechnik ist die Voraussetzung für Robotik und Automatisierung, erläutert Daniel Hug, Produktmanager für Elektronik und Systemtechnik.

Special

26 Easy Rider

Mit dem E-Bike in Schnee, Eis und Sand.

Expertise

30 Die grosse Frage: DC- oder BLDC-Motoren?

DC-Motoren mit oder ohne Bürsten? Unser Experte gibt Tipps.

maxon History

33 Für Nostalgiker: das Heim-Tonbandgerät

Schon früher sorgte maxon bei Musikliebhabern für leuchtende Augen und feines «Gehör».

Innovation

34 «Dann will ich nur noch laufen, laufen, laufen»

Andre van Rüschen ist querschnittsgelähmt. Doch mit einem Exoskelett kann er wieder gehen: ein grandioses Gefühl.

Wettbewerb

37 Wie viele maxon Produkte verstecken sich unter Wasser?

Teilnehmen und einen Sea-Doo Seascooter GTS gewinnen.

Editorial

Herausforderungen in der Tiefe



Eugen Elmiger, CEO der maxon motor ag

Im Vergleich zum Mars müsste das Erforschen der Tiefsee doch eine Bagatelle sein, könnte man meinen. Aber weit gefehlt: Riesiger Umgebungsdruck und aggressives Salzwasser stellen hohe Anforderungen an mechatronische Komponenten. Wahrscheinlich ist das der Grund, weshalb sich nur wenige Anbieter auf diesen Markt wagen. Dabei gäbe es im Meer so viel zu entdecken: historische Wracks, Schätze, Rohstoffe und neue wissenschaftliche Erkenntnisse.

Wir bei maxon wollen dies ändern. Deshalb bieten wir nicht nur passende DC-Motoren für Unterwasseranwendungen an, sondern haben ganze Systeme entwickelt – Aktuatoren und Thruster. Und wir bringen Experten aus der ganzen Welt zusammen, um neue Lösungen zu finden.

Erfahren Sie in dieser driven-Ausgabe mehr über die technischen Herausforderungen unter Wasser. Tauchen Sie ab mit uns in die Dunkelheit, und Sie werden herausfinden, dass fremde Planeten und Meere durchaus Gemeinsamkeiten haben.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen.



Auf dem Weg zum Mars

Am 14. März 2016 startete der Spurgasorbiter (TGO) der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) seine Reise zum Roten Planeten – an Bord einer russischen Proton-Rakete. Im Oktober 2016 wird der Orbiter den Mars erreichen. Er transportiert ein Landemodul, das auf die Oberfläche geschickt wird, als Test. 2018 soll der ExoMars Rover folgen. Dieser ist mit Dutzenden Motoren von maxon bestückt. Darunter befinden sich 18 Motormodule, welche für die Antriebe und die Lenkung verwendet werden.

Fotos: ESA/Boris Böttge, maxon motor ag

Südkorea

Umzug in neuen Produktionsstandort

maxon motor Südkorea produziert und entwickelt seit Dezember 2015 an einem neuen Standort. Grund ist der zusätzliche Platzbedarf für Lagerung und Logistik, ausgelöst durch die angestiegene Nachfrage nach EC-i Motoren und die Integration der Produktionslinien EC 60 flach sowie EC 90 flach. Dadurch wurden die Kapazitätsgrenzen des bisherigen Produktionsstandortes in Sejong erreicht.

Im Herbst 2015 traf maxon die Entscheidung, in ein bestehendes Gebäude zu investieren, welches sich im Randgebiet von Cheonan (420 000 Einwohner) befindet. Das circa 11 Kilometer vom alten Standort entfernte Objekt wurde mit Hochdruck an die neuen Anforderungen angepasst. maxon führte den Umzug planmässig Mitte Dezember durch. So war es möglich, die Installationen und Maschinenabnahmen zum grössten Teil noch vor dem Jahresende abzuschliessen. Die Bereiche Entwicklung und Qualitätswesen

bezogen im gleichen Zeitraum ihre Räumlichkeiten in Cheonan. Alle in Sejong und in der Schweiz ausgebildeten Mitarbeitenden starteten Anfang 2016 ihre Arbeit in der neuen Umgebung. Das Areal in Cheonan mit seinen Gebäuden und der zur Verfügung stehenden Freifläche ist eine Investition in die Zukunft – mit Platz für weitere Expansionen.



Am neuen Produktionsstandort von maxon motor in Cheonan, Südkorea, werden vor allem bürstenlose DC-Motoren gefertigt.

Maxon Advanced Robotics & Systems

Neue Geschäftseinheit für mechatronische Antriebssysteme in der Schweiz

maxon motor widmet sich verstärkt der Robotik und möchte seinen Kunden mechatronische Systemlösungen anbieten. Aus diesem Grund wurde im Januar 2016 die neue Geschäftseinheit MARS (Maxon Advanced Robotics & Systems) gegründet. Diese hat die Aufgabe, Komponenten wie DC-Motor, Getriebe, Steuerung und Software zu kombinieren und in die jeweilige Anwendung zu integrieren. Die Geschäftsstelle befindet sich nur wenige Kilo-

meter vom maxon Hauptsitz in der Schweiz und umfasst rund 20 Mitarbeitende. Ihr erstes Projekt ist der E-Bike-Antrieb Bikedrive, der 2015 lanciert wurde. Von Bikedrive sollen mehrere tausend Stück jährlich produziert und verkauft werden.

Hinzu kommen weitere Produkte für die Robotik, etwa eine neuartige Antriebseinheit mit Doppelkupplungsgetriebe. Als MARS-Verantwortlicher fungiert bis auf Weiteres Eugen Elmiger, CEO von maxon motor.

600 bar

Tiefsee. In 6000 Meter Wassertiefe herrscht ein Druck von 600 bar. Das sind 600 Kilogramm pro Quadratcentimeter und entspricht dem Druck eines Autos auf die Fläche einer Briefmarke. Ein enormer Druck, dem kaum ein Lebewesen standhält. Fische und weitere Lebewesen in der Tiefe haben sich den extremen Bedingungen angepasst. Tauchroboter entdecken immer neue Tierarten. In dieser Tiefe finden sich einige der bizarrsten Lebensformen. Seien es meterlange Röhrenwürmer, Riesenasseln, Fische oder räuberische Krebse. Einige von ihnen leben sogar in Tiefen von 6000 bis 8000 Metern. So auch eine Art des Scheibenbauches – blind und mit flügelartigen Flossen.

Doch was haben maxon Antriebssysteme mit diesem finsternen, eiskalten Ort zu tun? Die neuen Unterwasser-Aktuatoren von maxon halten diesem extremen Druck von 600 bar problemlos stand. Getriebe, Motor und Controller wurden so angepasst, dass sie in der Tiefsee in gewohnter Qualität funktionieren. (Siehe Seite 21)



Robotik

Pepper führt einen Shop für Mobiltelefone

Der japanische Telekommunikationskonzern Softbank hat im März ein spannendes Experiment gewagt. In seinem neu eröffneten Shop mitten in Tokio kamen während einer Woche hauptsächlich Pepper-Roboter zum Einsatz. Diese begrüßten die Kunden, boten Unter-

haltung und technische Beratung. Pepper wurde von der Softbank-Tochterfirma Aldebaran entwickelt und kann nicht nur mehrere Sprachen sprechen, sondern die Emotionen der Menschen lesen und darauf reagieren. Seit letztem Sommer werden die Roboter monatlich zu je tausend Stück angeboten. Immer sind sie innerhalb einer Minute ausverkauft.

Pepper ist zwar ein humanoider Roboter, hat aber keine Beine. Stattdessen bewegt er sich auf Rollen fort, die von Schweizer maxon Motoren angetrieben werden. Jeweils sechs bürstenlose DC-Antriebe sind in einem Roboter verbaut.

Fotos: Keystone/dpa, Aldebaran Robotics, maxon motor ag

In einem Mobiltelefonshop in Japan werden die Kunden auch schon einmal von Roboter Pepper begrüßt.



NEUE PRODUKTE

Bürstenloser Speed

Neue Produkte der X drives Familie

Diesen Frühling präsentiert maxon motor neue Mitglieder der X drives Familie. Das «X» steht dabei für Antriebe, die sich online konfigurieren lassen und in 11 Tagen produziert sind. Gleichzeitig ist es eine Kennzeichnung für neuste Technologie bei bürstenbehafteten (DCX) sowie bürstenlosen Motoren (ECX) und Planetengetrieben (GPX). Neu hinzu kommt zum Beispiel der bürstenlose ECX Speed 22 High Power. Dieser ist nicht nur schnell (bis 60 000 min⁻¹), sondern auch verhältnismäßig stark (35 mNm).

Darüber hinaus erscheinen mehrere neue Planetengetriebe, die auf hohe Drehzahlen ausgelegt sind. Sie lassen sich zudem sterilisieren. Ihre Vetter, die GPX High Power, wurden dagegen für hohe Kraftübertragungen konzipiert und sind mit Durchmessern von 12 bis 32 Millimetern erhältlich.

Das gesamte X drives Sortiment finden Sie auf: xdrives.maxonmotor.com

maxon ECX Speed 22 HP
Ø 22 mm, bürstenlos



maxon GPX 26 HP
Ø 26 mm, 4-stufig



maxon EC-i 52 long
Ø 52 mm, bürstenlos

Drehmoment ohne Ende

EC-i 52 High Torque

Es ist erstaunlich, was die Ingenieure bei maxon hier geschafft haben: einen bürstenlosen DC-Motor mit unglaublich viel Power auf wenig Raum. Die High-Power-Variante des EC-i Motors mit einem Durchmesser von 40 Millimetern ist im letzten Jahr präsentiert worden. Jetzt folgt der grössere und damit noch stärkere Bruder mit einem Durchmesser von 52 Millimetern – besonders attraktiv für Anwendungen in der Robotik, in Prothesen sowie in der Industrieautomation. Mit Drehmomenten von bis zu 520 mNm wird dieser Motor die Antriebswelt begeistern.

Auf der Suche nach einem Kriegsveteranen

Das grösste U-Boot des Zweiten Weltkriegs lag 70 Jahre auf dem Meeresboden vor Japan. Forscher fanden das verschollene Wrack erst mit Hilfe eines Unterwasserroboters – und Schweizer Antriebstechnik.



Fotos: iStockphoto, maxon motor ag, Seamor, Composing, Peter Kruppa

U-Boot I-402

Gegen Ende des Zweiten Weltkriegs entwickelte Japan ein neuartiges U-Boot, das grösser war als alle bisher bekannten Typen. Dieses U-Boot sollte jedes Ziel der Welt erreichen und nach Japan zurückkehren können. Zudem musste es für mehrere Flieger im Inneren Platz bieten, die dann auf dem Deck des Schiffes starten sollten. Schliesslich wurden aber nur drei dieser Boote fertiggestellt. Sie waren 122 Meter lang und mehr als 6600 Tonnen schwer. Japan plante, mit dieser Superwaffe US-Städte an der Ostküste anzugreifen. Das wurde allerdings nie umgesetzt. Die drei U-Boote fielen in die Hände der Amerikaner. Diese nahmen die Technik genauer unter die Lupe. I-402 wurde noch vor Ort versenkt, die beiden anderen später in Hawaii ebenfalls zerstört. Die Amerikaner wollten damit verhindern, dass die sowjetische Armee die U-Boote ebenfalls inspizieren konnte.

Der alte Stahlriese liegt in einer Tiefe von 190 Metern. Zerfallen und überwuchert. Doch die Forscher erkennen schnell, dass es sich bei diesem Wrack um das japanische U-Boot I-402 handelt – das grösste U-Boot, das im Zweiten Weltkrieg gebaut wurde: 120 Meter lang und mit drei Fliegern im Rumpf, die über eine Rampe starten konnten. Nachdem Japan kapituliert hatte, versenkte das US-Militär das Boot an einem damals unbekanntem Ort. Erst im Sommer 2015 entdeckten Wissenschaftler das Wrack – mit Hilfe eines modernen Tauchroboters aus Kanada.

LED-Leuchten erhellen Wrackteile

Beim Roboter handelt es sich um einen ROV: ein ferngesteuertes Fahrzeug, das sich unter Wasser bewegt. Es stammt von der Firma Seamor Marine Ltd. Diese bietet kompakte und einfach zu navigierende ROVs an, die sich mit verschiedenen Accessoires bestücken lassen wie Sonar, Tiefenmesser oder Scanner. Zum Standard gehören eine hochauflösende Kamera und starke LED-Leuchten. Sie illuminierten die spezifischen Merkmale des Wracks in Japan, wodurch die Identifizierung erst möglich wurde. Die ROVs können an ihrem Kabel bis auf eine Tiefe von 600 Metern vordringen. Der Nutzer steuert sie über eine Konsole und kann sich mittels Live-Bildern orientieren.

«Die Unterwasserarchäologie ist nur eines von vielen Einsatzgebieten für unsere Fahrzeuge», sagt Elaine Parker, Marketingverant-



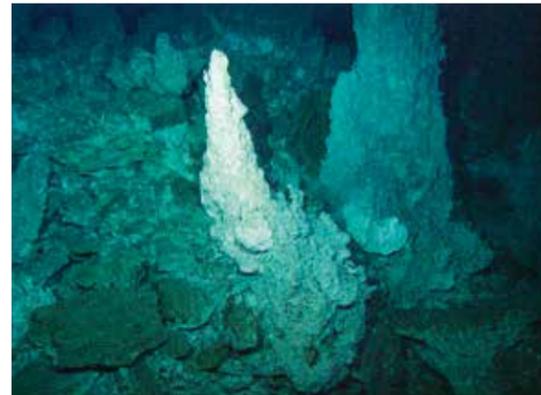
Das ferngesteuerte Unterwasserfahrzeug von Seamor unterstützt Archäologen auf der Suche nach dem verschollenen U-Boot I-402.

wortliche bei Seamor. Die ROVs werden auch für Inspektionen von Wassertanks oder Pipelines verwendet. Oder für den Rumpfcheck von Booten. «Zudem sehen wir vermehrt Anwendungen im Tourismus, so wie im Shanghai Aquarium, wo einer unserer ROVs in der Ausstellung zum Einsatz kommt.»

Steuerung auch für Anfänger geeignet

Seamor hat sich das Ziel gesetzt, ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge zu entwickeln, die stabil und einfach zu bedienen sind.

Die ROVs können Bilder aus einer Tiefe von bis zu 600 Metern liefern. Gesteuert werden die Fahrzeuge über eine Konsole – der Bildschirm hilft bei der Orientierung.



Denn viele Kunden sind keine Spezialisten auf dem Gebiet. Deshalb ist auch die Bedienung intuitiv und für Anfänger geeignet. «Unsere ROVs erreichen Stellen, die Menschen nicht erreichen können oder aus Sicherheitsgründen nicht erreichen sollten», sagt Elaine Parker. Die Fahrzeuge müssen zudem leicht sein, sodass ein bis zwei Personen diese alleine handhaben können.

Die Schwierigkeit bei der Entwicklung solcher ROVs liegt darin, ein kompaktes System zu erhalten, das gleichzeitig kräftige Antriebe besitzt. Seamor setzt deshalb auf maxon Produkte. Die Unterwasserantriebe des Fahrzeugs bestehen aus einer Motoren-Getriebe-Kombination: einem DC-Motor RE 40 und einem Planetengetriebe GP 32 mit Keramikbauteilen. Vier bis sechs solcher Einheiten sind in jedem ROV eingebaut. Zudem verwendet Seamor mehrere maxon Antriebe für den Unterwassergreifer und die Neigungsverstellung der Kamera. «maxon ist der Marktführer in der Produktion von DC-Motoren in hoher Qualität und fähig, ein Produkt zu liefern, das unsere spezifischen Anforderungen erfüllt.» Deshalb habe man sich für den Schweizer Antriebsspezialisten entschieden.

Die Motoren in den Seamor-ROVs müssen viel Power liefern und gleichzeitig kompakt sein. Auch ein niedriger Geräuschpegel ist wichtig. Und nicht zuletzt sind enge Toleranzen in den Antrieben entscheidend, damit keine Vibrationen entstehen. Denn dies kann dazu führen, dass Dichtungen unter Wasser versagen.

Russischer Bomber in finnischem See

ROVs von Seamor sind inzwischen weit verbreitet. Das Unternehmen verkauft jährlich bis zu 50 Stück. Und so ist es nicht verwunderlich, dass eines ihrer Fahrzeuge kürzlich erneut für Furore gesorgt hat. Auf dem Grund eines finnischen Sees. Dort erleuchtete es die Umrisse eines russischen Fliegers, der 1941 abgestürzt ist.

Fotos: maxon motor ag, Seamor, NOAA Photo Library



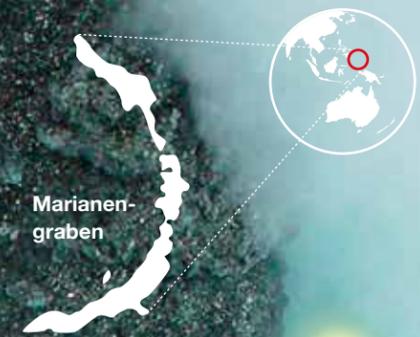
maxon RE 40
Dieser DC-Motor von maxon mit 150 Watt ist mit der bewährten eisenlosen Wicklung und Neodym-Magneten ausgerüstet. Sein Wirkungsgrad liegt dadurch bei über 90 Prozent.



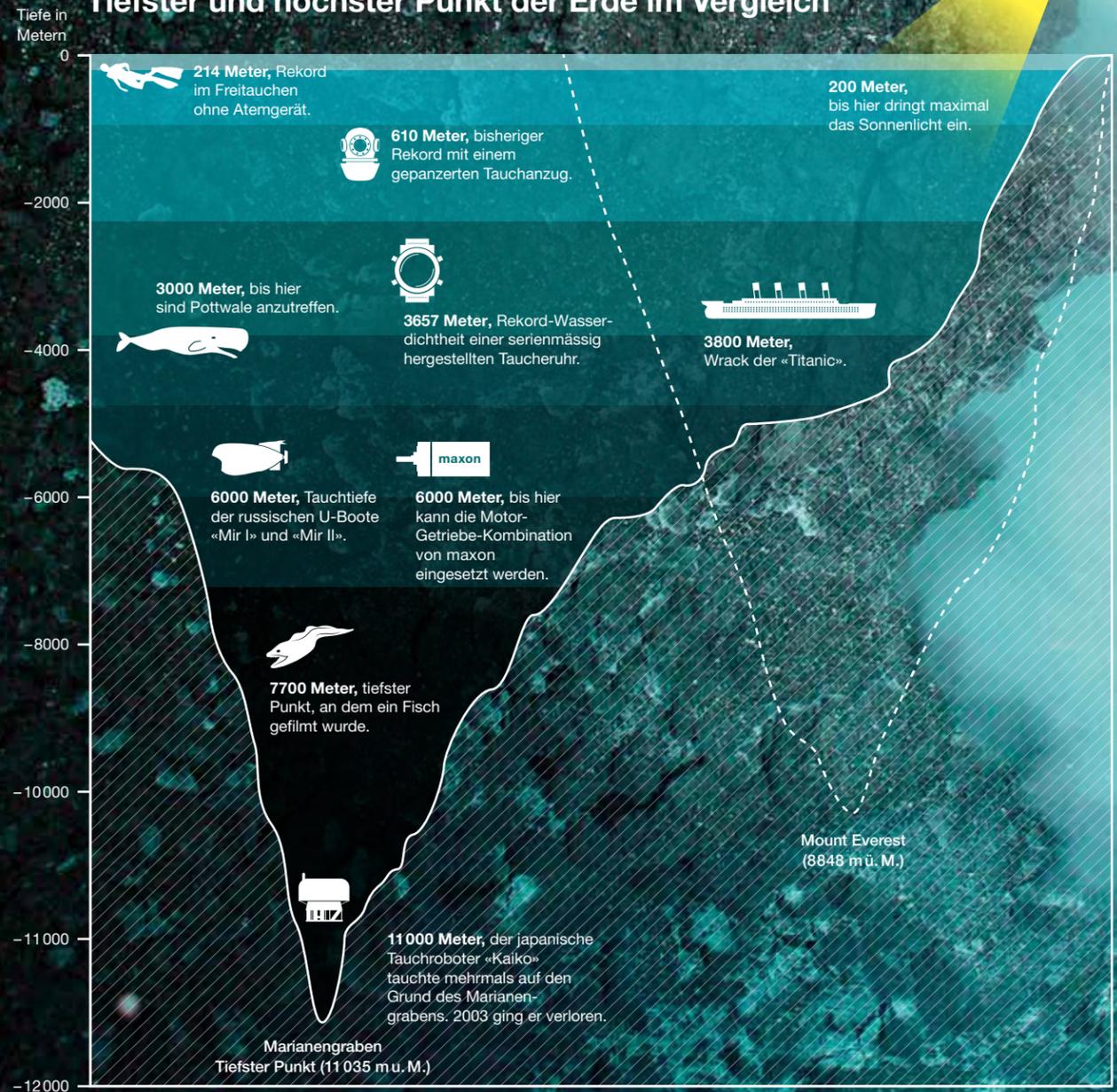
maxon GP 32 C
Dieses Planetengetriebe mit einem Durchmesser von 32 Millimetern ist mit Keramikkomponenten verstärkt. Dadurch wird die Lebensdauer beträchtlich verlängert.

Die Tiefsee: in der ewigen Finsternis

Von der Tiefsee spricht man ab 800 Metern. Sie macht mehr als 70 Prozent der Ozeane aus und ist nach wie vor nur wenig erforscht. Dies liegt daran, dass in der Tiefsee ein mörderisch hoher Umgebungsdruck, Kälte und Finsternis herrschen. Die Forschung vor Ort ist aufwendig und teuer. Neue Technologien könnten das ändern. Es braucht autonome Roboter, die lange in der Tiefe bleiben können. Erreichen kann man dies unter anderem durch bessere Akkus, energieeffiziente Aktuatoren und intelligente Software.



Tiefster und höchster Punkt der Erde im Vergleich



Die geheime Welt der **Tiefe**

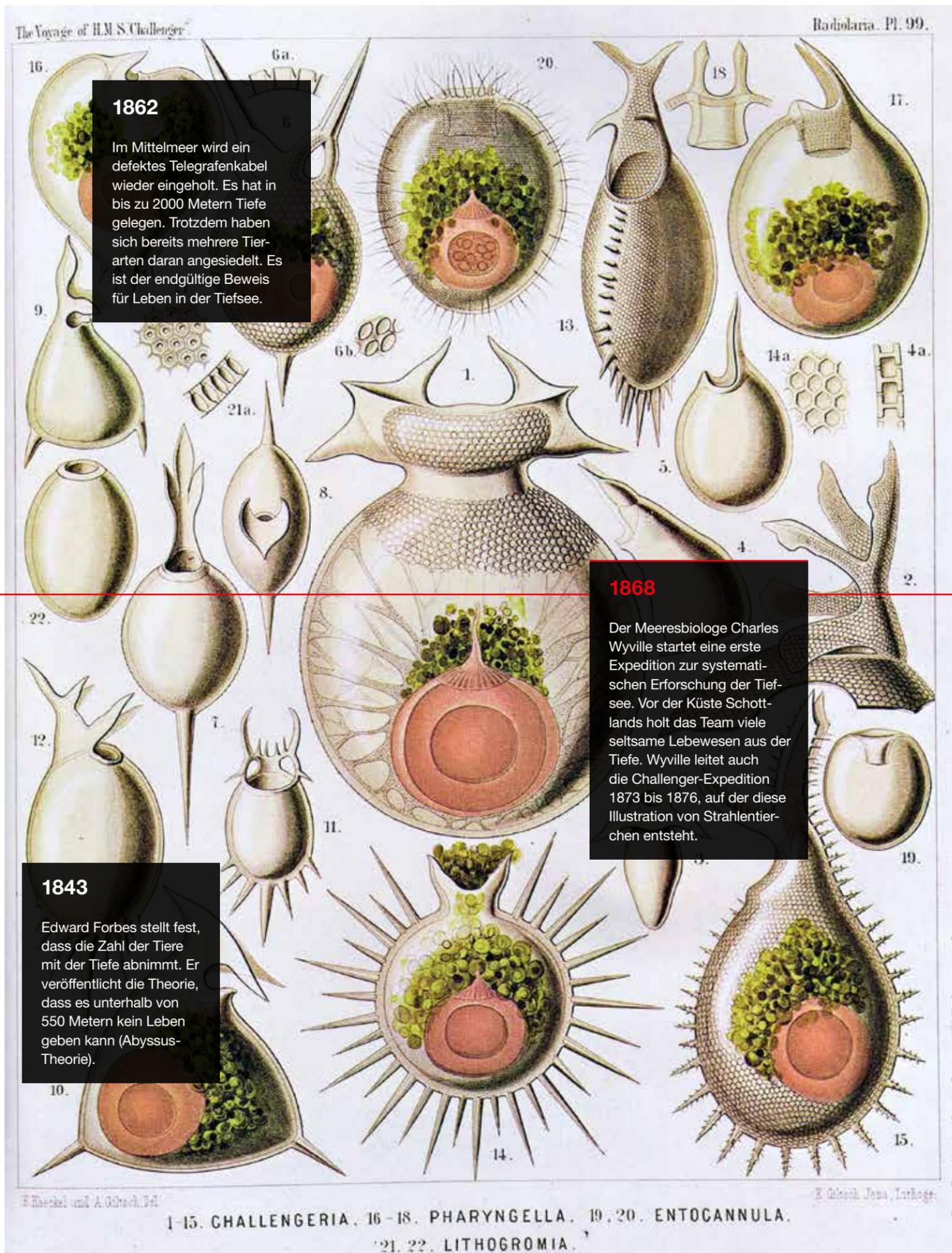
Die Tiefsee ist ein junges Forschungsgebiet. Noch vor 150 Jahren glaubte die Wissenschaft, dass es kein Leben unterhalb von 550 Metern gibt. Inzwischen wissen wir es besser. Und doch halten die tiefen Wasser immer noch viele Geheimnisse für uns bereit.

Fotos: iStockphoto / Kuzma, DEA G Dagli Orti, Avenueimages



1521

Der Seefahrer Ferdinand Magellan lässt ein Seil mit einem Gewicht am Ende von seinem Schiff ins Meer. Das 700 Meter lange Seil erreicht den Boden allerdings nicht, weshalb Magellan schlussfolgert: Das Meer ist unendlich tief.



1862
 Im Mittelmeer wird ein defektes Telegrafenkabel wieder eingeholt. Es hat in bis zu 2000 Metern Tiefe gelegen. Trotzdem haben sich bereits mehrere Tierarten daran angesiedelt. Es ist der endgültige Beweis für Leben in der Tiefsee.

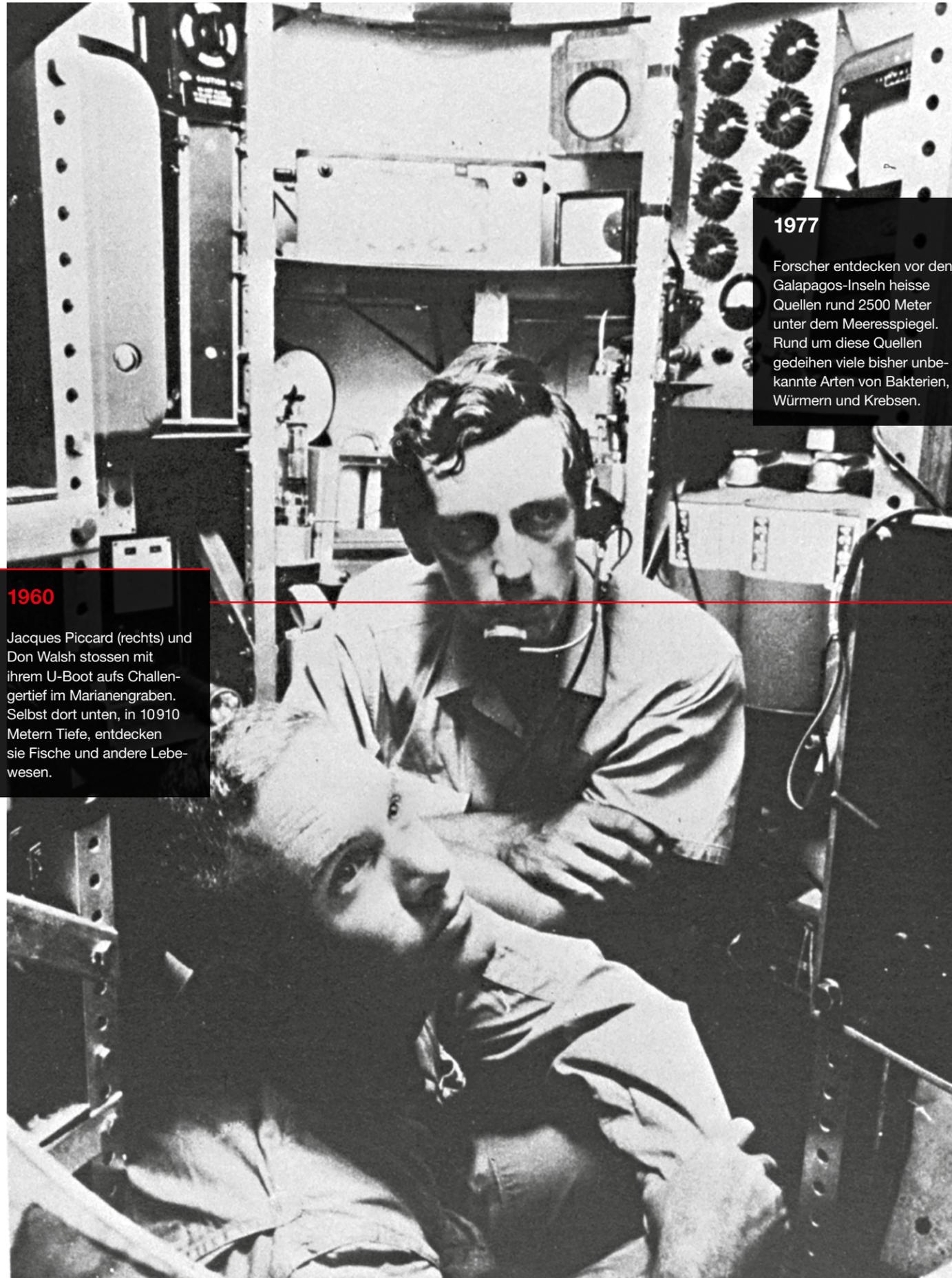
1868
 Der Meeresbiologe Charles Wyville startet eine erste Expedition zur systematischen Erforschung der Tiefsee. Vor der Küste Schottlands holt das Team viele seltsame Lebewesen aus der Tiefe. Wyville leitet auch die Challenger-Expedition 1873 bis 1876, auf der diese Illustration von Strahlentierchen entsteht.

1843
 Edward Forbes stellt fest, dass die Zahl der Tiere mit der Tiefe abnimmt. Er veröffentlicht die Theorie, dass es unterhalb von 550 Metern kein Leben geben kann (Abyssus-Theorie).

Fotos: Ernst Haeckel/Creative Commons, Wildlife Conservation Society



1930
 In einer Stahlkugel mit Bullauge tauchen William Beebe (im Bild) und Otis Barton auf 435 Meter, wo sie von Quallen und Garnelen umgeben sind. Vier Jahre später werden mit der gleichen Kugel 923 Meter erreicht.



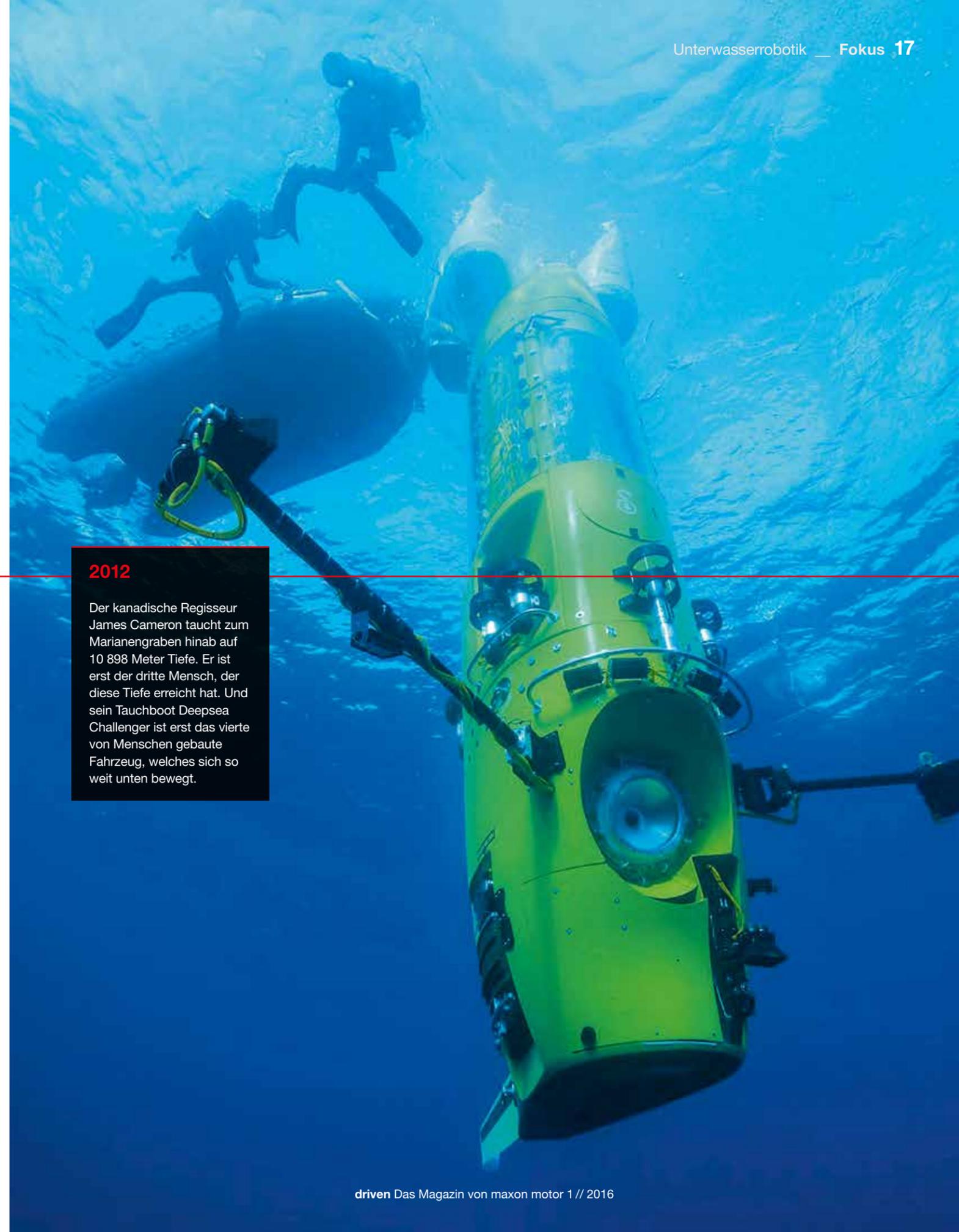
1960

Jacques Piccard (rechts) und Don Walsh stossen mit ihrem U-Boot aufs Challengerertief im Marianengraben. Selbst dort unten, in 10910 Metern Tiefe, entdecken sie Fische und andere Lebewesen.

1977

Forscher entdecken vor den Galapagos-Inseln heiße Quellen rund 2500 Meter unter dem Meeresspiegel. Rund um diese Quellen gedeihen viele bisher unbekannte Arten von Bakterien, Würmern und Krebsen.

Fotos: Steve Nicklas NOS NGS NOAA Ship Collection, Keystone/AP National Geographic Mark Thiessen



2012

Der kanadische Regisseur James Cameron taucht zum Marianengraben hinab auf 10 898 Meter Tiefe. Er ist erst der dritte Mensch, der diese Tiefe erreicht hat. Und sein Tauchboot Deepsea Challenger ist erst das vierte von Menschen gebaute Fahrzeug, welches sich so weit unten bewegt.

Schöne neue Unterwasserwelt

Am Robotics Innovation Center in Bremen befassen sich Ingenieure mit Unterwasserrobotern. Diese sollen uns helfen, die Weltmeere besser zu verstehen. Und in Zukunft auch die tiefen Wasser fremder Planeten.

Zentrum für Robotik

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) ist die führende Einrichtung in Deutschland auf dem Gebiet innovativer Softwaretechnologien auf der Basis von Methoden der Künstlichen Intelligenz. An verschiedenen Standorten sind über 800 Mitarbeitende beschäftigt. Am Robotics Innovation Center in Bremen arbeiten rund 130 Mitarbeitende und 80 Studierende an jeweils 25 bis 30 Projekten, die sich mit Robotern im All oder in der Tiefsee befassen.

Die Leidenschaft der Ingenieure erkennt man am Weihnachtsbaum, der den ganzen Dezember am Boden des grossen Wasserbeckens steht. Gut sichtbar für alle Besucher des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Bremen. Die Weihnachtskugeln zieht es wegen des Auftriebs nach oben. Eine Lichterkette sorgt für die passende Beleuchtung – mit 230 Volt. Aber keine Angst. Die Forschenden wissen, was sie tun. Unterwassertechnologie ist ihr Spezialgebiet. Den besagten Weihnachtsbaum haben sie aus Spass an der Arbeit nach Feierabend hergerichtet. «Bei den hervorragenden Bedingungen hier am Institut ist die Motivation, innovative neue Wege auszuprobieren, besonders hoch. Da bleibt man gerne auch mal länger», sagt Peter Kampmann, wissenschaftlicher Mitarbeiter und Spezialist für Unterwasserrobotik am DFKI Robotics Innovation Center.

Kampmann führt uns durch die grosse maritime Explorationshalle des DFKI, die vor zwei Jahren eröffnet wurde. Hier befindet sich eine europaweit einmalige Testanlage für Tauchroboter: ein Salzwasserbecken mit einer Tiefe von acht Metern und einem Fassungsvermögen von 3,4 Millionen Litern. Perfekt geeignet, um neue Unterwassersysteme zu testen, die Schiffe und Pipelines inspizieren, unbekannte Gewässer erkunden

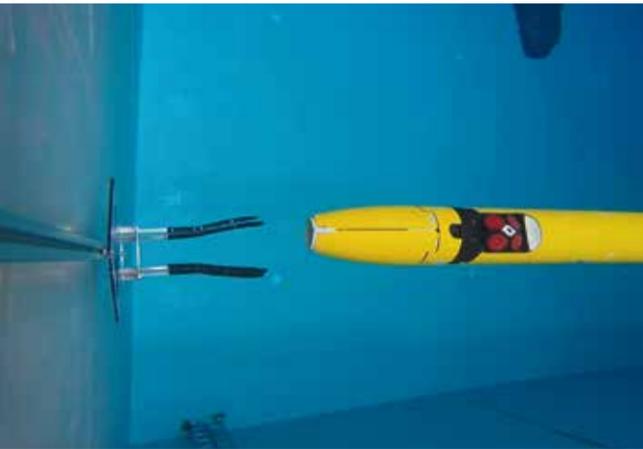
oder Messungen in der Tiefsee durchführen. Lange hat die maritime Wirtschaft nur ein Schattendasein geführt. Nach wie vor sind zum Beispiel grosse Teile der Tiefsee nicht kartografiert. Wir wissen also nicht, wie es da unten, in 3000 bis 6000 Metern, genau aussieht. Sogar von der Marsoberfläche gibt es genauere Karten. Doch in den nächsten Jahren soll sich das ändern – auch dank moderner Technologien.

Das Robotics Innovation Center des DFKI arbeitet eng mit den Ingenieuren von maxon motor zusammen an neuen Unterwasserantrieben mit bürstenlosen DC-Motoren. Diese sind druckkompensiert, kompakt sowie energieeffizient und ideal geeignet für ROVs (Remote Operated Vehicle, ferngesteuertes Fahrzeug) und AUVs (Autonomous Underwater Vehicle, autonom agierendes Unterwasserfahrzeug). Es ist eine Entwicklung, die Peter Kampmann und seinen Kollegen gelegen kommt. Denn: «Mit neuen Komponenten, die leichter und leistungsstärker sind, ergeben sich für uns ganz neue Möglichkeiten.»

Der Eisbärenvergleich

Der Trend in der Unterwassertechnologie geht in Richtung «klein und intelligent». Ingenieure bauen heute Fahrzeuge, die mit Sensoren und Elektronik ausgestattet sind.





Der Europa-Explorer (links) soll zur Erkundung des Jupitermondes Europa eingesetzt werden. Mit dem Micro-AUV testen Peter Kampmann und seine Kollegen am DFKI neue Ansätze zur Steuerung und Navigation.

Die Maschinen sollen in der Lage sein, ohne menschliches Zutun monatelang zu forschen, Daten zu sammeln und auf verschiedene Szenarien selbstständig zu reagieren. Keine einfache Aufgabe bei solch harschen Umgebungsbedingungen. Denn im Meer herrschen schlechte Sichtverhältnisse, und im Wasser werden Wellenlängen, die für GPS- oder WLAN-Signale genutzt werden, schnell absorbiert. Das macht die Navigation schwierig. Das Salzwasser greift zudem die Komponenten an, zerfrisst sogar Edelstahl nach einer bestimmten Zeit. Heikle Teile wie Motorenwellen sollten deshalb aus Titan sein. Und nicht zuletzt ist da der grosse Umgebungsdruck. In 6000 Metern Tiefe herrschen 600 bar. Das ist in etwa damit vergleichbar, wenn ein ausgewachsener Eisbär auf einer Fläche von nur einem Quadratzentimeter sitzt. Das Robotics Innovation Center kann solche Werte in einer Druckkammer simulieren. Auch maxon motor hat seine speziell entwickelten Unterwasserantriebe hier prüfen lassen. Komponenten, die in 6000 Metern Tiefe bestehen, können in über 95 Prozent der Weltmeere eingesetzt werden.

Jedes Gramm spielt eine Rolle

Auf dem Spaziergang durch das Robotics Innovation Center des DFKI stossen wir auf mehrere Unterwasserfahrzeuge. Etwa das Micro-AUV. Wie der Name sagt, ist dieses besonders klein und wird von den Forschenden eingesetzt, um neue Ansätze zur Steuerung und Navigation zu testen. Alles an diesem Fahrzeug muss darauf ausgelegt sein, einen möglichst geringen Restauftrieb zu erreichen. Jedes zusätzliche Gramm an Abtrieb

spielt unter Wasser eine Rolle. Denn sollte ein System einmal ausfallen, muss es durch eine positive Tarierung an die Oberfläche steigen, sonst ist es für immer verloren. Angetrieben wird das Micro-AUV von vier DC-Motoren von maxon. Es sind besonders energieeffiziente Antriebe, damit trotz kleiner Batterie eine lange Betriebszeit möglich wird.

Bald schon auf dem Jupitermond?

Ein weiteres spannendes Projekt des DFKI ist der Europa-Explorer, ein Unterwassererkundungsfahrzeug, langgezogen wie eine dünne Zigarre. Fernziel ist die Erkundung des Jupitermondes Europa. Dieser ist mit einer 3 bis 15 Kilometer dicken Eisschicht bedeckt, unter der sich wohl ein Ozean befindet. Das DFKI erforscht im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) das Potenzial einer solchen Mission. Das AUV würde dafür – so die aktuelle Theorie – im Innern eines Bohrers bis zum unterirdischen Ozean gelangen, sich dann ausklinken, selbstständig Daten sammeln und diese danach zur Erde schicken. Im aktuellen Testtyp am DFKI steckt eine maxon Motorensteuerung ESCON Module 50/5. Sie ist besonders wegen ihrer Dynamik und Assistenzfunktion beliebt. «Die Steuerung erkennt Fehlerquellen selbstständig, was die Arbeit für uns angenehmer macht», sagt Peter Kampmann.

Und so zeigt sich nach dem Besuch am DFKI: Das Gebiet der Unterwasseranwendungen ist nicht länger von grossen, robusten Komponenten und Improvisationen geprägt. Sensorik, Automatisierung und Robotik haben Einzug gehalten. Eine vielversprechende Ausgangslage für die Zukunft. ■

Fotos: DFKI/ Annemarie Hirth, maxon motor ag



MT30: Ölgefluteter Unterwasserantrieb bestehend aus einem bürstenlosen DC-Motor, Planetengetriebe und Controller. Druckneutral bis 6000 Meter.

Spezialantriebe für die Tiefsee

EVENT

Treffen internationaler Unterwasserexperten

Fachleute der Unterwassertechnik treffen sich am 3. Mai 2016 in New Orleans (USA) auf der Aquatic Solutions Conference (ASC). Auf der internationalen Non-Profit-Konferenz geht es um ein besseres technisches Verständnis für Unterwasseranwendungen. Der Fokus liegt auf elektrischen Aktuatoren. An der ASC diskutieren Akademiker und Industrieexperten neue Wege, um die Herausforderungen der Tiefsee zu meistern. Organisiert wird der Anlass gemeinsam von maxon motor und DFKI.

asc-conference.org

maxon motor wagt sich in die dunklen Tiefen der Meere. Nach zweijähriger Entwicklungszeit präsentiert der Schweizer Antriebsspezialist eigene Unterwasserantriebe. Diese Thruster bestehen aus einem bürstenlosen Gleichstrommotor, einem Getriebe sowie einem Controller. Hinzu kommen das Gehäuse und ein Propeller. Die Einheit ist für den Einsatz im Meerwasser konzipiert, hält dem Druck in 6000 Metern Tiefe (600 bar) stand und ist korrosionsbeständig. Um dies zu gewährleisten, hat maxon hauptsächlich Titan und Kunststoff verwendet. Bei der Entwicklung haben die Ingenieure mit dem DFKI (Deutsches Forschungsinstitut für Künstliche Intelligenz) zusammengearbeitet. Das Institut ist spezialisiert auf Unterwasserfahrzeuge. Ein erstes Modell des Thrusters, der MT30, ist noch dieses Jahr als Standardprodukt erhältlich. Weitere Grössen (20, 40 und 70 Millimeter Durchmesser) sind geplant.

Ölgeflutet und druckneutral

Als Standardlösung für individuelle Unterwasseranwendungen bietet maxon ein druckkompensiertes Antriebssystem an. Herzstück ist eine Motor-Getriebe-Kombination, bestehend aus einem bürstenlosen DC-Motor sowie einem Planetengetriebe. Für den Kor-

rosionsschutz wird der Antrieb mit einem Kunststoffgehäuse umhüllt und mit zwei Titanflanschen abgedichtet. Es gibt die Möglichkeit, einen Kompensator anzuschliessen. Die ölgeflutete Antriebseinheit wird über einen Schlauch mit dem Kompensator verbunden. Dieser überträgt den Wasserdruck mit einer Membran auf das Öl, das je nach Wassertiefe bzw. Wasserdruck um ein bestimmtes Volumen komprimiert wird. Für den Anschluss einer Steuerungselektronik sind Steckverbindungen am Antrieb vorhanden. Der kompakte Unterwasserantrieb ist mit Durchmessern von 16 bis 42 Millimetern verfügbar. Und wird je nach Kundenanforderung individuell angepasst. ■

Website: aquaticsolutions.maxonmotor.de



Druckkompensierter Unterwasserantrieb mit Motor und Getriebe von maxon.



Unterwasser Auge

Davon träumen Hobby-U-Boot-Kapitäne: Ein US-Unternehmen hat ein Unterwassergefährt entwickelt, das hochauflösende Videos produziert und sich einfach steuern lässt – sogar mit dem Smartphone.

Die Ingenieure der Aquabotix Technology Corporation stellten sich einer grossen Herausforderung: Sie wollten ein ROV (Remote Operated Vehicle, ferngesteuertes Fahrzeug) entwickeln, das leicht zu bedienen und gleichzeitig nicht zu teuer sein sollte – mit garantiertem Spassfaktor. Also liessen sie sich durch die schnittigen Linien und geschmeidigen Bewegungen von Meereslebewesen inspirieren. Herausgekommen ist schliesslich das Modell HydroView Sport. Es kann Live-Videos pro-

duzieren und Fotos schießen und diese auf ein Smartphone, Tablet oder Notebook streamen. Die Steuerung ist einfach und erfolgt über das Touchpad des Laptops oder durch Drehen und Neigen von Smartphone oder Tablet. Die Bedienelemente orientieren sich an denen von Videospielen und schaffen so eine gewisse Vertrautheit mit den Funktionen.

Der HydroView wiegt weniger als fünf Kilogramm und wird in einem wasserdichten Transportgehäuse und mit einem 22 Meter



maxon A-max 26
Ø 26 mm, Graphitbürsten, 7 W

Fotos: Aquabotix, maxon motor ag

langen Kabel geliefert. Die Konsole zur Steuerung des Fahrzeugs fungiert als WLAN-Hotspot, sodass der Benutzer auch auf dem Wasser nicht lange nach einem Signal suchen muss. Die Kommunikation erfolgt vom Gerät des Benutzers wie Smartphone oder Tablet zur Konsole. Und von dort geht das Signal per Kabel ans Tauchfahrzeug. Die Person an der Steuerung sieht immer live, was unter Wasser passiert, dank LED-Beleuchtung und einer hochauflösenden Kamera.

Ein Benutzer kann das Unterwasserfahrzeug für viele Zwecke verwenden. Er hat die Möglichkeit, einen Anker zu überprüfen, den Rumpf eines Schiffes zu kontrollieren oder ein Unterwasservideo zu drehen. Der HydroView kann auch zur Erforschung von Meereslebewesen, zur Suche nach verlorenen Gegenständen oder zur Erkundung von Küstenlinien eingesetzt werden.

Drei DC-Motoren für die Propeller

Das ROV hat drei Propeller, zwei an den Seiten und einen am Heck. Diese werden jeweils von einem bürstenbehafteten DC-Motor von maxon angetrieben. A-max Motoren lieferten Aquabotix das benötigte hohe Drehmoment bei geringer Baugrösse. Die Motoren mit 26 Millimeter Durchmesser sind leicht und effizient. So kann das Gefährt mit einer Batterieladung bis zu drei Stunden unterwegs sein. Fast noch wichtiger ist



Das ROV HydroView fährt mit 10 Volt Gleichstrom nahezu drei Stunden, je nach Einsatzart. Es kann über iPad oder Laptop gesteuert werden.



Die mit dem HydroView gemachten Fotos und Videos können direkt auf ein Smartphone, Tablet oder Notebook gestreamt werden.

aber der geschmeidige und vibrationsarme Lauf der maxon Motoren. Dieser Punkt ist besonders wichtig, denn für den HydroView wurde eine längere Antriebswelle benötigt, die alle erzeugten Vibrationen verstärken würde. Abgesehen von einer Störung der Videoaufnahmen können Vibrationen Lecks verursachen, durch die sämtliche Elektronik- und Antriebsfunktionen beeinträchtigt würden.

Stabilität durch gegenläufige Motoren

Die seitlichen Motoren verfügen über eine Drehzahlregelung, um das Fahrzeug manövrieren zu können. Drehungen nach links und rechts werden durch koordinierte Anpassungen gesteuert. Der dritte A-max Motor im Heck des HydroView dient als Tiefenruder. Das Fahrzeug kann mit maximal 3 Knoten vorwärtsfahren und bis zu 45 Meter tief tauchen. Die seitlichen Propeller drehen gegenläufig und stabilisieren so das Gerät im Wasser.

Der HydroView verfügt über volle Linux-Funktionalität und kann in zahlreichen Sprachen programmiert werden, darunter C und C++. Die iPad-Version arbeitet mit der COCOA-Umgebung, während die PC-Version auch in Java programmierbar ist. Da die Bedienung des Tauchfahrzeugs ähnlich wie ein Videospiel funktioniert, ist sie von nahezu jeder Person schnell erlernbar. ■

Erst die richtige Steuerung holt das Beste aus dem Motor

Robotik und Automatisierung verlangen immer präzisere Regelungstechnik. Daniel Hug, Produktmanager Elektronik und Systemtechnik bei maxon, erklärt, was eine gute Motorsteuerung heute können muss.

Daniel Hug, Motorsteuerungen sind über die Jahre immer besser geworden. Wie zeichnet sich das aus?

Mit dem schnellen Wandel der Informationstechnologie haben sich auch die Möglichkeiten bei den Steuerungen rasant entwickelt. Früher ging es, lapidar ausgedrückt, lediglich darum, den Motor drehen zu lassen. Heute sind die Anforderungen vielschichtiger. Themen wie Diagnostik, Vernetzung oder funktionale Sicherheit gewinnen zunehmend an Relevanz – es geht nicht mehr bloss um Steuerungen im eigentlichen Sinn, sondern um kleine Komplettsysteme.

Was muss denn eine gute Steuerung heute können?

Eine gute Steuerung muss einerseits sehr viel Funktionalität mitbringen und sich flexibel einsetzen lassen. Andererseits muss sie einfach in Betrieb zu nehmen und zu bedienen sein. Dies zählt zu den grossen Herausforderungen, denen Steuerungshersteller heute ausgesetzt sind. Effizienz und Kompaktheit sind zudem oft ausschlaggebende Punkte.

maxon motor hat verschiedene Motorsteuerungen im Angebot – welches sind die aktuellen Renner?

Unser Portfolio deckt von einfachen Strom- und Drehzahlreglern bis zu hochdynamischen Motion-Controllern alles ab. Nicht zu vergessen die motorintegrierten Steuerungen. Aber unser Rückgrat bleibt die EPOS-Produktlinie.

Was ist so toll an der EPOS-Produktlinie? EPOS steht für Easy to use POSitioning System. Diesem Grundsatz haben wir uns verschrieben. Der Kunde soll sehr einfach und

ohne vertieftes Antriebs-Know-how zu einem performanten Positioniersystem mit DC- und BLDC-Motoren gelangen. Massgebend sind hier vor allem drei Komponenten:

- Das EPOS Studio: ein intuitives graphisches User Interface (GUI) mit vielen kleinen Helferlein, wie beispielsweise dem Startup-Wizard. Dieser führt von A bis Z schrittweise durch die ganze Konfiguration, damit nichts vergessen geht. Oder das Auto-Tuning. Dieses konfigurierte System sucht per Knopfdruck selbstständig die idealen Regelparameter und ist danach einsatzbereit.
- Die umfangreiche Dokumentation mit unserem schlagkräftigen Support.
- Die zahlreichen Bibliotheken zur Einbindung der EPOS in verschiedenste Systeme sowie die vielen Praxisbeispiele.

Dies alles gibt es bei uns gratis. Konkurrenten können oft nur mit Teilen davon aufwarten, welche meist auch kostenpflichtig sind.

Ab April 2016 ist die neue EPOS4-Positioniersteuerung erhältlich. Was hat sich verändert?

Neu an der EPOS4 ist die sehr hohe Leistungsdichte. Durch Effizienzoptimierungen und ein durchdachtes thermisches Design erreichen wir höchste Ausgangsleistungen auf kleinstem Raum. EPOS4 bietet zudem ein modulares Erweiterungskonzept für Ethernet-basierende Schnittstellen wie EtherCAT sowie verschiedene absolute Drehgeber. Der Kunde kann sich sein System optimal zusammenstellen und bezahlt nur, was er wirklich braucht. Zudem bieten wir neue Features.

Wo soll EPOS4 zum Einsatz kommen? EPOS4 wird eine komplette Produktlinie



Daniel Hug ist Leiter Produktmanagement Elektronik bei maxon motor. Als diplomierter Elektroingenieur mit langjähriger Entwicklungserfahrung ist er verantwortlich für die Produktgestaltung sowie für die Umsetzung von Entwicklungsprojekten – von der Idee bis hin zur fertigen Antriebslösung.

bilden. So decken wir das ganze Spektrum der bei maxon erhältlichen Motoren ab – und auch alle Anwendungsgebiete. EPOS4 eignet sich überall dort, wo eine preiswerte, performante Drehmoment-, Drehzahl- oder Positioniersteuerung gebraucht wird. Eine Steuerung, die sich einfach in verschiedenste Mastersysteme einbinden lässt, ob als Einachssystem oder für komplexe Mehrachsenanwendungen.

Was haben die Kunden davon, wenn sie maxon Steuerungen einsetzen?

Der grosse Vorteil liegt in der optimalen Abstimmung der einzelnen Komponenten aufeinander. Gerade die Ansteuerung unserer hochdynamischen, niederinduktiven Motoren erfordert in der Praxis eine passende Steuerung, um die Vorteile unserer Antriebe auch wirklich nutzen zu können. Hier scheitern viele Produkte spätestens bei der manuellen Reglerabstimmung. Unsere langjährig entwickelten Algorithmen für ein automatisches Tuning machen diesen Schritt dagegen kinderleicht.

Eine gute Steuerung muss viel Funktionalität mitbringen und einfach in Betrieb zu nehmen sein.

Bietet ihr auch kundenspezifische Lösungen an?

Natürlich! Es ist sogar so, dass die Mehrheit unserer verkauften Steuerungen kundenspezifische Lösungen sind. Die Bandbreite ist riesig: von einer kleinen Firmwareanpassung, die schon für kleine Stückzahlen Sinn macht, bis hin zu massgeschneiderten, kompletten Applikationslösungen – auch im hochvolumigen Bereich. Wo immer ein Katalogprodukt die Kundenanforderungen nicht vollumfänglich erfüllt, kann eine spezifische Lösung Sinn machen. Wir können hier auf ein starkes Engineering-Team und langjährige Erfahrung zurückgreifen.

Welches sind die Herausforderungen, wenn Kunden mit spezifischen Wünschen kommen?

Die grösste Herausforderung besteht darin, mit dem Kunden gemeinsam die Anforderungen festzulegen, um eine möglichst ideale Systemlösung zu finden. Oftmals sind den Kunden gar nicht alle Möglichkeiten bewusst. Dann können wir in der Diskussion die Weichen für einen zusätzlichen Mehrwert stellen.

Wie stellt ihr einen nahen und guten Kundenservice sicher?

Wir haben hierfür ein eigenes Team von Applikations- und Support-Ingenieuren. Sie betreuen unseren Service & Support Desk, ein onlinebasiertes Tool, das den Kunden zu jeder Zeit für Anfragen zur Verfügung steht (<http://support.maxonmotor.com>). Zusammen mit unseren Anwendungsspezialisten vor Ort schaffen wir so ein globales und kompetitives Netzwerk, das schnell auf die Wünsche der Kunden reagieren kann. ■■■



EPOS4 Positioniersteuerungen

maxon motor control

maxon motor befasst sich seit mehr als 25 Jahren auch mit dem Bereich Motion-Control, der dynamischen Steuerung von bürstenbehafteten und bürstenlosen DC-Motoren. Das Ziel ist es, dem Kunden eine optimale Systemlösung mit allen Antriebskomponenten anbieten zu können: vom Getriebe über den Motor mit Sensor bis hin zur passenden Steuerung. Hierzu widmet sich ein Team von rund 40 Mitarbeitern der vollumfänglichen Entwicklung und Betreuung verschiedenster Motion-Control-Produkte und kundenspezifischer Lösungen. Jährlich werden in diesem Bereich über eine halbe Million Produkte, vom einfachen Strom- oder Drehzahlregler bis hin zur mehrachsigen, hochdynamischen Steuerung, abgesetzt.

Easy Rider

Schnee, Eis und Sand sind die natürlichen Rivalen vieler Biker. Ein neuer Trend aus den USA trotzt diesen Elementen: Fat-Biken. Dazu gehören Reifen bis 4,8 Zoll Breite mit einem Luftdruck um die 0,5 bar. Und neu auch Elektroantriebe.



Fotos: maxon motor, ag/Philipp Schmidt



Wie so viele Trend- und Extremsportarten kommt auch das Fat- bzw. Snow-Biken aus Nordamerika. Alaska, Minnesota und New Mexico repräsentieren typische Fat-Bike-Regionen. Schnee, Eis, Sand oder Matsch sind Elemente, denen ein durchschnittlicher Radfahrer gerne aus dem Weg geht. Nicht so die Fat Biker. Dank der extrem breiten Reifen und Felgen ist ein Luftdruck um 0,5 bar möglich. Die grosse Auflagefläche erlaubt es dem Fahrer, auch auf sehr weichem Untergrund zu fahren, ohne dabei einzusinken. Oben-
 drein gibt es ein dickes Plus an Traktion und einen geringen Rollwiderstand im Gelände. Nur hat dieser einen Haken. Bergauf mit dem Fat Bike ist anstrengend – aufgrund der schwierigen Bodenbeschaffenheit und der breiten Reifen. Hier kommt eine neue Lösung ins Spiel: drehmomentstarke Elektroantriebe.

Der Bikedrive sorgt für mehr Schub
 Spass im Schnee macht es mit der richtigen Motorunterstützung. Das zeigen die Motocross- und Snowmobile-Filme auf Youtube.



Dasselbe gilt für Fat Bikes. Mit Motorenunterstützung kommt man zügig auf Winterwegen voran, meistert jeden Buckel und kann auch mal mit dem Hinterrad eine Schneewolke hochstieben lassen.

Nun stellt sich die Frage: Wer braucht das überhaupt? Schliesslich könnte man die Fat Bikes mit SUVs vergleichen – überdimensioniert für den normalen Gebrauch. Die Antwort: Fat Bikes sind etwas für Radfahrer, die einfach bei jeder Witterung unabhängig bleiben wollen. Nach dem Motto: Komme, was wolle.

Und ein richtiger Offroader braucht auch einen starken Motor. Zum Beispiel den maxon Bikedrive. Der Schweizer Heckmotor mit robustem Planetengetriebe sorgt für viel Schub auf jedem Untergrund. Dank der unmittelbaren Beschleunigung, im Boost-Modus mit 50 Nm Drehmoment, ist man für jede Situation gewappnet.

Momentan kann der maxon Bikedrive in jedes Fat Bike mit 135-mm-Hinterradachse eingebaut werden. Solche Modelle bietet beispielsweise der bekannte Fat-Bike-Hersteller Surely an. ██████████

Aktuelle Infos unter:
maxonbikedrive.com

Fotos: maxon motor ag / Philipp Schmidt



maxon Bikedrive – technische Details

Motor

Gewicht: 3,5 Kilogramm
Dauerdrehmoment: 25 bis 30 Nm
Max. Drehmoment: 50 Nm
Wirkungsgrad: 85 Prozent

Akku

48-Volt-Lithium-Ionen-Akku mit
360 Wattstunden
Gewicht: 2,8 Kilogramm
Volle Leistung nach zwei Stunden
Aufladung
(70 % nach 60 Minuten)
Reichweite: 1000 bis 1400 Höhenmeter
(je nach Gewicht des Fahrers)

Powergrip

3 Stufen + Turbo Boost
Temperaturüberwachung mit Status-LED



Die grosse Frage: DC- oder BLDC-Motoren?

Bürstenbehaftete und bürstenlose DC-Motoren haben sowohl Vor- als auch Nachteile. Doch welcher Typ eignet sich besser für die jeweilige Anwendung? Wir geben Tipps.

Wer in der Antriebstechnik auf kompakte Gleichstrommotoren setzt, muss zuerst eine Wahl treffen: zwischen bürstenbehafteten DC-Motoren und bürstenlosen DC-Motoren (BLDC). Letztere werden bei maxon auch EC-Motoren genannt (elektronisch kommutiert). Nachfolgend zeigen wir Ihnen verschiedene Kriterien auf, um den richtigen Motortyp für eine bestimmte Anwendung zu wählen.



Urs Kafader ist seit 20 Jahren für die technische Ausbildung bei maxon motor verantwortlich. Er führt Schulungen zur Technik und zum Einsatz von maxon Produkten durch – für die Mitarbeitenden am maxon Hauptsitz in Sachseln, für das internationale 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.

Lebensdauer

Das Kommutierungssystem mit Bürsten limitiert die Lebensdauer eines DC-Motors. Normalerweise beträgt die Laufzeit einige tausend, im besten Fall sogar bis zu 10000 Stunden, sie kann aber auch auf nur wenige hundert Stunden begrenzt sein. Eine konkrete Aussage ist kaum möglich, da es keine verlässlichen Berechnungen gibt. Die Lebensdauer hängt stark von der Belastung ab: Hoher Strom, hohe Drehzahl, Umkehrbetrieb und hohe Vibrationen verringern die Lebensdauer. Für eine Einschätzung ist deshalb ein Vergleich mit einer ähnlichen Anwendung sinnvoll.

Bei bürstenlosen DC-Motoren begrenzen die Kugellager die Lebensdauer des Motors, was ziemlich präzise abgeschätzt werden kann. Typischerweise sind die Lager für mehrere zehntausend Stunden ausgelegt.

Nach wie vor gilt aber: Für viele Anwendungen reicht eine Betriebsdauer von einigen tausend Stunden.

Wo liegen die Unterschiede bezüglich Drehzahl und Drehmoment?

Als Ausgangspunkt betrachten wir einen bürstenbehafteten DC-Motor gegebener Baugröße. Damit kann man Drehzahlen bis maximal 20000 UpM erreichen. In den meisten Fällen liegt die Grenzdrehzahl aber unter 10000 UpM. Höhere Drehzahlen wirken sich auf die Lebensdauer des Motors aus – diese nimmt bei steigender elektrischer und mechanischer Abnutzung massiv ab.

Ein in Baugrösse und magnetischem Aufbau vergleichbarer bürstenloser DC-Motor kann bei wesentlich höheren Drehzahlen betrieben werden, in Einzelfällen über 100000 UpM. Solche Antriebe sind somit perfekt geeignet in Anwendungen, die viel Speed verlangen, etwa für Industrieschneider und -fräser oder bestimmte Lüfter.

Interessant ist, dass bürstenlose Motoren oft mehrpolig ausgeführt werden. Dies vergrössert das Drehmoment, allerdings auf Kosten der Drehzahl. Denn viele Anwendungen benötigen die extrem hohen Drehzahlen nicht; aber etwas mehr Drehmoment ist sehr willkommen. Und dennoch: Einer der Hauptvorteile der bürstenlosen Motoren sind die höheren Drehzahlen.

Beachten Sie: Diese Ausführungen sind nur Trends. Welche Drehzahlen und Drehmomente möglich sind, muss spezifisch beim jeweiligen Motortyp abgeklärt werden.

DC-Motoren mit Bürsten

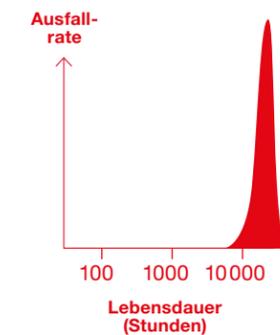
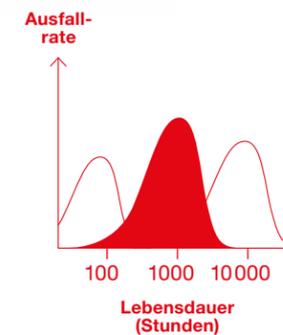


EC-, DC-Motoren bürstenlos



Lebensdauer

Die Lebensdauer eines DC-Motors von typisch einigen tausend Stunden reicht für viele Anwendungen völlig aus. Wie lange die Bürsten aber halten, ist nur schwer voraussagbar. Faktoren wie Stromstärke, Drehzahl oder Vibrationen haben einen grossen Einfluss.



Die Lebensdauer von bürstenlosen DC-Motoren ist durch die Kugellager gegeben. Deren Abnutzung kann ziemlich präzise abgeschätzt werden. Üblicherweise halten sie für mehrere zehntausend Stunden.

Drehzahl

< 10 000 min⁻¹

Bürstenbehaftete DC-Motoren erreichen in der Regel Drehzahlen von 10000 min⁻¹, was für viele Anwendungen völlig ausreichend ist. Höhere Drehzahlen sind möglich, verringern allerdings die Lebensdauer des Motors.

< 120 000 min⁻¹

Mit elektrisch kommutierten Motoren sind Drehzahlen von bis zu 120000 min⁻¹ möglich. Sie sind somit perfekt geeignet für industrielle Fräser oder Lüfter.

Spezielle Umgebung

Mögliche Komplikationen

- Bürstenfeuer**
 - Elektromagnetische Störungen in explosiver Umgebung
- Abrieb der Graphitbürsten**
 - In Reinraumanwendungen
 - In optischen Systemen
 - In Hoch- und Ultrahochvakuum
- Schmierung der Edelmetallbürsten**
 - In Hoch- und Ultrahochvakuum

Leichter adaptierbar für

- Hohe und tiefe Temperaturen
- Betrieb im Vakuum
- Betrieb im Öl
- Sterilisation im Autoklav
- Vibrationen und Schocks

Betrieb

Gleichstrommotoren mit Bürsten lassen sich ganz einfach betreiben. Es braucht nur eine Spannung an den beiden Anschlüssen, und der Motor dreht.



BLDC-Motoren benötigen eine zusätzliche Kommutierungselektronik, nur schon um den Motor drehen zu lassen.

Fotos: maxon motor ag

Besondere Umgebungsbedingungen

Das Bürstensystem von Gleichstrommotoren kann bei speziellen Anwendungen zu Komplikationen führen:

- Bürstenfeuer verursacht elektromagnetische Störungen, die eventuell gedämpft werden müssen. In explosiven Gasen sind solche Motoren daher nicht einsetzbar. Allerdings benötigt auch ein bürstenloser Motor Modifikationen, um explosionsgeschützt zu sein.
- Graphitbürsten erzeugen Graphitstaub, der Reinräume, Vakuum oder optische Anwendungen verunreinigen kann.
- Graphitbürsten brauchen eine gewisse Feuchtigkeit und etwas Sauerstoff in der Atmosphäre, um gut zu funktionieren.
- Edelmetallbürsten müssen geschmiert werden. Deshalb sind beide Bürstensysteme nicht für Hochvakuum-Anwendungen geeignet.

Aus diesen Gründen sind die meisten Motoren für besondere Umgebungsbedingungen bürstenlos. Dies gilt etwa für Anwendungen im Ultrahochvakuum, in der Tiefenbohrung oder in sterilen Geräten für die Medizintechnik.

Ansteuerung und Betrieb

Kein Motor ist so einfach zu betreiben wie der Gleichstrommotor mit Bürsten. Eine Spannung an den beiden Anschlüssen genügt, und der Motor dreht. Dagegen ist beim bürstenlosen Motor eine zusätzliche Kommutierungselektronik nötig. Die Verkabelung ist aufwendiger, da bis zu acht Anschlüsse vorhanden sind.

Die Situation ändert sich allerdings bei regelten Antrieben: Meist können die Regler für Drehzahl, Position oder Drehmoment für beide Motortypen (DC und BLDC) verwendet werden. In diesen Fällen sind die Kosten für die Elektronik und den Feedbacksensor sowie der Verkabelungsaufwand sehr ähnlich.

Fazit

Bürstenbehaftete oder bürstenlose Motoren? Bei dieser Entscheidung spielen verschiedene Kriterien eine Rolle: Ob Sie einen bürstenbehafteten oder bürstenlosen DC-Motor verwenden, hängt von verschiedenen Kriterien ab:



Die von SpaceX entwickelte Dragon-Kapsel, die die ISS mit Material versorgt, nutzt für die Einstellung der Sonnensegel bürstenlose Motoren von maxon.



In der weltweit ersten kabellosen Tattoo-Maschine setzt Swisstattoo-Maschine auf den RE 13 Motor von maxon. Der Antrieb besticht durch seine Energieeffizienz und Dynamik.

- Geforderte Drehzahl: Bei hohen Drehzahlen sind bürstenlose Motoren von Vorteil.
- Lebensdauer: Auch bei langer Lebensdauer sind bürstenlose Motoren von Vorteil.
- Umgebungsbedingungen: Anpassungen sind bei bürstenlosen Motoren in den meisten Fällen einfacher.
- Verkabelungs- und Betriebsaufwand: Bei einfachen Antrieben sind bürstenbehaftete Motoren von Vorteil.

Ob Sie sich für DC- oder BLDC-Motoren entscheiden, hängt schlussendlich von technischen Erwägungen ab. Aber auch Umgebungsbedingungen, Aspekte hinsichtlich der Lebensdauer und ökonomische Überlegungen spielen eine Rolle. Benötigen Sie Unterstützung bei der Antriebsauswahl, helfen Ihnen die Experten von maxon motor weiter. ■■■

Für Nostalgiker: das Heim-Tonbandgerät

Analoge Heim-Tonbandgeräte waren in den 1960ern und 1970ern der Traum eines jeden Musikliebhabers. maxon Motoren sorgten damals für einen reibungslosen Antrieb. Ein Rückblick in die Geschichte.



Zwei weitere maxon DC-Motoren, die damals unter der Bezeichnung 2060.800 produziert wurden, mussten speziell für die Anwendung entwickelt werden. Aussergewöhnlich war, dass die grossen 27-cm-Spulen des Tonbandgerätes direkt von den beiden maxon Motoren angetrieben wurden. Das heisst, dass bei der Stellung «Aufnahme» ein Motor stets das Band zog und der zweite das Band wieder abbremste, um Bandsalat zu vermeiden. Der Hersteller lobte die «neuartigen» eisenlosen Gleichstrommotoren und hatte sich für deren Einsatz entschieden, «da diese im Vergleich zu herkömmlichen Motoren ein weitaus geringeres Trägheitsmoment besaßen». Ein weiterer konventioneller Servo-Getriebe-Motor wurde für die «Omega-Umschlingung» des Bandes eingesetzt, einen speziellen geometrischen Aufbau des Getriebes, um das Tonband möglichst fehlerfrei zu transportieren.

1977 brachten die Uher-Werke aus München die SG-630-HiFi-Stereo-Tonbandgeräte auf den Markt. «Ein Tonbandgerät für gehobene Ansprüche, für jeden Geschmack, mit fast allen Möglichkeiten, die sich ein Tonamateurliebt», hiess es in der Werbebroschüre. Uher hatte damals ein völlig neues Laufwerk konstruiert mit neuer Regeltechnik und Bandantriebssystem (4-Motoren-Laufwerk).

Im «Hightech»-Riesens der 70er kamen bereits maxon DC-Motoren zum Einsatz. Und zwar genau vier. Einer war ein «kollektorloser» Gleichstrommotor (heute würde man diesen als bürstenlosen Motor bezeichnen). Als sogenannter «Capstanmotor» hatte er die Aufgabe, die Welle neben dem Tonkopf anzutreiben und den Gleichlauf des Bandes zu kontrollieren.

Tonbandmaschinen dieser Art galten damals als zukunftsweisende Technologie. Jedoch bewährte sich diese Technik nur wenige Jahre und verschwand schliesslich durch den Siegeszug der Digitaltechnik völlig vom Markt. Zugegebenermassen hatten die Uher-Geräte recht viele Macken – die meisten Tonbandgeräte mussten schon nach wenigen Tagen wieder in die Reparatur, was jedoch nicht an den Motoren lag. Auch heute gibt es noch Nostalgiker, die versuchen, solche Tonbandgeräte wieder zum Leben zu erwecken. Einige Liebhaber bezeichnen den Klang eines solchen Audiogerätes als viel wärmer und angenehmer als von einer CD. ■■■



Plattenspieler mit maxon Motoren

Hochpräzise maxon DCX-Motoren werden heute im Audiobereich vor allem für hochpreisige Luxusgeräte eingesetzt. So auch im Plattenspieler von Kronos. Dieses Audiogerät ist durch seine einzigartige Bauweise und Technik so exakt wie kaum ein anderer Player. Was auch an den beiden maxon DC-Motoren liegt, die den Plattenteller antreiben.



Andre van Rüschen unterwegs mit seinem Exoskelett von ReWalk.

«Dann will ich nur noch laufen, laufen, laufen»

Jährlich landen 130 000 Personen weltweit mit einer Querschnittslähmung im Rollstuhl. Auch Andre van Rüschen. Er kann seit einem Autounfall seine Beine nicht mehr spüren. Trotzdem ist er täglich zu Fuss unterwegs.

Sogar Treppen meistert er inzwischen alleine. Andre van Rüschen hält sich mit der einen Hand am Geländer, mit der anderen stützt er sich auf den Gehstock. Seine Beine meistern Stufe für Stufe, und oben angekommen, lächelt er. Für ihn ist Laufen ein reines Glücksgefühl. Denn Andre ist querschnittsgelähmt.

Bei einem Autounfall 2003 wurde sein Rückenmark durchtrennt, und seither spürt er den Unterkörper nicht mehr. Trotzdem ist er heute täglich im aufrechten Gang unterwegs.

Ein Exoskelett übernimmt die Funktion seiner Beine. Es handelt sich dabei um ein mechatronisches Stütz- und Bewegungssystem, bei dem Motoren die Bewegung der Hüften und Knie übernehmen. Die israelische Firma ReWalk Robotic entwickelt solche Systeme und gilt bereits als sehr etabliert, obwohl der Markt für Exoskelette noch jung ist. Ihre Produkte sind in den USA, in Europa und weiteren Ländern für den Privatgebrauch zugelassen. Mehr als 80 Personen haben heute

ein ReWalk-System zu Hause. Mehr als 120 Trainingszentren weltweit sind mit den Geräten ausgestattet.

«Grandioses Gefühl»

Andre van Rüschen meldete sich 2012 als Testperson bei ReWalk und wurde daraufhin nach London in ein Trainingscamp eingeladen. Dort lernte er, mit dem Exoskelett zu stehen, zu laufen und sich umzudrehen. Die Steuerung funktioniert über eine Uhr und mittels Gewichtsverlagerung. Eine Betreuungsperson stand ihm jeweils zur Seite. Später konnte sich der Familienvater aus Deutschland alleine fortbewegen. «Es ist ein grandioses Gefühl, fast wie Schweben. Sobald ich mich am Exoskelett anschnalle, möchte ich nur noch laufen, laufen, laufen.»

Wenn querschnittsgelähmte Menschen wieder selbstständig gehen können, hat das einen positiven psychologischen Effekt. «Wieder mal eine andere Perspektive.» «Den Leuten auf Augenhöhe begegnen.» Aber nicht nur das. Klinische Studien haben gezeigt, dass vermehrtes Gehen und Stehen auch gut für die Gesundheit ist. Exoskelett-Benutzer haben eine verbesserte Blasen- und Darmfunktion,



Fotos: ReWalk Robotics, maxon motor ag

einen ruhigeren Schlaf und allgemein weniger Schmerzen, sodass sie seltener Medikamente benötigen. Auch bei Andre sind die häufigen Rückenschmerzen und eine chronische Blasenentzündung praktisch ganz verschwunden, seit er wieder gehen kann.

Schneller und damit sicherer

Das aktuelle Modell, das er verwendet, ist das ReWalk 6.0. Bei vorherigen Systemen musste die Batterie noch als Rucksack getragen werden. Jetzt ist sie im Gerüst integriert und liefert Energie für einen Tag. Das Exoskelett ist somit komplett selbsttragend. Es lässt sich individuell einstellen und ist für Personen bis 1,90 Meter und 100 Kilogramm geeignet. Zudem hat ReWalk ein natürliches Gangbild entwickelt und die Schrittgeschwindigkeit auf 2,6 Kilometer pro Stunde erhöht. Nutzer sind somit sicherer unter anderen Fussgängern unterwegs.

Für die Knie- und Hüftbewegungen setzt ReWalk auf vier bürstenbehaftete DC-Motoren von maxon. Die RE 40 Einheiten kommen jeweils in Kombination mit einem Planetengetriebe GP 42 C zum Einsatz, das mit Keramikkomponenten bestückt ist. Dadurch verlängert sich die Lebensdauer der Antriebe merklich, was beim Einsatz im Modell 6.0 entscheidend ist. Denn laut ReWalk-Produktmanager Andreas Reinauer sind die Exoskelette für fünf Jahre, oder eine Million Schritte, ausgelegt. «Deshalb müssen die Motoren sehr zuverlässig, wartungsarm und kraftvoll bei geringer Grösse sein.» Mit maxon motor habe man den richtigen Partner gefunden: «Die Projekte werden professionell abgewickelt, Fristen, Spezifikationen und Kostenrahmen stets eingehalten.»

Mit dem ReWalk zum Cybathlon

Exoskelette haben bereits ein beachtliches technisches Level erreicht. Doch die Entwicklung geht weiter und wird laut Andreas Reinauer in ihrer Dynamik viele Leute überraschen. «Die Systeme werden durch Hightech-Materialien und Synergien aus der Forschung sehr wahrscheinlich kleiner, leichter und intelligenter werden.» Ein ebenso wichtiger Punkt ist die Finanzierung solcher Exoskelette (rund 70 000 Euro) durch Krankenkassen. Zwar ist das in einzelnen Fällen bereits geschehen, aber noch nicht selbstverständlich. Deshalb will ReWalk für mehr Akzeptanz kämpfen – unter

anderem mit der Teilnahme am Cybathlon-Wettkampf, der im Herbst in Zürich stattfindet (siehe Box). «Wir wollen zeigen, dass ein geübter ReWalk-Anwender neben alltäglichen Hindernissen auch einen schwierigeren Parcours bewältigen kann.»

Ins Rennen steigt Andre van Rüschen. Sechs Hindernisse muss er überwinden, was gar nicht so einfach ist. Am Testlauf 2015 schaffte er drei. Damals benutzte er aber noch das ältere Modell. Und so ist das Team um ReWalk zuversichtlich, am Cybathlon vor allen anderen Teilnehmern ins Ziel zu kommen. ■



Andre van Rüschen setzt sein Exoskelett mit der Uhr in Bewegung.

CYBATHLON

Wettkampf für Bionic-Athleten

Am Cybathlon treten Parathleten mit neuester Technologie gegeneinander an. Sechs Disziplinen gibt es. Unter anderem für motorisierte Rollstühle, Arm- und Beinprothesen und Exoskelette. Es gilt, einen Hindernisparcours möglichst korrekt zu absolvieren. Die Zeit ist sekundär. Der Cybathlon feiert am 8. Oktober 2016 in der Schweiz Premiere. 60 Teams aus der ganzen Welt nehmen teil. Die Idee dahinter stammt von der ETH Zürich, die mit dem Anlass Barrieren zwischen Menschen mit Behinderungen, der Wissenschaft und der Öffentlichkeit abbauen will. cybathlon.ethz.ch/



WETTBEWERB

Wie viele maxon Produkte verstecken sich auf dem Unterwasserbild?

Zählen Sie mal, wie viele Motoren, Getriebe und Steuerungen von maxon sich in unserem Unterwassersuchbild versteckt haben. Senden Sie Ihre Antwort per E-Mail an driven@maxonmotor.com und tauchen auch Sie ab in die Unterwasserwelt mit einem Tauchscooter.

Teilnahmeschluss ist der 31. Juli 2016.

Mitarbeiter von maxon motor sind von der Teilnahme ausgeschlossen. Über den Wettbewerb wird keine Korrespondenz geführt, der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



Der Sea-Doo Seascooter GTS steht für ultimativen Fun unter Wasser und an der Wasseroberfläche. Der 1-Gang-Betrieb mit einfacher Bedienung beschleunigt auf bis zu 4,7 km/h.



Outlook 2 // 2016 Medizintechnik

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 7. November 2016 erscheint.



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

Impressum

Herausgeber: maxon motor ag
Redaktion: Stefan Roschi,
Anja Schütz
Bildbearbeitung: Jeremias Wieland
Copyright: © 2016 by maxon
motor ag, Sachseln. Nachdruck nur
mit schriftlicher Genehmigung.

Realisation: Infel Corporate Media
Projektleitung und Redaktion:
Bärbel Jördens
Gestaltung: Peter Kruppa
(Art Director), Marina Maspoli
Bildredaktion: Diana Ulrich
Korrektorat: Franz Scherer

Druck: Druckerei Odermatt AG
Erscheinungsweise: 2-mal pro Jahr
Sprachen: Deutsch, Englisch,
Chinesisch
Auflage: 10500 (dt.), 4500 (engl.)

driven online: magazin.maxonmotor.ch

NEW



11 READY IN
DAYS

maxon ECX: 120 000 min⁻¹, sterilisierbar.

Ein BLDC-Motor auf der Überholspur.

High Speed

Bis zu 120 000 min⁻¹, geschmeidiger Lauf, kaum Erwärmung.

Grosse Auswahl

Verschiedene Leistungsstufen und Durchmesser, standard oder sterilisierbar (bis zu 2000 Zyklen).

Online konfigurierbar

Massgeschneiderte mechanische und elektrische Komponenten – Getriebe, Encoder, Wellen etc.

Kurze Lieferzeit

Alle Antriebsvarianten sind in maximal 11 Tagen lieferbar – dank schlanken und automatisierten Prozessen.

ecx.maxonmotor.ch

maxon motor
driven by precision

drive.tech by maxon motor

Even more drive technology.



Get inspired, improve your knowledge.
Stay tuned and visit **drive.tech** now.