

Das Magazin von maxon motor

# driven



## Dein Freund und ...

Roboter im Haushalt, in der Industrie und im Katastropheneinsatz

Sein Name ist Yochai



Von 0 auf 30 km/h in 3 Sekunden



S. 16



S. 38



S. 26



S. 28



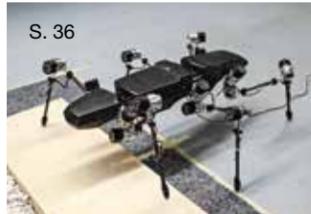
S. 22



S. 18



S. 8



S. 36



S. 7



S. 32

4 News

**Fokus Robotik**

8 **Freund. Maschine. Retter.**

Roboter werden unsere neuen Helfer – ob im Haushalt, in der Industrie oder im Katastrophenfall. Pepper, Romeo, P-Rob und Hubo übernehmen immer komplexere Aufgaben für uns.

16 **Sein Name ist Yochai**

Roboter-Ethikerin Kate Darling erforscht am MIT die emotionalen Bindungen von Menschen zu Robotern und unseren Umgang mit den Maschinen.

**maxon inside**

18 **Spiel mit dem Wasser**

maxon motor steht nicht nur für Motoren, sondern bietet auch komplexe Gesamtlösungen für gigantische Wasserspiele.

**Special**

22 **Von 0 auf 30 km/h in 3 Sekunden**

Wie Mountainbiker dank des leistungsstarken Elektroantriebs Bikedrive steile Trails nicht nur herunterheizen, sondern auch aufwärts erklimmen.

**Exploration**

26 **Wilden Tieren auf der Spur**

Eine Videokamera, speziell für Dokumentationen ausgelegt, erfasst schnell die schönsten Bilder in der Savanne von Kenia.

**Expertise**

28 **Ansteuerung von Achsen in der Robotik**

Nur wer die richtige Balance zwischen Modularisierung und zentraler Koordination der Achsen findet, hat Erfolg.

**Innovation**

32 **Ein Rollstuhl für alle Fälle**

Mit Scalevo ist Treppen steigen für Gehbehinderte bald keine Herausforderung mehr.

36 **Intelligenz auf sechs Beinen**

Hector, der Roboter mit dem Skelett einer riesigen Stabheuschrecke, ist ein wahrer Kletterkünstler.

**Wettbewerb**

38 **Wie viel maxon steckt in Romeo, dem Pflegeroboter?**

Teilnehmen und mit Sphero Ollie einen eigenen Roboter gewinnen.

Fotos: Flavia Schaub, Sphero, ARRI, Otto Bock, maxon motor / Philipp Schmidl, Universität Bielefeld, maxon motor ag, Aldebaran Robotics / Vincent Desailly, Alessandro della Bella

Editorial

# Der Erfolg der Roboter ist auch ein Erfolg für uns



Eugen Elmiger, CEO der maxon motor ag

Ich weiss nicht, wie es Ihnen geht, aber ich staune über die Fortschritte in der Robotik. Maschinen in Industriebetrieben werden präziser und intelligenter – sie können Menschen direkt unterstützen. Gleichzeitig entwickeln Ingenieure Roboter, die autonom Katastropheneinsätze erledigen. Und in Asien macht Pepper alle Leute verrückt. Ich kann mir gut vorstellen, dass dieser soziale Roboter bald viele Haushalte erobert. Die Nachfrage ist bereits riesig.

Der Erfolg von Pepper ist auch ein Erfolg für maxon. Von Anfang an sind wir als Partner bei der Entwicklung dabei gewesen, haben getestet und angepasst, bis unsere Motoren perfekt ins System passten. Und so verfolgen wir bei maxon gespannt, wie die Story rund um Pepper und alle anderen Roboter weitergeht. driven gibt Ihnen einen Einblick in diese faszinierende Welt der Robotik.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen.



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

# Das Bionic Supermodel

Rebekah Marine, 28, Bionic Model, ist im September auf der New York Fashion Week gelaufen. Ohne rechten Unterarm geboren, hat sie sich nicht unterkriegen lassen. Sie plädiert öffentlich für mehr Toleranz in der Modelbranche gegenüber Frauen, die nicht der Norm entsprechen. Auf dem Laufsteg trug Rebekah Marine ihre moderne Prothese i-limb quantum des britischen Herstellers Touch Bionics. Für perfekte Greifbewegungen der Finger sorgen DC-Motoren und Planetengetriebe von maxon mit einem Durchmesser von 10 Millimetern.



Fotos: Rebekah Marine, Shell

## Shell Eco-marathon

### Der Kampf um Energieeffizienz

Es ist früh am Morgen, in der Halle sind die Geräusche eines spannenden Wettbewerbs zu hören: Gespräche, herunterfallende Werkzeuge, dann und wann startet ein Motor. Menschen mit panischem Gesichtsausdruck laufen hin und her, die Kontrolleure führen mit strenger Miene ihre Inspektionen durch, und die Luft ist angefüllt mit dem Geruch von Abgasen, Gummi, Schweiß und Kaffee.

Herzlich willkommen im Ahoy in Rotterdam – dem Schauplatz des Shell Eco-marathon Europe 2015, der heuer zum dreissigsten Mal stattfindet.

Die Teams arbeiten hart für den Sieg in einer der Kategorien. Natürlich sind die Preise für das sparsamste Fahrzeug in der jeweiligen Klasse und die Preise für weitere Kategorien wie Kommunikation, Sicherheit, technische Innovation usw. bei den Teilnehmern sehr begehrt. Eine Erfolgsgarantie gibt es jedoch nicht. Auch die beste Vorbereitung sagt noch nichts über das Ergebnis aus. Man weiss nie, was so passieren kann: ein

Loch im Asphalt, ein Bauteil versagt, ein Teammitglied wird krank...

Darin liegt auch der Reiz des Wettbewerbs. Nach einem Jahr der Vorbereitung vom Entwurf bis hin zur physischen Konstruktion und Erprobung des Fahrzeugs entscheidet sich alles im eigentlichen Rennen. In jedem Jahr stehen Schülerteams vor der Aufgabe, ihre Grenzen auszureizen. Und in jedem Jahr werden die Regeln geändert und verschärft, sodass die Aufgabe nicht zur Routine wird. Immerhin dreht sich alles um die Entwicklung einer sparsamen Technologie mit hohem Wirkungsgrad. Die Ergebnisse zeigen die Effektivität dieser Entwicklung: Der Sieger von 1985 kam mit einem Liter Benzin immerhin 680 Kilometer weit. In diesem Jahr betrug beim Sieger-team das Verhältnis von Litern Kraftstoff zu gefahrenen Kilometern 1:2251.

Viele Teams in den Klassen Elektromobilität und Hydrogen verwendeten maxon Motoren, sodass maxon zum stolzen Partner zahlreicher Sieger wurde. maxon unterstützte auch ein neues Schulteam bei der ersten Teilnahme und ermöglichte so 30 Schülern eine einmalige Erfahrung. Wir hoffen, dass sie im nächsten Jahr wieder dabei sind, wenn der Shell Eco-marathon in London stattfindet.

## 2015 auf einen Blick



Team Euregiounners präsentiert das erste Fahrzeug, das mithilfe von Formen aus dem 3-D-Drucker gebaut wurde (links).

Das Green Team Twente Young vom Bonhoeffer College aus Enschede (Niederlande) war zum ersten Mal dabei (oben).

RoboThespian

## Ein Roboter als Standesbeamter

China – im Land des Lächelns hat sich ein junges Paar von einem humanoiden Roboter verheiraten lassen.

Unauffällig steht RoboThespian im Hintergrund der Hochzeitszeremonie – mit seiner Computerstimme begrüsst er das Paar und beginnt seine Rede. Nach dem Jawort reicht er der Braut und dem Bräutigam die Ringe. Der «Standesbeamte» ist eine menschenähnliche Maschine, die nicht nur tanzen, singen, moderieren und schauspielern kann. Der Roboter imitiert sogar Gefühle. Sicher hat er auch bei der Hochzeit die eine oder andere digitale Träne vorgetäuscht.

Die britische Firma Engineered Arts hat den lebensgrossen Roboter so entwickelt, dass seine Bewegungen sehr

menschenähnlich sind. Diese werden durch eine intelligente Kombination aus druckluftbetriebenen «Muskeln» und maxon Motoren ermöglicht. In Händen, Armen und Torso des Roboters kommt eine Mischung aus A-max-Hochleistungsmotoren und RE-max-Motoren mit Neodym-Magneten und Planetengetrieben von maxon zum Einsatz. Laut Engineered-Arts-Geschäftsführer Will Jackson müssen die Bewegungen von RoboThespian möglichst leise und präzise sein, wenn er in Ausstellungen den Besuchern etwas zeigt oder erklärt. Gleichzeitig muss er mit langen Arbeitszeiten klarkommen. «maxon DC-Motoren sind ideal für diese schwierige Kombination von Anforderungen. Sie liefern absolute Präzision und sind extrem zuverlässig.»

Sehen Sie die Trauung auf: [youtube.com > RoboThespian wedding](https://www.youtube.com/watch?v=RoboThespian_wedding)



# 46 km/h

**Geschwindigkeitsrekord.** Der Laufroboter Raptor, entwickelt von Forschern des Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), läuft bis zu 46 km/h. Er ist damit der schnellste zweibeinige Laufroboter der Welt. Der Roboter wurde nach dem Vorbild eines Velociraptor-Dinosauriers konstruiert. Raptor ist knapp einen halben Meter gross und wiegt nur 3 Kilogramm. Er kann sich selbst ausbalancieren und Hindernisse bis zu 10 Zentimetern mit Leichtigkeit überspringen. Jedes Bein des Roboters wird von einem bürstenlosen maxon Motor angetrieben. Die Antriebssysteme bestehen aus einem leistungsstarken EC-4pole 30, in Kombination mit einem Planetengetriebe GP 32 HP und einem MR-Encoder. Die Ansteuerung erfolgt über ein maxon ESCON Module 50/5. Entwickelt wurde der Roboter von Prof. SooHyun Kim, Prof. KyungSoo Kim, Prof. Daigil Lee, Dr. JongWon Park, Jinyi Lee und Jinwoo Lee.

Fotos: Engineered Arts, KAIST, maxon motor ag

## NEUE PRODUKTE



EPOS4  
Module 50/15  
und 50/8

EPOS4 Module 50/15 und 50/8

## Geballte Motion-Control-Power

maxon motor lanciert mit EPOS4 die nächste Generation der erfolgreichen EPOS-Produktreihe. Das bewährte Konzept der CANopen-Positioniersteuerungen wird mit neuer Funktionalität und mehr Regelperformanz ergänzt. Ein modulares Erweiterungskonzept ermöglicht zudem den Anschluss an verschiedene Feldbus-Schnittstellen und Feedbackgeber.

Als erstes Produkt der Reihe kommen die leistungsstarken EPOS4 Module mit steckbaren Stiftleisten in zwei Leistungsvarianten daher. Die beiden Module bestehen vor allem durch ihre Leistungsdichte: bis zu 1500 Watt Spitzenleistung bei Abmessungen von lediglich 57x62 Millimetern. Sie eignen sich sowohl für die Ansteuerung von bürstenbehafteten als auch bürstenlosen Gleichstrommotoren.

Industrie 4.0 bei maxon

## Online-Konfigurator neu mit bürstenlosen DC-Motoren

Online konfigurieren, bestellen, fertig. Mit dem Konfigurator von maxon ist es ganz einfach, einen massgeschneiderten DC-Motor zusammenzustellen. Neu funktioniert das auch mit drei bürstenlosen Modellen. Und diese Motoren mögen Speed.

Die totale Vernetzung findet nicht nur im Privatbereich statt. Sie hat auch die Industrie ergriffen. Hier wird die Vernetzung von Entwicklung, Lager-systemen, Maschinen und Betriebsmitteln als Industrie 4.0 bezeichnet. Die Fertigungsprozesse werden flexibler. Der Kunde profitiert von massgeschneiderten Produkten, die er selber konfigurieren kann – und von einer kurzen Lieferzeit.

maxon bietet ein solches System bereits seit drei Jahren an. Mithilfe des Online-Konfigurators können die Kunden ihre DC-Motoren nach Wunsch zusammenstellen. Sie wählen die passende Wicklung, Flansch, Welle und vieles mehr. Das Resultat wird an maxon übermittelt und in der halbautomatischen Produktion in der Schweiz zusammengebaut. Nach spätestens 11 Arbeitstagen verlassen die fertigen Antriebe das Haus.

maxon hat das Sortiment von Motoren, Getrieben und Encodern im Konfigurator stetig erweitert, sodass heute Antriebe mit einem Durchmesser von 10 bis 35 Millimetern zur Verfügung stehen. Jetzt kommen endlich auch bürstenlose DC-Motoren hinzu: Die Modelle ECX 8, ECX 16 und der ECX 19 erweitern die Linie ab sofort.

Diese Antriebe sind sterilisierbar und erreichen sehr hohe Drehzahlen von bis zu 120000 Umdrehungen pro Minute. Sie produzieren kaum Geräusche und wenig Wärme. Somit sind sie unter anderem ideale Antriebe für Anwendungen im Medizinbereich.

Online-Konfigurator:  
[ecx.maxonmotor.ch](https://www.ecx.maxonmotor.ch)



maxon ECX Speed 16  
Ø 16 mm, bürstenlos



maxon ECX Speed 19  
Ø 19 mm, bürstenlos

# Freund. Maschine. Retter.

In den Fabrikhallen und in unseren Haushalten werden stetig mehr Roboter eingesetzt. Und sie lösen immer komplexere Aufgaben. Trotzdem bleibt eine Maschine wie der Terminator ein Phantasieprodukt. Klar ist: Roboter und Menschen werden sich in den nächsten Jahren viel näher kommen.

**S**ie sind überall. Mähen den Rasen, melken die Kühe, montieren Autos. Sie unterrichten Kinder und animieren Bewohner von Pflegeheimen zu Fitnessübungen. Roboter sind auf dem Vormarsch. Und es werden immer mehr.

Industriebetriebe weltweit haben im letzten Jahr mehr als 200000 Roboter gekauft – so viele wie noch nie zuvor. In zwei Jahren werden es doppelt so viele sein, hauptsächlich wegen der hohen Nachfrage aus China. Hinzu kommen Serviceroboter, die ebenfalls immer gefragter werden. Ihr Marktpotenzial liegt laut Schätzungen bis 2020 bei 20 Milliarden US-Dollar. Zwar gibt es bereits seit Jahrzehnten Roboter, aber erst jetzt scheint die Technologie reif für den ganz grossen Durchbruch. Und vielleicht stellen diese Maschinen tatsächlich die vierte industrielle Revolution dar – nach dem Auto, dem Computer und dem Smartphone.

Foto: maxon motor ag / Daniel Gillet

## Das Familienmitglied

**Roboter lernen, menschliche Emotionen zu erkennen und darauf zu reagieren.**

Magali Cubier jedenfalls ist von dieser Revolution überzeugt. Sie ist globale Marketingchefin beim französischen Roboterhersteller Aldebaran und derzeit eine vielbeschäftigte Frau. Denn die ganze Welt spricht über Pepper, Aldebarans Vorzeigeroboter. 120 Zentimeter gross, schlanke Statur, auf drei Rollen

unterwegs und mit menschlichen Merkmalen wie Kopf, Torso und Armen ausgestattet. Pepper ist niedlich, hat grosse Kulleraugen und soll Freund und Unterhalter sein. Wie das geht? Er kann Emotionen lesen und reagiert auf diese. Lässt sein Gegenüber die Schultern und den Kopf hängen, versucht Pepper, ihn aufzumuntern: erzählt einen Witz, tanzt oder spielt ein Lied. Cubier sagt: «Unsere Roboter sollen Leuten helfen und ihnen im täglichen Leben zur Seite stehen.»

Pepper ist mit mehreren Sensoren und Kameras ausgestattet und einer ausgeklügelten Software, die ihn lernfähig macht. Mit der Zeit lernt er, Stimmen und Gesichter verschiedenen Personen zuzuordnen, weiss über die Vorlieben seiner Nutzer Bescheid. Fragt man ihn nach dem Wetter, antwortet er mit den aktuellen Prognosen. Über das Internet hat er Zugriff auf Upgrades. Pepper, so das Ziel, soll dadurch immer mehr Fähigkeiten erhalten. Dies scheint gut anzukommen. Im Juni 2015 verkaufte SoftBank, Aldebarans Mutterkonzern, die ersten 1000 Pepper-Robos innerhalb einer Minute. Bald sollen deutlich grössere Stückzahlen erhältlich sein. Die Einsatzmöglichkeiten sind gross: Familien kaufen ihn zur Unterhaltung. Demenzkranke Leute erhalten mit ihm einen Butler, der sie weckt, sie an die Medikamenteneinnahme erinnert oder mit ihnen Gedächtnisspiele macht. Bereits heute empfängt Pepper Kunden in japanischen Telecom-Geschäften. Dort, wie in ganz Asien, herrscht eine regelrechte Roboteromanie. Ob sich Pepper auch im eher roboterkritischen Europa durchsetzt, muss sich zeigen. Magali Cubier sagt dazu: «Einige Leute reagieren

zurückhaltend, wenn sie auf unsere Roboter treffen. Deshalb haben wir Pepper so programmiert, dass er auf Personen zugeht und sie anspricht. Wenn sie dann merken, wie einfach der Umgang mit dem Roboter ist, werden sie lockerer und haben Spass.»

### Romeo wählt den Notruf selbstständig

Pepper wird allerdings immer bloss ein Kommunikationskumpel bleiben. Anders als sein grösserer Bruder Romeo. Der läuft auf zwei Beinen, ist mit 140 Zentimetern grösser als Pepper und mit kräftigen Armen ausgestattet. Er soll zwei volle Wasserflaschen können, Treppen steigen und Türen öffnen. Auch er wird einst mit seinen Nutzern rege kommunizieren und ihre Gesten und Emotionen lesen können. Ein perfekter Helfer für ältere Menschen, der sofort registriert, wenn etwas nicht stimmt, und dann automatisch den Notruf wählt.

Doch Romeo wird nie in die Massenproduktion gehen. Er ist ein Forschungsprojekt von Aldebaran und nur in wenigen europäischen Labors zu finden. Diese arbeiten daran, seine Lauffähigkeit, Navigationsfertigkeit und Mensch-Roboter-Interaktion zu verbessern. «Wir wollen von diesen Arbeiten profitieren und unsere künftigen Produkte basierend auf den gemachten Entwicklungen bauen», sagt Aldebaran-Entwicklungschef Rodolphe Gelin. Romeo ist somit der Prototyp des künftigen Pflegeroboters. Und das Bedürfnis nach solchen Robotern wird in Zukunft gross sein, da die Weltbevölkerung unaufhaltsam altert und Pflegepersonal knapp wird.



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 2//2015 herunter und sehen Sie, wie Pepper im Video tanzt. [magazin.maxonmotor.ch](http://magazin.maxonmotor.ch)

### Pepper – Aldebaran

Grösse: 120 cm  
Gewicht: 28 kg  
Motoren: 6 maxon Motoren

Pepper ist das Aushängeschild des französischen Roboterspezialisten Aldebaran. Er kann Gesichter, Gesten und Emotionen lesen, einordnen und entsprechend reagieren. Der Roboter bewegt sich auf drei Rollen, die in seinem Sockel verbaut sind. Angetrieben werden die Räder durch jeweils zwei bürstenlose Flachmotoren von maxon, die 70 Watt starken EC 45-Motoren. Diese liefern hohe Drehmomente und sind für ihre Langlebigkeit bekannt.

Pepper ist vorerst nur in Japan erhältlich. Dort kostet er rund 2000 Dollar. Zudem müssen Käufer ein Abo abschliessen. Wann genau der niedliche Roboter in Europa oder Amerika zu haben ist, steht noch nicht fest.



maxon EC 45 flat  
Ø 45 mm, bürstenlos,  
70 W



maxon RE 40  
Ø 40 mm, Graphitbürsten,  
150 W

### Romeo – Aldebaran

Grösse: 146 cm  
Gewicht: 37 kg  
Motoren: 37 maxon Motoren

Romeo, der Assistenzroboter von Aldebaran, ist mit 37 DC-Motoren von maxon ausgestattet. Die Gleichstrommotoren sind bürstenbehaftet und besitzen die eisenlose maxon Wicklung. Dies sorgt für ein sehr gutes Regelverhalten. Zudem verhält sich die Stromstärke proportional zum Drehmoment. Das bedeutet: Über den Strom erhält die Steuerung Informationen, falls Romeo irgendwo anstösst oder mit etwas kollidiert. «Er wird durch diese Kraft-Rückmeldung sicherer», sagt Rodolphe Gelin, Direktor des Labors für künstliche Intelligenz bei Aldebaran. Er und sein Team verlassen sich seit Jahren auf maxon Motoren. Diese finden sich in allen drei Aldebaran-Robotern: Romeo, Pepper und dem kleinsten Mitglied Nao.



Romeo ist der Prototyp des künftigen Pflegeroboters.

## Der Helfer

Mensch und Maschine kommen sich auch in der Industrie immer näher. Dort lautet der aktuelle Leitsatz: Raus aus dem Käfig! Viele Hersteller präsentieren leichtgewichtige Modelle, die Hand in Hand mit Personen in Fabrikhallen zusammenarbeiten. Diese neue Generation von kollaborativen Robotern ist kleiner als die bisherigen Maschinen, die unter anderem in der Automontage eingesetzt werden und hinter grossen Schutzgittern arbeiten. Weil die neuen Geräte nahe beim Menschen positioniert sind, dürfen sie nicht zu schnell und zu stark sein. Sicherheit geht vor.

Diese Roboter müssen zwar keine Emotionen lesen, aber doch erkennen können, was um sie herum passiert. Sensoren und Kameras helfen ihnen dabei. Kommt ein Mensch zu nahe, stoppt der Roboter sofort seine Bewegung. Viele Hersteller setzen zudem weiche Materialien ein. Das Schweizer Start-up-Unternehmen F&P Robotics etwa kleidet seine Roboterarme in zweifarbige Kunstlederhüllen. Im Innern befinden sich bürstenlose DC-Motoren von maxon, ein Antrieb pro Gelenk. Wie bei allen modernen Robotern gilt auch hier: möglichst viel Leistung auf kleinstem Raum. Denn Motoren mit grossen Drehmomenten benötigen keine oder nur sehr kleine Getriebe. Das spart Platz und Geld.

### Lernen durch Interaktion

Kosten sind sowieso ein wichtiger Punkt. Mit den günstigeren kollaborativen Robotern haben die Hersteller kleine und mittelgrosse Unternehmen im Blick. Auch diese müssen ihre Abläufe zunehmend automatisieren, wenn sie auf dem Markt bestehen wollen. Solche Firmen benötigen Maschinen, die sehr einfach zu bedienen und zu programmieren sind. Praktisch alle Anbieter, von ABB über Fanuc bis Kuka, haben deshalb das «Teaching» eingeführt. Das bedeutet: Nutzer packen den Roboterarm und führen ihn an die gewünschte Stelle. Der Roboter merkt sich den Ort und führt die Bewegung danach selbstständig aus.

Noch stehen wir am Anfang. Und dennoch: Kollaborative Roboter verändern die Fertigung der Kleinteilemontage nachhaltig – ob für Montagearbeiten in der Elektronikindustrie oder in der Laborautomatisierung. Davon ist auch Hansruedi Früh, CEO von F&P Robotics, überzeugt: «Unser Roboterarm P-Rob kann Behälter sowie Werkzeuge handhaben oder in der Qualitätskontrolle arbeiten.» Im Zusammenspiel mit einer modernen Software kann er Objekte erkennen, greifen und manipulieren – immer im Zusammenspiel mit dem menschlichen Mitarbeiter. Diese Maschinen werden bald so intelligent sein, dass sie Fehler in der Produktionslinie selbstständig analysieren und beheben. Das führt natürlich zwangsläufig zu einem Abbau von Arbeitsplätzen. Zumindest in gewissen Montagebereichen. Roboterfirmen dagegen werden wachsen – wenn sie ihre Sache gut machen.

**Industrieroboter stoppen ihre Bewegungen, sobald Menschen ihnen zu nahe kommen.**

Roboter entwickeln sich durch die Zusammenarbeit mit dem Menschen weiter und können bald Fehler in der Produktionslinie selbstständig analysieren und beheben.



Fotos: F&P Robotics, maxon motor ag



### P-Rob – F&P Robotics

Grösse: 100 cm  
Gewicht: 16 kg  
Motoren: 8 maxon Motoren

Dieser Roboterarm besitzt ein Skelett aus Aluminium und eine Aussenhülle aus Kunstleder. Er ist mit sechs Freiheitsgraden ausgestattet. Und in jedem Gelenk steckt ein bürstenloser DC-Motor von maxon. Es handelt sich dabei um Flachmotoren mit Durchmessern von 45 und 90 Millimetern und einer Leistung von 70 respektive 90 Watt. «Vor allem die flache Bauweise der Motoren betrachten wir als grossen Vorteil», sagt Hansruedi Früh, CEO von F&P Robotics. Er und sein Team lancieren im Herbst 2015 bereits den Nachfolger des Roboterarms: den P-Rob2, welcher noch schlanker in der Bauweise sein wird.



maxon EC 45 flat  
Ø 45 mm, bürstenlos, 70 W

maxon EC 90 flat  
Ø 90 mm, bürstenlos, 90 W

## Der Lebensretter

Es gibt jedoch Fälle, in denen wäre es ganz gut, wenn uns Roboter ersetzen könnten. Beispiel Fukushima: Die Reaktorkatastrophe in Japan wäre weniger schlimm ausgefallen, wenn jemand gleich nach dem Unglück im Inneren der Anlage gewisse Ventile hätte öffnen können. Doch für Menschen war die radioaktive Strahlung tödlich. Und Roboter waren damals noch nicht weit genug entwickelt, um eine solche Aufgabe zu übernehmen. Das ändert sich nun bald.

Diesen Sommer beteiligten sich 23 Teams aus fünf Ländern an der Darpa Robotics Challenge (DRC) in den USA. Die Ingenieure lösten mit ihren Robotern verschiedene Aufgaben – alles realistische Szenarien nach einer Katastrophe. Die Maschinen mussten Auto fahren, Löcher in Wände fräsen, Türen öffnen, Ventile betätigen und schwieriges Terrain überwinden. Dabei zeigte sich: Eine

**Auf einen Katastrophenroboter muss man sich im Ernstfall verlassen können.**

Terminator-Maschine wie im Film wird es noch lange nicht geben. Besonders der menschliche Gang auf zwei Beinen ist nach wie vor eine grosse Herausforderung. Die Roboter kippten reihenweise um und erinnerten dabei an betrunkene Menschen. Die Sieger aus Südkorea machten es besser. Ihr Roboter DRC-Hubo ist mit zwei Beinen ausgerüstet, kann aber gleichzeitig auf Rollen fahren, die an den Knien angebracht sind. Diese Hybridlösung entpuppte sich als äusserst effizient. DRC-Hubo hatte die nötige Stabilität und löste alle Aufgaben in kürzester Zeit. Das Team rund um das Institut KAIST gewann das Preisgeld von 2 Millionen US-Dollar.

### Hohe Ansprüche

Die koreanischen Ingenieure verwendeten für die wichtigsten Gelenke ihres Roboters 33 maxon DC-Motoren, die meisten davon bürstenlose EC-4pole-Antriebe. Diese besitzen eine sehr hohe Leistungsdichte und

können im Betrieb überlastet werden. Das Team KAIST reizte diese Möglichkeit aus und verwendete Luftkühler für noch mehr Power. «Wir haben eine lange Beziehung zu maxon und grosse Erfahrung mit ihren Motoren. Deshalb vertrauen wir völlig auf deren hohe Qualität und Performance», sagt der Kopf des Teams, Professor JunHo Oh. Er erklärte am Wettkampf selber, dass Hubo nichts Besonderes sei, «einfach ein humanoider Roboter». Das hört sich sehr untertrieben an, wenn man sieht, was Hubo erreicht hat. Fünf Hubos haben die Koreaner gebaut, jeder mit einem geschätzten Wert von 0,5 bis 1 Million Dollar.

Die Ingenieure hinter DRC-Hubo sagen, ihr Roboter könne heute bereits einfache Missionen und Aufklärungen durchführen. In zehn Jahren sollen Roboter dann so weit sein, auch komplizierte Aufgaben in gefährlichen Umgebungen zu übernehmen. Was es dafür noch braucht? Roboter, die selbstständig unvorhergesehene Herausforderungen meistern. Und dann ist da noch die Sache mit dem menschlichen Gang. An dieser Herausforderung arbeiten auch die Entwickler von Hubo fleissig. Ihr Roboter soll schon bald sicher und stabil über unebenes Gelände gehen können – so wie ein Mensch. Oder jedenfalls fast. ■■■■



Bei der Darpa Robotics Challenge müssen sich Katastrophenroboter in vielen Disziplinen beweisen, indem sie u.a. Auto fahren, Ventile betätigen und schwieriges Terrain überwinden.

Fotos: KAIST, Darpa

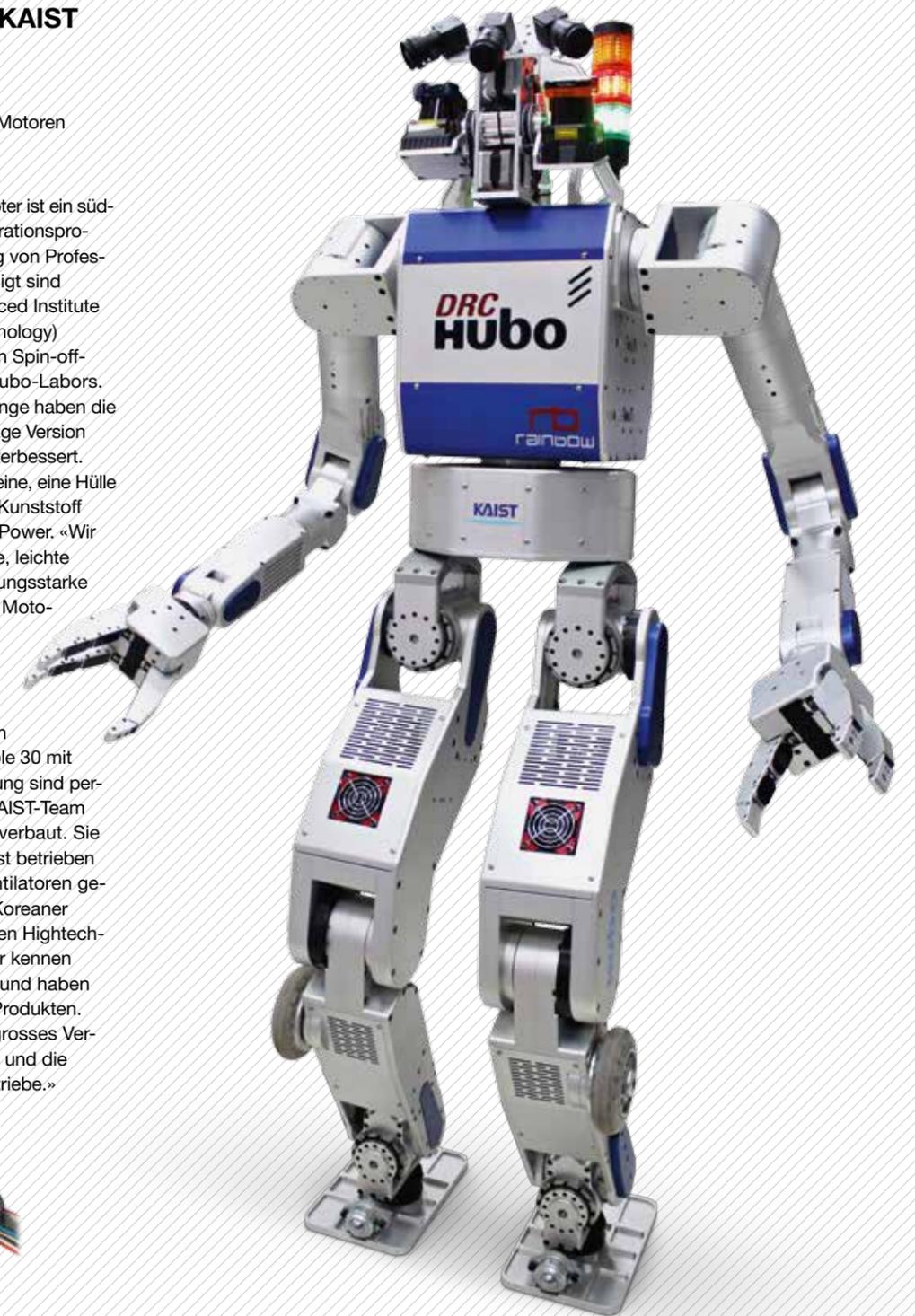
## DRC-Hubo – KAIST

Grösse: 180 cm  
Gewicht: 80 kg  
Motoren: 33 maxon Motoren

Der DRC-Hubo-Roboter ist ein südkoreanisches Kooperationsprojekt unter der Leitung von Professor JunHo Oh. Beteiligt sind KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology) und Rainbow Co., ein Spin-off-Unternehmen des Hubo-Labors. Für die Darpa Challenge haben die Ingenieure die bisherige Version des Roboters stark verbessert. Längere Arme und Beine, eine Hülle aus Aluminium statt Kunststoff und vor allem: mehr Power. «Wir benötigten kompakte, leichte und gleichzeitig leistungsstarke Antriebe. Die maxon Motoren erfüllen all diese Voraussetzungen», sagt Professor Oh. Vor allem die mehrpoligen, bürstenlosen DC-Motoren EC-4pole 30 mit ihren 200 Watt Leistung sind perfekt geeignet. Das KAIST-Team hat 25 Stück davon verbaut. Sie werden oft in Überlast betrieben und deshalb mit Ventilatoren gekühlt. So holen die Koreaner das Maximum aus den Hightech-Motoren heraus. «Wir kennen maxon schon lange und haben Erfahrung mit ihren Produkten. Deshalb haben wir grosses Vertrauen in die Qualität und die Performance der Antriebe.»



maxon EC-4pole 30  
Ø 30 mm, bürstenlos, 200 W





## Sein Name ist **Yochai**

Kate Darling – Amerikanerin, aufgewachsen in Basel, Juristin und Roboter-Ethikerin an der amerikanischen Technikschieme MIT. Sie erforscht am Media Lab des Instituts, warum Menschen emotionale Bindungen zu Robotern aufbauen und wie wir mit unseren neuen Freunden in Zukunft umgehen.

Fotos: Flavia Schaub

**Kate, wie kommt es, dass du im Forschungsgebiet der Robotik gelandet bist? Hat dich das Thema schon immer interessiert?**

Roboter fand ich schon als Kind extrem spannend. Ich habe in der Schweiz Jura studiert und während meines Doktorates 2011 eine zunächst juristische Stelle am MIT angenommen. In den letzten vier Jahren habe ich dann sozusagen meinen Disziplinhorizont erweitert und forsche nun vermehrt in Robotik, Psychologie und Ethik.

**Du forschst seit wenigen Jahren auf dem Gebiet der Roboter-Ethik – wie sieht dein Arbeitstag am MIT Media Lab aus?**

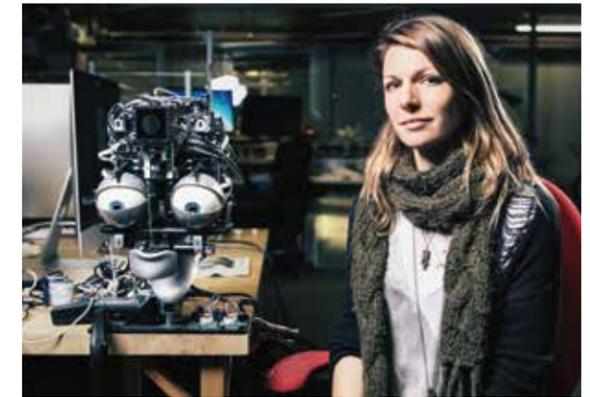
Ich habe keinen wirklichen Arbeitsalltag, und jeder Tag ist anders! Momentan arbeite ich an mehreren Projekten. Das kann heissen: Sitzungen mit Kollegen, früh aufstehen, um Experimente durchzuführen, die ganze Nacht an der Datenanalyse oder einem Paper arbeiten oder zu einer Konferenz reisen. Womit ich leider die meiste Zeit verbringe, ist wahrscheinlich mailen.

**Pepper ist ein Roboter, der Emotionen lesen und darauf reagieren kann. Lässt man vor Pepper den Kopf hängen, dann erzählt der Roboter einen Witz, tanzt oder spielt ein Lied. Da muss man ja fast eine emotionale Bindung aufbauen. Warum vermenschlichen wir Roboter so sehr?**

Wir haben generell eine Tendenz, Tiere und sogar nichtlebende Gegenstände zu vermenschlichen. Soziale Roboter spielen mit dieser Tendenz und zielen durch Bewegung, Design und Programmierung darauf ab, diese manchmal unterbewusste Projektion zu verstärken.

**Wie entsteht so eine emotionale Bindung zu einem Roboter – einer Maschine, die aus nichts anderem besteht als Metallen, Plastik und Elektronik und gefüttert ist mit schlaun Algorithmen?**

Menschen sind ja bereits fähig, emotionale Beziehungen zu Gegenständen aufzubauen, wie zum Beispiel zu Autos oder Stofftieren. Roboter fallen einfach in eine weitere, intensivere Kategorie dieser Gegenstände. Wir reagieren stark auf die physische Bewegung der Roboter. Wenn sie mit für Lebewesen typischen Eigenschaften oder Körperteilen ausgestattet sind,



Die Roboter-Ethikerin Kate Darling glaubt, dass wir zukünftig Roboter wie Haustiere wahrnehmen und behandeln werden.

wie beispielsweise Augen, sind einige Menschen schnell bereit, die Roboter in gewissen Situationen ähnlich wie Tiere zu behandeln.

**Kommt es nicht auch stark auf das Aussehen eines Roboters an, ob man Gefühle entwickelt?**

Ja, das Aussehen spielt eine grosse Rolle. Wir behandeln auch verschiedene Tiere anders, je nach ihrer äusseren Erscheinung. Und Menschen!

**Was ist mit bewaffneten Militärrobotern? Eine Gefahr für die Menschheit?**

Wie jede andere Technologie kommt es auf die Anwendung an. Wir sollten uns auf jeden Fall Gedanken um autonome Waffensysteme machen. Dabei macht mir die Distanz zwischen Entscheidungsträgern und den Folgen ihrer Handlungen am meisten Sorgen.

**Was für Mensch-Roboter-Beziehungen könnte es in naher Zukunft geben?**

Ich glaube nicht, dass die Roboter in naher Zukunft zwischenmenschliche Beziehungen ersetzen werden. Ich kann mir aber gut vorstellen, dass wir mit der Zeit gewisse Roboter ähnlich wie Haustiere wahrnehmen und sie entsprechend behandeln werden.

**Zum Schluss noch: Hast du selbst Roboter bei dir zu Hause?**

Ja, einige! Meine Lieblingsroboter sind meine zwei Pleo-Dinosaurier, der eine heisst Yochai und der andere Peter. Dann gibt es noch einen selbstgebaute Solar-Roboter, der in einem Aquarium herumläuft. Sein Name ist Herbert. ■■■

**Kate Darling** (33) wurde in Amerika geboren und zog als 9-Jährige in die Schweiz. Sie ist in Basel aufgewachsen. In der gleichen Stadt absolvierte sie auch ihr Jura-studium. Ihren Dokortitel machte Kate Darling an der ETH Zürich. Seit 2011 arbeitet und forscht sie am Massachusetts Institute of Technology (MIT) im Media Lab. Die Roboter-Ethik ist ihr Forschungsgebiet – dabei interessiert sie sich besonders für die Entwicklung von emotionalen Bindungen des Menschen zu Robotern. Und wie diese «sozialen Gefühle» zu Maschinen die Menschheit in Zukunft beeinflussen werden. Wenn sie für wissenschaftliche Kongresse nicht gerade um die ganze Welt reist, lehrt sie an den Elite-Universitäten Yale, Harvard und Cambridge über Roboterrechte und Geistiges Eigentum im Internet.

# Spiel mit dem Wasser

maxon motor ist für seine präzisen und hochwertigen Antriebskomponenten bekannt. Doch oft verlangen Kunden mehr. Ein Blick nach Deutschland, wo maxon Ingenieure an komplexen Gesamtlösungen für gigantische Wasserspiele arbeiten.

**40** Meter hoch schiessen die Wasserfontänen in den Himmel, zeichnen wunderschöne Bilder, kreuzen sich oder schwenken harmonisch parallel von Seite zu Seite. Solche Wasserspiele mit dutzenden von Fontänen sind auf der ganzen Welt zu sehen: in den USA, in Abu Dhabi, in China. Stationär oder transportabel. Alle verbindet sie eine hohe Präzision und die Liebe zum Detail.

Auch maxon ist kurz davor, in diese Wasserwelt einzutauchen. Am Produktionsstandort Sexau in Deutschland entwickeln die Ingenieure eine elektrisch angesteuerte Düse – leichter und präziser als bisherige Modelle. Für maxon ist dieser Auftrag ungewöhnlich. Schliesslich ist der Antriebsspezialist weltweit für präzise Motoren, Getriebe, Encoder und Steuerungen bekannt. In diesem Fall aber liefert maxon ganze Montageeinheiten dieser

Waterjets an den deutschen Kunden LKE Lasershowtechnik GmbH. In Sexau kommt alles zusammen: Konstruktion, Bearbeitung und Montage. «Wir haben die nötigen Kompetenzen im Haus, um eine solche Gesamtlösung anzubieten», sagt der zuständige Konstrukteur Matthias Mamier. Davon profitiert der Kunde. Schliesslich gibt es für ihn nur einen einzigen Ansprechpartner, der seine Wünsche und Vorschläge schnell umsetzt.

**Motoren sind komplett in Öl gelagert**  
Die kurzen Kommunikationswege sind von Vorteil, wenn es um eine Anwendung mit hohen Anforderungen geht. Das gilt auch für den Waterjet. Ein Beispiel: Alle Teile müssen aus Edelstahl sein, damit sie unter Wasser nicht rosten. Auch salziges Meerwasser darf der Einheit nichts anhaben.



Fotos: iStock/olio



Im maxon Werk in Sexau werden ganze Montageeinheiten für Wasserjets gefertigt.

### 1,7 Millionen Getriebe jährlich

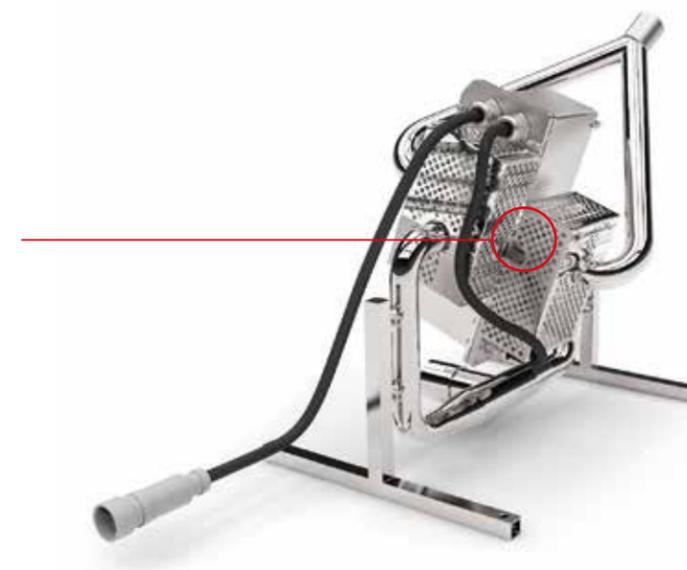
In Sexau (Deutschland) gibt es seit 1989 eine maxon Produktion. Ein grosser Teil des Werks ist 2014 komplett neu gebaut worden. Rund 400 Mitarbeiter sind in Sexau beschäftigt – hauptsächlich mit der Konstruktion und Produktion von Getrieben und Antriebs-Sonderlösungen. Zudem befindet sich dort das Keramikzentrum, wo verschiedenste Bauteile wie Zahnräder, Spindeln oder Kopfhörergehäuse hergestellt werden.

In Sexau produziert maxon jährlich 1,7 Millionen Präzisionsgetriebe mit Durchmessern von 4 bis 52 Millimetern. Neben dem Hauptsitz in Sachseln (Schweiz) gibt es zwei weitere Produktionsstandorte in Ungarn und Südkorea.

Fotos: maxon motor ag



**DC-Motoren EC 45 flat**  
Bei den Motoren im Waterjet handelt es sich um bürstenlose DC-Motoren EC 45 flat, die 70 Watt Leistung liefern. Sie sind energieeffizient und besitzen ein hohes Drehmoment. Der Flachmotor wird jeweils mit einem Planetengetriebe GP 42 kombiniert. Dieses ist dreistufig und wurde leicht modifiziert.



Der Einsatz für Wasserjets stellt hohe Anforderungen an das Material, dessen Verarbeitung sowie die Lagerung und Kühlung der Motoren-Getriebe-Einheit.

Die maxon Mechaniker bearbeiten das hochwertige Metall im Erdgeschoss auf CNC-Fräsmaschinen, mikromillimetergenau. Daraus entsteht am Ende der Kreuzverteilerblock, sozusagen das Herzstück der Wasserdüse. Diese Arbeit ist kein Kinderspiel, wie Mitarbeiter Lothar Scheerer sagt. «Der hohe Chromanteil im Metall erfordert eine gewisse Erfahrung in der Bearbeitung.»

Auch der ganze Bewegungsapparat des Waterjets hat es in sich. Dieser besteht aus zwei Achsen, die jeweils von einer Motoren-Getriebe-Einheit bewegt werden – komplett in Öl gelagert. So ist es möglich, die Antriebe zu überlasten, da die Flüssigkeit kühlend wirkt. Das Öl darf aber nicht auslaufen. Es ist zwar biologisch abbaubar, würde das Wasser aber verfärben.

Der Antrieb selber besteht aus einem bürstenlosen DC-Motor und einem dreistufigen Planetengetriebe GP 42. Das Getriebe hat nur einen kurzen Weg hinter sich. Schliesslich baut maxon in Sexau Getriebe aller Art, von Standard- bis Spezialanfertigungen (siehe Box).

### Elektrische Ansteuerung bietet viele Vorteile

maxon Sexau arbeitet inzwischen seit zwei Jahren an der Entwicklung des Waterjets, der bald auf den Markt kommen soll. Mit der dritten Generation des Produkts haben die Ingenieure die letzten Kinderkrankheiten ausgemerzt: Eine neue Steuerung ist in der Lage, Unebenheiten auszugleichen. Etwa für den

Fall, wenn die Düsen auf dem Boden eines Sees stehen. Die Abdichtung der ölgelagerten Antriebe wurde zudem verbessert. Und die ganze Einheit ist montagefreundlicher. Gerade der letzte Punkt freut Markus Diring, der alle bisherigen Prototypen zusammengebaut hat. «Die Waterjets wiegen 19 Kilogramm, da ist jede Erleichterung bei der Montage willkommen», sagt er und lacht.

Dabei ist gerade das geringe Gewicht einer der grossen Vorteile der elektrisch angesteuerten Wasserdüsen. Schliesslich wiegen hydraulische Typen rund 80 bis 90 Kilogramm pro Stück. Sie benötigen zudem grosse und lärmige Ölaggregate. Elektro-Wasserdüsen machen solche Aggregate überflüssig. Und sie sind viel agiler.

LKE will mit diesen Vorteilen auf dem Markt der Wasserspiele punkten – und hat mit maxon genau den richtigen Partner gefunden. Ein Partner, der eben mehr ist als bloss Antriebsspezialist. ■



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 2//2015 herunter und sehen Sie, wie die Wasserjets vor der Sheikh-Zayed-Moschee zum Einsatz kommen sollen. [magazin.maxonmotor.ch](http://magazin.maxonmotor.ch)



# Von 0 auf 30 km/h in 3 Sekunden

Zügig fährt der Mountainbiker den steilen Trail in den Schweizer Alpen hinauf. Höher und höher. Ganz relaxed. Denn im Hinterrad steckt ein leistungsstarker Elektroantrieb von maxon, der den Biker kräftig unterstützt.

der ehemalige Schweizer Downhill-Weltmeister Albert Iten. Er hat mit seinem Wissen die maxon Ingenieure bei der Entwicklung des Bikedrives unterstützt.

**O**b für extreme Trails, eine Biketour mit Anhänger und Nachwuchs um den See oder nur schnell um die Ecke. E-Bikes sind aus Alltag und Freizeit nicht mehr wegzudenken. Die Nachfrage boomt. Das Angebot an Elektrovelos ist riesig. Doch ein wirklich kompakter und gleichzeitig kräftiger E-Bike-Motor fehlt. Bis jetzt.

## «Jetzt macht das Hochfahren Spass»

Im Mai 2015 hat maxon motor den neuen Elektroantrieb für Bikes offiziell vorgestellt. Der maxon Bikedrive ist ein Nabenmotor, der in der Hinterradnabe eines Fahrrads eingebaut wird. Er kann zusammen mit Akku und Powergrip (Gasgriff) ein normales Fahrrad zum rasanten E-Bike machen. Weisse LEDs zeigen den Batteriestand, eine schlichte Kontrollleuchte die Motortemperatur an. Der Nabenmotor dreht in nur 3 Sekunden von 0 auf 30 km/h hoch. Eine Beschleunigung und Leistungsstärke, die einfach nur begeistert. «Auf den Trails bergab erreiche ich noch immer die Geschwindigkeiten wie zu meinen besten Zeiten als Rennfahrer. Jetzt macht mir auch das Berghochfahren Spass», schwärmt

## Wie alles begann

Die Idee des Elektroantriebs für Velos wurde 2009 geboren, als sich Albert Iten und sein guter Freund Roli Abächerli auf der Suche nach einem kraftvollen Bikemotor an maxon wandten. Der Zufall wollte es, dass ein ehemaliger Rennkollege beim Antriebsspezialisten arbeitete. Und so kamen Radprofis und Ingenieure zusammen. Die Tüftler von maxon fanden schon bald eine Lösung: Ein Windgenerator aus einem anderen Projekt bot vielversprechende technische Eigenschaften, um daraus einen Antrieb für E-Bikes zu bauen. Dank der eisenlosen Wicklung erreicht der Motor einen Wirkungsgrad von fast 90 Prozent. Das ist nicht nur gut für den Batterieverbrauch, sondern auch für die Energierückgewinnung.

Erste Vorentwicklungsarbeiten für den Bikeantrieb starteten 2010. «Die grösste Herausforderung war es, einen sehr leistungsfähigen Motor herzustellen, der gleichzeitig klein und hochintegrierbar ist. Also einen kompakten Motor mit integrierter Elektronik, Sensorik, Getriebe, Verkabelung – Komponenten, die perfekt aufeinander angepasst sein



Der ehemalige Downhill-Weltmeister Albert Iten unterstützte die maxon Ingenieure bei der Entwicklung von Bikedrive.



Sehen Sie die Bildergalerie zum Bikedrive in der Tablet-Ausgabe 2 // 2015. Und informieren Sie sich jederzeit im Bikedrive-Blog: [maxonbikedrive.com](http://maxonbikedrive.com)

mussten», erklärt Benedict Keller, Produktionsleiter Bikedrive.

2012 übernahm maxon CEO Eugen Elmiger die Leitung des Projekts. «Als ich die Kompaktheit und technische Raffinesse des ersten Prototyps sah, wusste ich gleich: Diesen Motor müssen wir auf den Markt bringen», erinnert sich Elmiger. Denn der begeisterte Biker kannte die Mankos bestehender Antriebe nur zu gut. Zu wenig Effizienz, Leistung und Verlässlichkeit. Da konnte man ansetzen.

#### Von der Vorentwicklung zur Nullserie

Ziel war es, ein komplettes System zu verkaufen, also Motor, Akku und nicht zu vergessen den Gasgriff, der quasi die Schaltzentrale des dynamischen Systems bildet. Von den ersten Prototypen wurden insgesamt 15 Stück produziert. In einer zweiten Serie – dieses Mal komplett abgedichtet – 30 Motoren, die auf Herz und Nieren geprüft wurden. Bei den Schweizer Bergen unmittelbar hinter dem Firmengelände kein Problem. Schanzen, Schlamm und Regen waren willkommen, um zu sehen, wo Schwachstellen liegen. Besonders die Wasserdichte aller Komponenten war eine Herausforderung. Rückblickend dauerte es nur zwei Jahre vom ersten Prototyp bis zur Nullserie.

#### Die Zukunft heisst «MARS»

Das Bikedrive-Händlernetz in der Schweiz wird kontinuierlich ausgebaut (siehe [maxonbikedrive.com](http://maxonbikedrive.com)). Die Gründung einer eigenen Geschäftseinheit für mechatronische Antriebssysteme am Hauptsitz in Obwalden ist die logische Konsequenz. «MARS» (Maxon Advanced Robotics & Systems) wird alles rund um mechatronische Antriebssysteme entwickeln und produzieren, erklärt Heinz Schällibaum, Verkaufsleiter MARS. Er und seine Kollegen fokussieren sich neben der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Bikeantriebs auch auf Spezialsysteme in der Robotik.

Kommendes Jahr soll der maxon Bikedrive auch Deutschland und Österreich erobern. Und nach und nach werden weitere Länder folgen. ■■■■

Aktuelle Infos unter:  
[maxonbikedrive.com](http://maxonbikedrive.com)



#### Bikedrive – technische Details

##### Motor

Gewicht: 3,5 Kilogramm (Motor)  
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



Elefanten, Löwen oder ganze Antilopenherden – mit einer speziell für Dokumentationen ausgelegten Digitalkamera lassen sich wilde Tiere schnell einfangen. maxon Motoren sorgen dafür, dass es nicht zu Farbfehlern bei der Aufnahme kommt.

**maxon RE 8-Motor**  
Dieser Antrieb mit einem Durchmesser von nur 8 Millimetern bringt 0,5 Watt Leistung. Er ist mit Edelmetallbürsten und der eisenlosen maxon Wicklung bestückt.



Fotos: ARRI

# Wilden Tieren auf der Spur



Die AMIRA-Sensor-Baugruppe mit ND-Filterschieber. Einer der beiden RE 8-Motoren ist rechts unten zu erkennen.

**35** Grad Celsius im Schatten, die Sonne brennt. Am stahlblauen Himmel findet sich keine einzige Wolke: Das ist die Grassavanne von Kenia mit ihrer faszinierenden Tierwelt und ihren beeindruckenden Landschaften. Dokumentarfilmteams aus der ganzen Welt sind hier wilden Tieren auf der Spur. Ein gefährlicher Job, denn zu nah möchte man Löwen, Elefanten & Co. nicht kommen. Mit dem Jeep geht es durch die Savanne auf der Suche nach den Tieren Ostafrikas. Plötzlich taucht in der Mittagssonne ein Löwe am Horizont auf. Er liegt beinahe unsichtbar im hohen Gras – unbeeindruckt vom herannahenden Jeep. Der Kameramann ist startklar. Die Digitalkamera ARRI AMIRA im Anschlag. Und schon ist der König der Savanne bildlich eingefangen.

Auch die Temperaturen verlangen einiges vom Team und vom Equipment. In die Kamera ist ein spezielles Kühlsystem integriert, das so ausgelegt ist, dass es bis 50 Grad Celsius ohne Probleme funktioniert, erklärt Gunter Föttinger, Technical Lead Embedded Image Processing bei ARRI. Jede Kamera wird zudem einem Kältebad mit bis zu -20 Grad Celsius unterzogen, was die Videokameras problemlos aushalten.

### Perfekt für Dokumentationen

Tierdokumentationen sind aufwändige Produktionen, die mit einem möglichst kleinen Team erfolgen. Die ARRI AMIRA ist speziell für Dokumentationen und den Single-Operator-Einsatz konzipiert. Angefertigt in

München (Deutschland), verfügen die konfigurierbaren Digitalkameras über eine gleich hohe Bildqualität (Bildrate bis zu 200 frames per second) wie die grosse Kameraschwester ARRI ALEXA, mit der schon Hollywood-Filme wie «Iron Man 3» gedreht wurden.

### Filterwechsel mit maxon Motoren

Der in die ARRI AMIRA installierte motorgesteuerte ND-Filter (Neutraler Dichtefilter) wird bei hellen Aussenlichtverhältnissen vor den Sensor gebracht. Er sorgt dafür, das Bild «neutral» von seiner Intensität abzuschwächen. Neutral heisst, dass es dabei zu keinen Farbfehlern kommt, sondern ausschliesslich die Helligkeit herabgesetzt wird. Der Einsatz von ND-Filtern ist vor allem für die künstlerische Gestaltung bei der Bildaufnahme wichtig.

maxon RE 8-Motoren mit MR-Encoder und Planetengetriebe GP 8 A kommen bei dieser Anwendung zum Einsatz. Die büstenbehafteten DC-Motoren treiben Spindeln in der Sensor-Baugruppe an, die die Filter vor dem Bildsensor ein- und ausfahren. ARRI hat sich für maxon Antriebe entschieden, da «es der einzige 8-mm-Motor am Markt ist, der eine vernünftige Lösung für einen Drehimpulsgeber im selben Durchmesser bietet», sagt Michael Haubmann, Hardware Architect ARRI. **Die Digitalkamera bietet eine erstaunlich hohe Bildqualität.**

# Ansteuerung von Achsen in der Robotik

Robotik ist Mechatronik in Reinkultur. Nur wer die richtige Balance zwischen Modularisierung und zentraler Koordination der Achsen findet, hat Erfolg. Hier erfahren Sie, auf welche Punkte Sie dabei achten müssen.



Fotos: Otto Bock, maxon motor ag

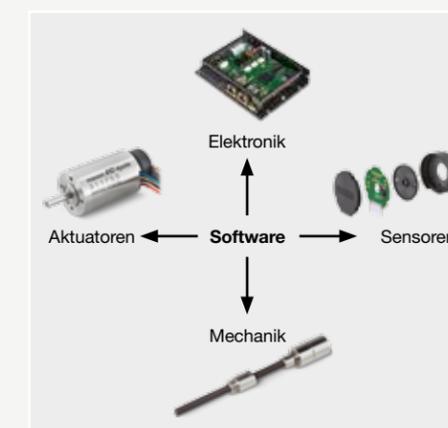


**Urs Kafader** ist seit 19 Jahren für die technische Ausbildung bei maxon motor verantwortlich. Er führt Schulungen zur Technik und zum Einsatz von maxon Produkten durch – für die Mitarbeitenden am maxon Hauptsitz in Sachseln, für das internationale Verkaufsnetz, aber auch für Kunden. Der promovierte Physiker absolvierte zusätzlich ein MBA in Produktionswissenschaften. Seine berufliche Laufbahn begann er am Institut für Festkörperphysik der ETH Zürich.

**W**ie finden wir geeignete Antriebskomponenten für die Robotik? Nun, grundsätzlich folgen wir der gleichen Logik wie bei allen Anwendungen. In der Robotik haben aber mechatronische Aspekte einen speziell hohen Stellenwert: Aktuatoren, Sensorik, Mechanik und Elektronik – alle verbunden mit einer geeigneten Programmierung. Regelungstechnisch gilt es meist, ein Mehrachssystem zu koordinieren. Der Grad an Koordination und Synchronisation ist dabei abhängig von der konkreten Aufgabe und der geforderten Dynamik. Wichtig ist die Balance zwischen Modularisierung und zentraler Koordination der Achsen.

## Motoren und mechanische Aspekte

Arm- oder Beinprothesen sind typische Beispiele für mechatronische Systeme. Die eingesetzten Motoren können ganz unterschiedlichen Zwecken dienen: der Bewegung eines Greifers, eines einzelnen Fingers oder der Bewegung eines ganzen Arms oder Beins. Der Motor am Schultergelenk muss relativ stark und gross sein, während die Motoren in der Hand klein und leicht sein sollten, um Gewicht und Massenträgheit zu sparen. Die Auswahl des Motors richtet sich nach dem benötigten Drehmoment und der Dynamik der Anwendung. Dabei ist die Dynamik weniger eine Frage der Rotationsgeschwindigkeit als des Beschleunigungsvermögens, d.h. des Verhältnisses von Drehmoment zu Massenträgheit.



Mechatronik als programmiertes Zusammenspiel von Mechanik und Elektronik, Aktuatoren und Sensoren.

Regelungstechnisch hat die verwendete Mechanik einen grossen Einfluss. Einerseits tragen mechanische Komponenten zur Massenträgheit bei, können eine Lastträgheit aber auch auf ein «erträgliches» Mass für den Motor verkleinern. So reduziert ein untersetzendes Getriebe die Massenträgheit mit dem Quadrat der Untersetzung. Andererseits weisen mechanische Komponenten Spiel und elastisches Verhalten auf. Das erschwert eine steife und genaue Regelung. Bei hochpräzisen und hochdynamischen Anwendungen versucht man deshalb, Direktantriebe zu verwenden. Das können drehmomentstarke Torque-Motoren sein oder echte Linearmotoren bei translativen Lastbewegungen.

## Modularisierung

Modularisierung für Antriebe heisst: Jeder Motor wird lokal über einen intelligenten Regler angesteuert. Die Bewegungsbefehle verschickt der zentrale Rechner über einen Feldbus. Solche dezentralen Strategien erlauben eine hohe Flexibilität und haben verschiedene Vorteile:

- Das Reglermodul kann präzise auf den jeweiligen Motortyp angepasst werden, was Leistung, Gestaltung der Endstufe und Regelparameter betrifft.
- Die lokale Verkabelung von Motor und Istwertgeber spart die aufwändige Abschirmung. Einzig die Busleitung und die Leistung müssen an das jeweilige Modul geführt werden.
- Modularisierung erlaubt es, kostengünstige Standardkomponenten einzusetzen. Der Entwicklungsaufwand fokussiert sich auf die Integration ins Gesamtsystem.

Im einfachsten Fall müssen mehrere Achsen unabhängig voneinander eingestellt werden. Wie bei einem Greifer, der auf einem x-y-Tisch montiert ist. Der Greifer kann einen Gegenstand packen und loslassen – unabhängig von der aktuellen Position. Die Bewegung in x- und y-Richtung an eine bestimmte Position kann nacheinander oder miteinander erfolgen. Man spricht hier von lose gekoppelten Achsen, die über den Feldbus einzelne Bewegungsbefehle vom zentralen Mastersystem erhalten.

In den Modulen werden die Bewegungen autonom ausgeführt und geregelt.

Im maxon Portfolio entspricht die EPOS-Produktfamilie im Positioniermodus solchen lose gekoppelten dezentralen Modulen. EPOS-Positioniersteuerungen werden über den kostengünstigen und kompakt zu bauenden, aber mit 1 Mbit/s nicht allzu schnellen CANopen-Feldbus angesprochen.

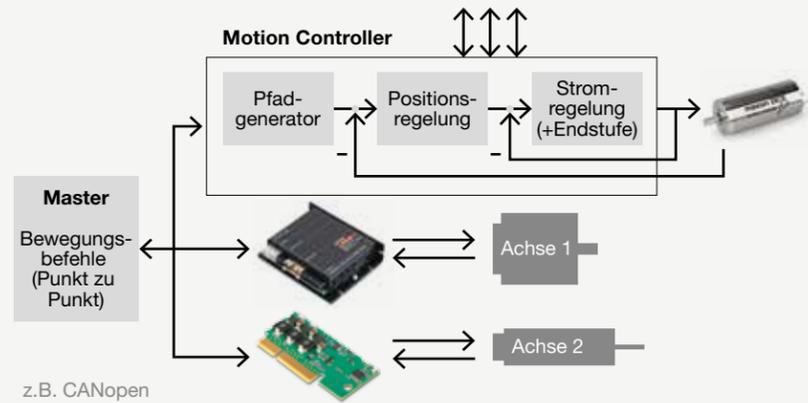
Allerdings stößt diese Art der Regelung an Grenzen. Zum präzisen Zuschneiden von Leder oder Folien auf einem x-y-Tisch müssen die Achsen viel stärker koordiniert und synchronisiert sein.

### Zentrale Regelung

Bei komplexeren Aufgabenstellungen erfolgt die Koordination der Achsen zentral. In Delta-Robotern sind drei Motoren mechanisch eng gekoppelt, und ihre Ansteuerung muss aufeinander abgestimmt sein. Weitere Beispiele für sehr präzise und dynamische Synchronisation finden sich in Produktionsanlagen, wo Teile «fliegend» bearbeitet werden.

In Systemen mit eng gekoppelten Achsen wird der Positionsregelkreis nicht mehr lokal im Modul geschlossen, sondern zentral im Master. Die Module dienen entweder als Geschwindigkeitsregler oder werden bei höchsten Anforderungen an Dynamik im Stromreglermodus betrieben. Jede Achse sendet Informationen zum Bewegungszustand an den Rechner. Die zentrale Bahnplanung und Regelung leitet daraus Bewegungsbefehle für das weitere Vorgehen ab und verschickt diese an die einzelnen Achsen. Eng gekoppelte Systeme benötigen ein Echtzeit-Bussystem mit genügender Bandbreite. Die Rechenkapazität von Motion Controller und Mastersystem müssen diesen Anforderungen ebenfalls genügen.

Im maxon Portfolio steht für solche hochdynamischen Anwendungen die MAXPOS bereit. Dieser EtherCAT-Slave Motion Controller empfängt Bewegungs- und I/O-Befehle von einem übergeordneten EtherCAT-Master, welcher die Prozessablaufsteuerung übernimmt. Die sehr schnellen Regler in



Grundstruktur dezentraler Mehrachskoordination mit den Vorteilen von kurzen Verbindungsleitungen zwischen Regler und Antrieb, auf unterschiedliche Motoren angepasste Endstufen und Vernetzung via Feldbus. Die Bahnplanung (Pfadgenerator) und die Positionierung erfolgen dezentral in den verteilten Reglern. Der Master gibt nur die Zielpositionen vor.

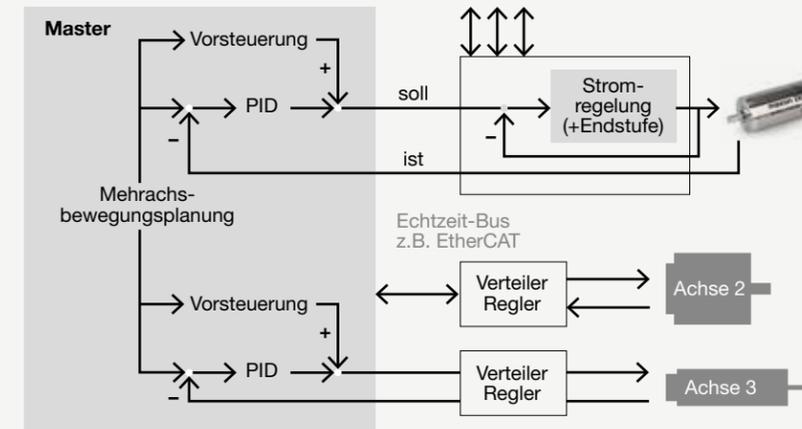
Verbindung mit den vielfältigen Feedbackmöglichkeiten schaffen beste Voraussetzungen für den Betrieb in High-Performance-Anwendungen.

### Feedback-Sensoren

Die Standardsensoren bei Kleinstantrieben sind digitale oder analoge Inkrementalencoder. Sie liefern die Positionsinformation relativ zu einer Referenzposition, die beim Start zuerst ermittelt werden muss. Bei komplexen Mehrachssystemen ist eine Referenzfahrt aber oft unerwünscht oder nicht möglich. Man denke an einen Roboterarm mit mehreren Gelenken. In welcher Reihenfolge müssen die Referenzfahrten der einzelnen Gelenke durchgeführt werden, ohne die Anlage zu beschädigen, wenn die Ausgangsstellung des Arms nicht bekannt ist?

Absolutencoders erkennen die absolute Stellung der einzelnen Achsen gleich beim Start. Sie sind relativ einfach realisierbar, wenn die Winkelposition nur innerhalb einer

Prädestiniert für hochdynamische Anwendungen: der EtherCAT-Slave Motion Controller MAXPOS.



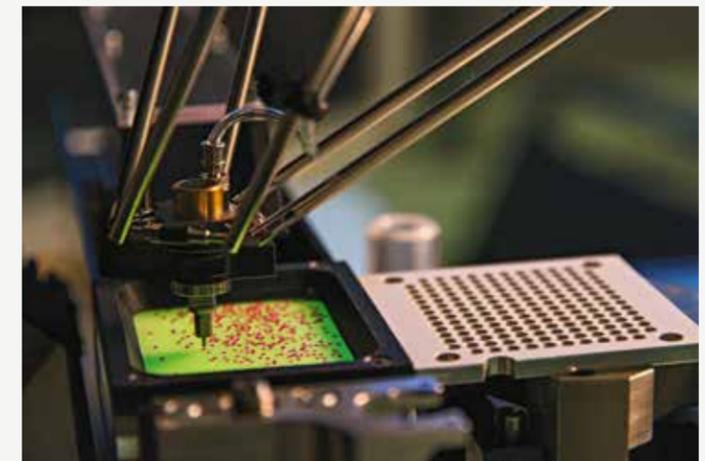
Grundstruktur stark synchronisierter Achsen. Die dezentralen Regler sind als Stromregler konfiguriert. Die gesamte Bahnplanung aller Achsen als auch die Positionsregelung erfolgen im Master in Echtzeit. Die Regler sind mit dem Master über einen Feldbus hoher Bandbreite verbunden.

Motorumdrehung kodiert werden muss (single turn). Multi-turn-Encoder erfordern zusätzlich einen Mechanismus zur Bestimmung und Speicherung der Anzahl Umdrehungen der Motorwelle; auch im ausgeschalteten Zustand, wenn beispielsweise der Roboterarm von Hand verstellt wird.

### Fazit

Robotik ist Mechatronik in Reinkultur. Sie kann nur erfolgreich und wirtschaftlich sein, wenn ein ausgewogenes Verhältnis von Integration und Modularisierung gefunden wird. Integration ergibt das erfolgreiche Gesamtpaket, Modularisierung erlaubt das wirtschaftliche Verwenden von Standardkomponenten.

Dabei ist nicht zu vergessen: Bewegungsgüte ergibt sich aus dem erfolgreichen Zusammenspiel aller beteiligten Komponenten: Regler, Leistungselemente, Sensoren, Mechanik und Lasteigenschaften. Es nützt nichts, ein einzelnes Element zu optimieren. ■



Delta-Roboter als Beispiel für eng gekoppelte Achsen.



Raffael Künzi gibt dem ETH-Team bei der Entwicklung des treppensteigenden Rollstuhls wertvolle Hinweise.

Foto: Scalevo

# Ein Rollstuhl für alle Fälle

Studierende der ETH Zürich haben einen Rollstuhl entwickelt, der auch Treppen steigen kann. Ist dies das Transportmittel der Zukunft für Gehbehinderte?

**T**estfahrer Raffael lächelt. Er darf als erste gehbehinderte Person mit dem Scalevo-Rollstuhl eine Treppe hochfahren – rückwärts auf zwei Raupen. Das ist fast wie schweben. Oben angekommen, geht es auf zwei Rädern weiter, selbstbalancierend. Der Rollstuhl ist ein Prototyp der ETH Zürich und bisher nicht auf dem Markt erhältlich – leider. Denn für viele Gehbehinderte ist der Alltag immer noch voller Einschränkungen. Absätze und Treppen müssen sie meistens umfahren.

**Der Rollstuhl Scalevo wird bereits von gehbehinderten Menschen weltweit nachgefragt.**

Zehn Schweizer Studierende wollen das ändern. In Zukunft soll kein Hindernis mehr die Bewegungsfreiheit von Rollstuhlfahrern einschränken. Die angehenden Ingenieure haben einen neuen Typ Rollstuhl entwickelt und dafür nur ein Jahr benötigt. Eine Meisterleistung, die praktisch jede freie Minute der Studierenden in Anspruch genommen hat. Doch der Aufwand hat sich gelohnt. Die ersten Feedbacks von gehbehinderten Menschen weltweit sind positiv, «und viele Leute möchten unseren Rollstuhl schon jetzt kaufen», sagt der Maschineningenieur Carlos Gomes.

## Es beginnt

Eigentlich wollten Gomes und seine Kollegen nur einen Roboter bauen, der Treppen steigen kann. Doch ihr Professor ermutigte sie, noch einen Schritt weiter zu gehen. Und so begannen acht Ingenieure der ETH Zürich

im Sommer 2014 mit der Entwicklung eines treppensteigenden Rollstuhls. Dieser sollte wendig sein, einfach zu bedienen – und vor allem sicher. Zudem gut aussehen. Also holte das Team Verstärkung: zwei Industriedesign-Studierende der Zürcher Hochschule der Künste. Und dann legten sie los.

Das Grundprinzip war schnell gefunden. Der Rollstuhl sollte im Normalbetrieb auf zwei Rädern fahren, wie ein Segway. Die Treppen wollte man dagegen mit Raupen überwinden, die sich ein- und ausfahren lassen. Scalevo, so der Name des Rollstuhls, vereinte zwei Fortbewegungsprinzipien auf sich: ein Hybridstuhl sozusagen.

## Der praktische Test

Am Ende sieht das so aus: Der Rollstuhlfahrer nähert sich einer Treppe und wählt mittels Touchscreen die entsprechende Funktion. Der Stuhl misst über Sensoren und Kameras die Neigung der Treppe und fährt diese automatisch rückwärts an. Die Raupen senken sich. Sie beginnen zu drehen und fahren die Treppe hoch. Tempo: eine Stufe pro Sekunde. Der Fahrer bleibt derweil immer in gerader Position. Sobald die Sensoren das Ende der Treppe erkennen, fahren Stützräder aus. So kann der Stuhl nicht kippen. Danach heben sich die Raupen, und der Stuhl ist erneut auf zwei Rädern unterwegs.

Die Räder und ebenso die Raupen sind mit zwei maxon Elektromotoren versehen, die als



maxon GP 52 C  
Ø 52 mm, Keramikversion



EPOS2 70/10  
Digitale Positioniersteuerung

### Längere Lebensdauer durch Keramikbauteile

Der Antrieb des Scalevo-Rollstuhls besteht aus einem bürstenlosen DC-Motor von maxon mit einem Durchmesser von 60 Millimetern. Er ist verbunden mit einem Planetengetriebe GP 52, das spezifisch mit Keramikkomponenten bestückt ist. Durch diese Modifikation erhält das Getriebe eine bedeutend längere Lebensdauer.

Für die perfekte Ansteuerung sorgt unter anderem das maxon Controller Modul EPOS2 70/10. Dabei handelt es sich um eine schnelle und präzise digitale Positioniersteuerung, die sowohl für bürstenbehaftete wie auch bürstenlose DC-Motoren geeignet ist.

Antriebe funktionieren. Zum Einsatz kommen bürstenlose DC-Motoren in Kombination mit Keramikgetrieben. Auf Keramik setzt man immer dann, wenn auf die Bauteile hohe Kräfte wirken, die Getriebe aber trotzdem lange halten sollen. Carlos Gomes und sein Team sind begeistert von den Antrieben, die maxon ihnen zur Verfügung gestellt hat: «Die Motoren-Getriebe-Kombination ist stark, präzise, leise und mit je 3,2 Kilogramm relativ leicht. Die maxon Ingenieure haben uns zudem kompetent beraten, und der Support war herausragend.»

### Der Schlüssel zum Erfolg

Die Studierenden sind mit ihrer Arbeit vollends zufrieden. «Gute Teamarbeit war der Schlüssel zum Erfolg», sagt Gomes. Zudem hätten sie viele Hinweise von Menschen mit einer Gehbehinderung übernommen, beispielsweise einen Gurt eingebaut oder den Sitz leicht nach hinten geneigt, damit der Fahrer nicht nach vorn rutscht. «Uns wären solche Punkte gar nicht eingefallen.»

### Auf zum Wettkampf

Schluss ist trotzdem nicht. Auch wenn das Projekt eigentlich abgeschlossen wäre. Denn die Ingenieure wollen 2016 mit ihrem Scalevo-Rollstuhl am Cybathlon in Zürich teilnehmen. Dies ist ein Wettkampf, bei dem Menschen mit Behinderungen gegeneinander antreten. Technische Hilfsmittel sind erlaubt, ja erwünscht. Schliesslich soll der Anlass Forscher und Ingenieure motivieren, damit sie bessere und günstigere Rollstühle, Prothesen und andere Hilfsmittel erfinden.

### Eine Vision für die Zukunft

Für das Scalevo-Team ist klar: Sie wollen den Cybathlon in ihrer Kategorie (Rollstuhl) gewinnen. Dafür müssen noch Anpassungen an ihrem Gerät vorgenommen werden. Die Aufhängung der Raupen soll steifer werden, die Bedienung intuitiver, die Zuverlässigkeit erhöht. Danach ist alles möglich. Vielleicht gründen die jungen Tüftler ein Start-up, wer weiss? Die Idee ist jedenfalls da. Und dann könnte der neue Rollstuhl mit seiner eingebauten Raupe bald auf dem Markt erhältlich sein. Kein grosses Staunen mehr. Stattdessen wäre es normal, wenn Rollstuhlfahrer Treppen ganz natürlich hoch- und herunterfahren. ■

Fotos: maxon motor ag, Scalevo, Alessandro della Bella



Raffael Künzi und das Projektteam meistern den Parcours beim Testlauf für den Cybathlon-Wettkampf.

### Cybathlon 2016

Der Cybathlon ist ein sportlicher Wettkampf gepaart mit Spitzentechnologie. Parathleten treten in sechs Disziplinen gegeneinander an. Es gibt unter anderem einen Parcours für motorisierte Rollstühle und für Athleten mit aktiven Beinprothesen. Was an den Paralympics nicht erlaubt ist, ist beim Cybathlon sogar erwünscht: modernste Technik.

Der Cybathlon ist ein Projekt der ETH Zürich und findet am 8. Oktober 2016 zum ersten Mal statt. Professor Robert Riener, der den Anlass initiiert hat, sagt: «Wir wollen Barrieren zwischen der Öffentlichkeit, Menschen mit Behinderungen und der Wissenschaft abbauen.» Bisher haben sich über 50 Teams angemeldet, hauptsächlich aus Forschungseinrichtungen. Die Resonanz in den Medien ist gross, und es gibt bereits Länder, die den Cybathlon 2018 und 2020 durchführen möchten.





#### maxon EC 45 flat (50 Watt)

Der bürstenlose Flachmotor EC 45 flat mit einem Durchmesser von 45 Millimetern bringt 50 Watt Leistung. Der Antrieb verfügt über ein hohes Drehmoment und beansprucht nur wenig Bauvolumen. Verbaut sind die Motoren in die 18 Antriebseinheiten des Roboters, die in den Beingelenken eingesetzt werden.

# Intelligenz auf sechs Beinen

Hector sieht aus wie eine riesige Stabheuschrecke. Ein extrem leichtes Aussenskelett und elastische Gelenke machen den Roboter zum Kletterkünstler. maxon Antriebe sorgen in den sechs Beinen für flexible Bewegungen.

Fotos: Universität Bielefeld

Hector verfügt über ein einfaches intelligentes Verhalten.

**B**ehutsam bewegt sich Hector über den Hindernisparcours; dabei sieht er so elegant aus wie kaum ein anderer Roboter. Die Forschungsgruppe «Biomechatronik» der Universität Bielefeld unter der Leitung von Prof. Dr. Axel Schneider entwickelte den sechsbeinigen Laufroboter nach dem Vorbild der Stabheuschrecke. Die Gesamtlänge Hectors liegt bei rund 90 cm – eine Riesenstabheuschrecke. Ziel des Projekts ist, das Laufverhalten dieser Insekten besser zu verstehen und die zugrundeliegenden Koordinationsmechanismen für technische Systeme nutzbar zu machen. Ausserdem will das Forscherteam grundlegende Konzepte für die Ansteuerung von elastisch aktuierten Robotersystemen weiter untersuchen.

Das extrem leichte Aussenskelett besteht aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK). Alle Antriebsteile und die Verbindungselemente der Beinsegmente wurden in Bielefeld hausintern konstruiert und gefertigt. Sie bestehen aus einer Aluminiumlegierung. Die Einzigartigkeit des 12 Kilogramm schweren Roboters besteht darin, dass er mit sehr vielen Sensoren ausgestattet ist und mit einem biologischen, dezentralen Regelungskonzept arbeitet. Durch die eigens konstruierten Antriebe und Tastsensoren kann er sich beim Laufen flexibel an die jeweilige Beschaffenheit des Bodens anpassen. Momentan ist Hector in der Lage, über leicht unebenes Gelände zu laufen und kleinere Hindernisse, wie beispielsweise Stufen, problemlos zu übersteigen.

Das extrem leichte Aussenskelett besteht aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK). Alle Antriebsteile und die Verbindungselemente der Beinsegmente wurden in Bielefeld hausintern konstruiert und gefertigt. Sie bestehen aus einer Aluminiumlegierung. Die Einzigartigkeit des 12 Kilogramm schweren Roboters besteht darin, dass er mit sehr vielen Sensoren ausgestattet ist und mit einem biologischen, dezentralen Regelungskonzept arbeitet. Durch die eigens konstruierten Antriebe und Tastsensoren kann er sich beim Laufen flexibel an die jeweilige Beschaffenheit des Bodens anpassen. Momentan ist Hector in der Lage, über leicht unebenes Gelände zu laufen und kleinere Hindernisse, wie beispielsweise Stufen, problemlos zu übersteigen.

#### Ein Bein – drei maxon Motoren

Jedes Bein des Laufroboters besitzt drei Gelenke, sodass gleichzeitig die Bewegungen von 18 Gelenken kontrolliert werden müssen. Dafür sind pro Bein drei bürstenlose maxon EC 45-Flachmotoren verbaut. Bei den 50 Watt starken Antrieben handelt es sich um Spezialausführungen ohne seitliche Anschlussplatine. Die 18 Beingelenke werden

nach biologisch inspirierten Regelalgorithmen gesteuert. Dafür ist die Antriebselektronik mit entsprechender Regelung in die Antriebe eingebettet. Um die Antriebe elastisch zu gestalten, wurden eigens dafür entwickelte Elastomerkupplungen direkt in die Antriebe integriert. Dem Forscherteam war es wichtig, dass die Motoren ein hohes Drehmoment bei einem kleinen Bauvolumen und einer geringen Masse aufweisen. «Ausserdem sollten die Motoren eine möglichst geringe Länge aufweisen, da die resultierende Länge des gesamten Antriebs neben anderen Faktoren auch den Bewegungsspielraum der Beine limitiert. Daher haben wir uns für die EC 45 flat entschieden», erklärt Jan Paskarbit, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgruppe und Entwickler und Erbauer von Hector.

#### Einfaches intelligentes Verhalten

Zwar ist Hector in Sachen Intelligenz Insekten noch weit unterlegen, aber schon bei der Beinkoordination werden komplexe Sensordaten verarbeitet. Er kann alleine laufen und reagiert auf Hindernisse. «Eine gewisse, einfache Intelligenz kann man einem Insekt kaum absprechen. In diesem Sinne kann man auch bei Hector von einem einfachen intelligenten Verhalten sprechen. Eine von vielen wichtigen Eigenschaften von intelligentem Verhalten ist beispielsweise, über den Moment hinaus zu planen. Erste Varianten einer «höheren» Robotersteuerung, die gegenwärtig auf dem System getestet werden, sollen dem Roboter einfache Planungsfähigkeiten verleihen, ihn also auch in diesem Sinne etwas intelligenter machen», sagt Paskarbit. Bis 2017 soll der Laufroboter im Rahmen eines kooperativen Projekts innerhalb des Bielefelder Exzellenzclusters Kognitive Interaktionstechnologie mit weiteren Fähigkeiten ausgestattet werden. ■



Laden Sie die Tablet-Ausgabe 2 // 2015 herunter und sehen Sie, wie Hector schwieriges Gelände meistert. [magazin.maxonmotor.ch](http://magazin.maxonmotor.ch)

# Gewinnen Sie einen Sphero Ollie Roboter



Der Sphero Ollie Roboter ist ein einachsiger Flitzer, der mittels Bluetooth-Schnittstelle übers Handy gesteuert wird. Robust, schnell, verspielt.

Gewinnfrage

## Wie viel maxon steckt in Romeo?

Sagen Sie uns, wie viele DC-Motoren von maxon in Romeo, dem Pflegeroboter der Zukunft, verbaut sind. Senden Sie Ihre Antwort per Mail an [driven@maxonmotor.com](mailto:driven@maxonmotor.com) und gewinnen Sie einen von drei Sphero Ollie Robotern. *Teilnahmeschluss ist der 28. Februar 2016.*

**maxon**  
BIKEDRIVE

## PIMP YOUR BIKE

Bau dein Velo in ein eBike um:  
Mit dem maxon BIKEDRIVE Nachrüst-Set, bestehend aus Heckantrieb, Akku und Powergrip.

swiss made  
[maxonbikedrive.com](http://maxonbikedrive.com)



### 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:** Bärbel Jördens  
**Gestaltung:** Peter Kruppa (Art Director), Marina Maspoli  
**Bildredaktion:** Diana Ulrich

**Korrektorat:** Franz Scherer

**Druck:** Druckerei Odermatt AG

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

**Sprachen:** Deutsch, Englisch

**Auflage:** 10 500 (dt.), 4 500 (engl.)

Foto: Sphero

Das Magazin von maxon motor

# driven

Dein Freund und ...  
Roboter im Haushalt, in der Industrie  
und im Katastropheneinsatz



**driven – Das Magazin von maxon motor.**

# Jetzt kostenlos herunterladen.

Apple



Android



Windows



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

**maxon motor**

driven by precision