

Das Magazin von maxon motor

# driven



**So geht Zukunft!**

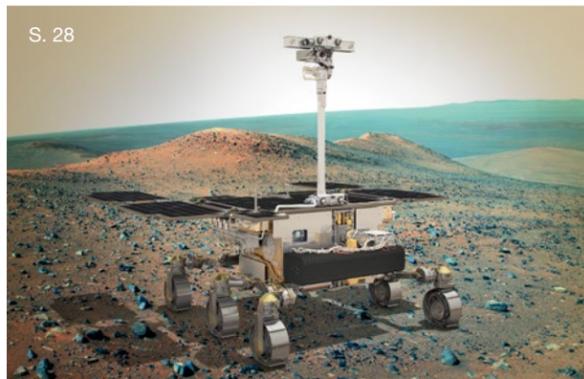
Wie Start-ups die Welt verändern werden.



RoboCup 2017: Motoren machen das Match



Frisches Gemüse dank Elektro-Power



Fotos: Hochschule Offenburg, KitePower, ETH Zürich, maxon motor ag, Philipp Schmidli, ESA, Athias

4 News

**Fokus: So geht Zukunft!**

8 **Wir schaffen eine bessere Welt**

Welchen Einfluss haben Start-ups auf die Entwicklung?

10 **Saubere Energie aus 500 Meter Höhe**

Ein niederländisches Start-up stellt mit Kitepower die Windenergiebranche auf den Kopf.

12 **Die Kunst, einen Roboter zu bauen**

Modular und flexibel – ein Inspektionsroboter mit breiten Einsatzmöglichkeiten ist wegweisend für die Robotik.

14 **Das Hightech-Baby**

Wie Baby Paul Spitäler beim Training mit Frühgeborenen unterstützt.

16 **Die Lieferroboter kommen!**

Ein fahrbarer Kofferraum ohne Fahrer, der Waren aus der Region liefert. In Saas Fee ist er bereits unterwegs.

**Interview**

18 **«Noch nie waren die Voraussetzungen für Start-ups so gut wie heute»**

Mike Baur, Unternehmer und Mitbegründer von Swiss Startup Factory, gibt Experten-Tipps für Firmengründer.

**Expertise**

19 **Vom Motor zum Antriebssystem**

Was zu beachten ist bei der Entwicklung kompletter mechatronischer Antriebslösungen.

**Exploration**

22 **Bleib am Ball!**

Action auf dem Fussballplatz: Beim internationalen RoboCup zeigten Roboter ihr Können.

**maxon inside**

26 **354 400 kWh durch Sonnenlicht**

«Die Umwelt entlasten» – wie maxon motor dies lebt.

**Innovation**

28 **Ein Duo auf dem Weg zum Mars**

Zwei Rover der nächsten Generation im Vergleich.

**Special**

30 **Der Bio-Express von Lausanne**

Frisches Bio-Gemüse mit Elektro-Power – schnell und emissionsfrei dank des Bikedrive-Antriebs.

**Innovation**

34 **Landen wie ein Insekt**

Studierende entwickeln ein adaptives Hubschrauber-Landesystem.

**Kolumne**

36 **Die Natur als Vorbild**

Robotikforscher Roland Siegwart über Fortschritte und Grenzen in der Servicerobotik.

38 **Wettbewerb**

Editorial

# Lassen Sie uns die Welt verändern!



Eugen Elmiger, CEO der maxon motor ag

Viele Personen, die sich für eine Ausbildung zum Ingenieur oder Techniker entscheiden, haben das Bedürfnis, die Welt durch Technologie zu verbessern. An kreativen Ideen mangelt es jedenfalls nicht, und Start-ups sind oft ideale Plattformen, um diese Ideen umzusetzen. Wenn alles passt, trifft in den kleinen und flexiblen Unternehmen Kreativität auf Motivation und Fleiss. Der Erfolg ist dann nur eine Frage der Zeit.

In dieser Ausgabe von driven stellen wir Ihnen gleich mehrere Start-ups vor, die mit innovativen Ansätzen einen positiven Beitrag für unsere Gesellschaft leisten. Machen Sie sich auf einige Überraschungen gefasst!

Zudem fahren Sie mit uns durch die Rebberge rund um Lausanne mit einem Lastbike – angetrieben durch den maxon Bikedrive. Sie lernen mehr über fussballspielende Roboter und erfahren, wie man komplexe Antriebssysteme auslegt.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen!

# 41 329

2016 zählte das Schweizer Handelsregister 41 329 **neu eingetragene Unternehmen**. Das sind 0,7 Prozent mehr als im Vorjahr – ein Aufwärtstrend ist spürbar. Gemäss Startups.ch sind tiefe Zinsen und eine robuste Konjunktur Gründe für die vielen Neugründungen. maxon motor unterstützt Start-ups und junge Ingenieure weltweit mit dem Young Engineers Program (YEP). maxon hat das Programm ins Leben gerufen, um innovative Projekte zu fördern – mit vergünstigten Antriebssystemen und Beratung. Informationen und ein Anmeldeformular gibt's auf [www.drive.tech](http://www.drive.tech).



Schweiz

## Der Cybathlon kehrt 2020 zurück

Der Cybathlon-Event wird keine einmalige Sache bleiben, das hat die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH) als Organisatorin diesen Sommer bekannt gegeben. Der Wettkampf findet 2020 erneut in Zürich in der Swiss Arena statt, wo Menschen mit einer Behinderung auf einem Parcours gegeneinander antreten und dabei mechatronische Hilfsmittel benutzen. Wiederum gibt es sechs Disziplinen: Armprothesen, Beinprothesen, Exoskelette, motorisierte Rollstühle, elektrisch stimulierte Fahrradrennen und virtuelle Rennen mit Gedankensteuerung. Neu findet der Event an zwei Tagen statt: am 2. und 3. Mai 2020. Am ersten Tag soll es Qualifikationsdurchgänge geben, am zweiten Tag findet das Finale statt. Die erste Austragung des Cybathlons im Jahr 2016 war ein grosser Erfolg. Rund 4600 Besucher feuerten 56 Teams an, und der Event wurde live am TV übertragen. Die Idee hinter dem Cybathlon ist, betroffene Personen, Mediziner und Techniker zusammenzubringen, die Öffentlichkeit zu sensibilisieren und die Forschung auf dem Gebiet zu verstärken.



Hochschule Luzern

## maxon gründet Innovationslabor

maxon motor geht eine Partnerschaft mit der Hochschule Luzern ein. Dazu gehört der Aufbau eines maxon-Labs auf dem Campus. Die Hochschule bringt ihr Wissen in Forschung & Entwicklung in Mechatronik, Robotik und Embedded Systems ein, während maxon motor über Praxiserfahrung verfügt und neuste Motoren und Komponenten zur Verfügung stellt. Auf dieser Basis sollen im maxon-Lab intelligente mechatronische Systeme entwickelt werden.

Ulrich Claessen, Entwicklungsleiter bei maxon motor, freut sich auf die Zusammenarbeit: «Mehr als die Hälfte unserer Ingenieure mit Hochschulabschluss hat in Luzern studiert.» Auch in Zukunft wird man am maxon Hauptsitz in Obwalden spezialisierte Fachkräfte benötigen. Das maxon-Lab soll ein erster Kontaktpunkt für angehende Ingenieure sein. Gleichzeitig erhofft sich Claessen spannende Projekte und Innovationen in den Bereichen Mechatronik, Robotik und Embedded Systems.

Fotos: iStock/RichVintage, Philipp Schmidl/maxon motor ag



Formula Student

## Schweizer Rennteam sieg mit schnellstem fahrerlosem Auto

An der Formula Student messen sich Studententeams aus ganz Europa mit ihren elektrisch angetriebenen Rennautos. Auch der Akademische Motorsportverein Zürich (AMZ) ist seit 2006 dabei und hat bereits mehrere Siege eingefahren. Und diesen Sommer konnte das Team einen weiteren grossen Erfolg verzeichnen: Es hat dem 2015-Boliden Flüela das autonome Fahren beigebracht und in der neuen Kategorie Driverless in Deutschland den Gesamtsieg geholt.

«Da der Wettkampf zum ersten Mal in diesem Format durchgeführt wurde, war es schwer einzuschätzen, wie wir unseren Entwicklungsstand einstufen sollten», sagt AMZ-Projektleiter Fabio Meier. Man habe aber das ganze Jahr über hart gearbeitet, um sich auf diesen Anlass vorzubereiten. Das Ergebnis war dann sehr zufriedenstellend. In allen acht Disziplinen gelang dem Team ein Podiumsplatz. In fünf Disziplinen gewann es. Das reichte für den Gesamtsieg in der Kategorie Driverless. Dabei verlief der Wettkampf alles andere als reibungslos. Regen und nasser Belag verursachten Probleme bei den Sensoren, die für die Erkennung der Strecke

zuständig waren. Doch die jungen AMZ-Ingenieure reagierten schnell auf diesen Umstand. Das Team, welches von maxon motor unterstützt wird, arbeitet weiter an der Optimierung des autonomen Fahrens. Denn nächstes Jahr will es wieder an den Start gehen.

Das AMZ-Team nach dem Sieg in der Kategorie Driverless bei der Formula Student.



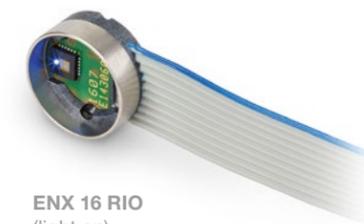
Fotos: Formula Student Germany/Elena Schulz, maxon motor ag

## NEUE PRODUKTE

Encoder ENX 16 RIO

### Für eine hochpräzise Positionierung

Mit dem neuen optischen Encoder ENX 16 RIO präsentiert maxon motor einen hochauflösenden optischen Encoder, der nur gerade 16 Millimeter gross ist. Mit einer Auflösung von bis zu 65500 Impulsen pro Umdrehung ist er optimal für die präzise Positions- und Drehzahlregelung von DC-Motoren geeignet. Zudem hat maxon den ENX 16 RIO mit einem robusten und staubgeschützten Gehäuse ausgestattet. Der Encoder lässt sich unter anderem mit den neuen, bürstenlosen EC-i 30 Motoren und mit den konfigurierbaren, bürstenbehafteten DCX-Antrieben kombinieren. Seine Impulszahl und seine elektrische Schnittstelle können spezifisch konfiguriert werden. Kombination und Konfiguration erledigen die Kunden ganz einfach online – im maxon Online Shop.  
<http://shop.maxonmotor.com>



ENX 16 RIO  
(light on)



Der bürstenbehaftete  
DC-Motor DCX 16S mit dem  
ENX 16 RIO Encoder.



EPOS4 EtherCAT Card

EPOS4

### Kompakter Motion Controller neu auch mit EtherCAT

Die EPOS4 Positioniersteuerungen von maxon motor lassen sich dank des modularen Konzepts neu auch in EtherCAT Netzwerke einbinden. Die hierfür entwickelte EtherCAT Card lässt sich mit den EPOS4 Controllern im Gehäuse sowie mit allen EPOS4 Modulen kombinieren. Später folgen auch EPOS4 Compact Bauformen in EtherCAT Ausführung. Dank dieser Erweiterung für die Welt der Ethernet-basierenden Kommunikationsprotokolle wird das Anwendungsfeld für die Positioniersteuerungen nochmals ausgeweitet – unter anderem für Bereiche, in denen kurze Zykluszeiten in synchronisierten Multiachssystemen zählen. EPOS4 Steuerungen eignen sich sowohl für die Ansteuerung von bürstenbehafteten als auch bürstenlosen DC-Motoren. Sie überzeugen durch ihre Leistungsdichte und ihr attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis. Kunden erhalten Zusatzleistungen für eine einfachste Inbetriebnahme kostenfrei zur Verfügung gestellt: etwa ein intuitives User Interface, Bibliotheken und viele Praxisbeispiele.



Composing: Peter Kruppa/Intel AG; Foto: Kitepower

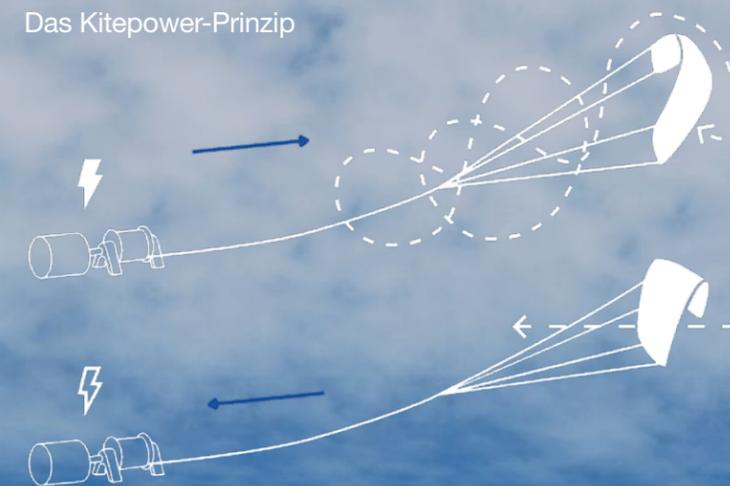
# Wir schaffen eine bessere Welt

Unsere Gesellschaft braucht neue Ideen und Technologien, um die verschiedenen Probleme des Alltags zu lösen. Kleine Start-ups spielen dabei eine wichtige Rolle – und sprengen mit ihrer Denkweise so manchen Rahmen.



# Saubere Energie aus 500 Meter Höhe

Das Kitepower-Prinzip



Der Drachen betreibt den Generator, indem er das Seil immer wieder nach oben zieht.

Weltweit werden immer mehr Windräder gebaut, die nachhaltigen Strom produzieren. Doch es gibt noch eine andere, neue Methode, die Energie des Windes zu nutzen. Ein niederländisches Team ist gerade daran, eine ganze Industrie zu verändern.

**J**ohannes Peschel liebt Lenkdrachen. Der passionierte Kitesurfer beschäftigt sich sogar beruflich mit den Schirmen und hat damit Grosses vor: Als Co-Gründer und CEO des Start-ups Kitepower will er die Windenergiebranche auf den Kopf stellen – indem er mit Kites elektrische Energie produziert.

Das Prinzip klingt simpel: Die Anlage für die Stromgewinnung besteht aus einem Generator am Boden, der direkt mit einer Seilwinde verbunden ist. Der Drachen zieht das Seil immer weiter nach oben, indem er Figuren in Form einer Acht fliegt und so eine starke Zugkraft erzeugt. Das geht bis auf eine Höhe von 500 Metern. Danach wird er mit geringem Energieaufwand wieder eingezogen, und die Prozedur beginnt von vorne.

### Zusammenarbeit mit der TU Delft

Neu ist die Idee nicht. Bereits 2004 hatte die Technische Universität Delft in den Niederlanden ein Forschungsteam im Bereich

Kite-Energie zusammengestellt. Das Konzept entwickelte sich über Jahre hinweg, und die Gruppe wuchs. Doch erst 2016 ging daraus das heutige Start-up Kitepower hervor. Geblieben sind die engen Beziehungen mit der TU Delft. So arbeiten neben dem Kernteam von zehn Leuten laufend mehrere Studierende am Projekt. «Das hilft uns, offen an Probleme heranzugehen und immer wieder neue Perspektiven zu erhalten», sagt Johannes Peschel.

### Mehr grüne Energie

Kitepower hat es dank seiner langen Vorgeschichte in kurzer Zeit bereits weit gebracht. Das Team hat diesen Sommer den neusten Prototyp erstmals in Betrieb genommen und ausführlich getestet. Ende 2018 soll bereits eine erste kommerzielle Version verfügbar sein. Sie stellt eine attraktive Alternative zu Dieselgeneratoren und sogar Windkraftanlagen dar. Denn die neue Anlage mitsamt 100-kW-Generator ist mobil und benötigt

weniger Baumaterial als Windräder. Zudem kann das Kitepower-System Winde flexibel bis auf eine Höhe von 500 Metern nutzen. Das macht das System laut seinen Entwicklern doppelt so effizient wie bestehende Technologien.

Johannes Peschel will mit seinem Produkt zu einer besseren Welt beitragen: «Die Weltbevölkerung nimmt nun endlich den Klimawandel ernst. Und unsere Lösung soll helfen, mehr grüne Energie zu erzeugen, indem sie Kohle- und Dieselgeneratoren ersetzt. Etwa auf Inseln, in abgelegenen Kommunen oder in Militärcamps.»

### Beide Seiten profitieren voneinander

Kitepower arbeitet für die Entwicklung seines Systems mit mehreren Industrieunternehmen zusammen. Auch mit maxon motor. Das Unternehmen hat die wichtige Kontrolleinheit für den Lenkdrachen mitentwickelt und geliefert und dabei seine Stärke als Systemspezialist bewiesen. Denn die Einheit, die aus rund 1000 Einzelteilen besteht, verlangt ein perfektes Zusammenspiel zwischen Motor, Getriebe und Elektronik. Laut Dominik Frey, dem zuständigen Projektleiter beim maxon Standort Sexau (D), war die Integration verschiedenster Sensoren, Sender, Empfänger und Akkus durchaus eine Herausforderung. Hinzu kamen extreme radiale Kräfte, die auf die Getriebe wirken. Deshalb wurden die Lagerungen der Antriebe verstärkt. Zum Einsatz kam unter anderem der neue bürstenlose EC-i 52 in Kombination mit dem Planetengetriebe GP 42 UP und einem Encoder. Der Motor wird wegen seines hohen Drehmoments und der kompakten Bauweise oft auch in der Robotik eingesetzt.

Kitepower-CEO Johannes Peschel sagt: «Wir sind glücklich, dass all unsere Anforderungen von maxon erfüllt werden konnten.» Und er blickt positiv auf die Zusammenarbeit. «maxon als globaler Player und wir als agiles Start-up können gegenseitig stark voneinander profitieren.»



maxon EC-i 52  
Ø 52 mm, 180 W,  
bürstenlos



Das Lenksystem wurde von maxon motor in Deutschland entwickelt und mit mehreren Antriebskomponenten ausgestattet.



Johannes Peschel ist CEO und Co-Gründer von Kitepower. Er hat Computer-Wissenschaften in Berlin, China und den Niederlanden studiert und ist selber begeisterter Kitesurfer. Johannes Peschel und sein Team posieren vor dem Generator.



Fotos: Kitepower, maxon motor ag

# Die Kunst, einen Roboter zu bauen

Philip Norman war Architekt und Maler. Doch dann machte er eine Erfindung, die wegweisend für die künftige Bauweise von Robotern sein könnte.

**Philip Norman** stammt ursprünglich aus Kanada. Er hat jahrelang als Architekt und Landschaftsdesigner in Frankreich gearbeitet, bevor er zum Robotikspezialisten wurde und Ross Robotics gründete.

**D**as Einfache und Simple faszinierte den Kanadier Philip Norman schon immer. Als Architekt bevorzugte er die minimalistische Bauweise, als Maler reduzierte er die Formen auf Wesentliche. Und eines Tages, als er seinen Kindern beim Spielen zusah, fragte er sich, weshalb man nicht auch Spielzeuge einfacher machen kann – mit modularen Teilen.

Angetan von dieser Idee, besorgte er sich ein CAD-Zeichenprogramm und setzte sich an den Computer. «Ich war voller Eifer und vergass alles um mich herum», sagt er rückblickend. Schliesslich, nach rund einem Jahr, war die Entwicklung eines modularen Bauteils fertig, und Philip Norman meldete es beim Patentamt an. Dort zeigte sich, dass es nichts Vergleichbares gab; niemand hatte bisher in dieser Weise gedacht.

Jetzt ging es nur noch darum, einen geeigneten Einsatzbereich zu finden. «Ich dachte zuerst an die Spielzeugindustrie – aber dar-

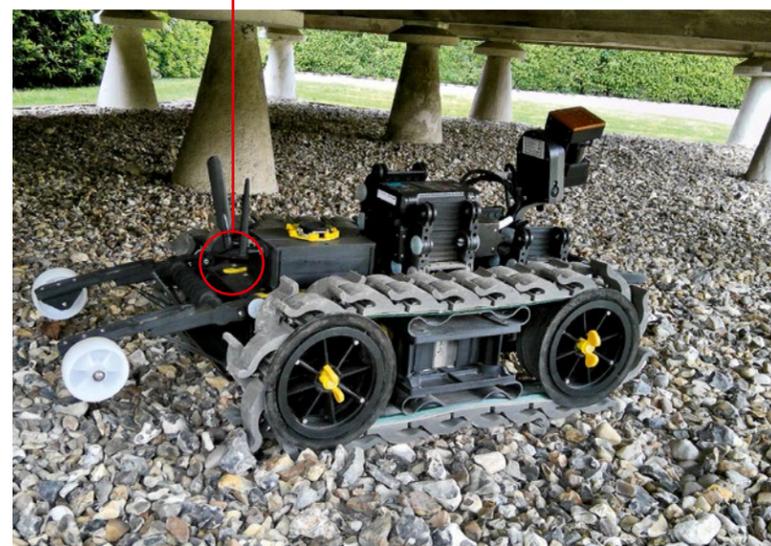
aus wurde nichts. Schliesslich machte mich ein Bekannter auf Roboter aufmerksam. Ich wusste zwar kaum etwas über Robotik und musste mir vieles selber beibringen. Aber es war schnell klar, dass hier grosses Potenzial vorhanden ist.» Denn Roboter werden heute fast immer für genau eine Aufgabe entwickelt und gebaut, Sensoren wie Werkzeuge sind entsprechend permanent installiert und Änderungen nur mit hohem Kosten- und Zeitaufwand möglich. Geht etwas kaputt, muss der Roboter zum Fachmann, was ebenfalls viel Zeit und Geld kostet.

## Roboter in allen Grössen

Philip Norman vertritt mit seinem jungen Unternehmen Ross Robotics eine andere Philosophie. Die Roboter sind modular aufgebaut, wobei jedes Element mit einem bürstenlosen Flachmotor von maxon und einer Positioniersteuerung EPOS4 ausgestattet ist.



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



Fotos: Andrea Ariz, maxon motor ag

«Ich habe einen Motor benötigt, der sehr kompakt ist und gleichzeitig ein hohes Mass an Drehmoment liefert», sagt Norman.

Mit seinen modularen Elementen lassen sich Roboter in verschiedenen Grössen zusammensetzen. Sensoren oder Greifarme können unkompliziert montiert und demontriert werden – je nach Bedarf. Und selbst ein Laie kann ein defektes Teil schnell und einfach austauschen. Das macht die Roboter extrem flexibel und günstig im Betrieb. Verändert sich die Aufgabenstellung, lässt sich das Gerät durch die modulare Bauweise der neuen Situation anpassen.

## Einsatz am CERN

Das Start-up sieht grosses Potenzial im Bereich der Inspektionsroboter. Hier sind einige Modelle von Ross Robotics auch bereits im Einsatz. Unter anderem bei der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN in Meyrin (Schweiz), wo ein Roboter im Teilchenbeschleuniger unterwegs ist. Bald sollen die Modelle auch kommerziell erhältlich sein. Noch läuft die entsprechende Zertifizierung. Doch Philip Norman ist schon jetzt sicher, dass seine Erfindung das Verständnis für Roboter verändern wird. Trotzdem möchte er mit seinem Unternehmen so klein bleiben, dass er sich weiter auf Forschung und Entwicklung konzentrieren kann. Denn es gibt noch Vieles, das er vereinfachen will.

## Young Engineers Program

### Antriebssysteme für Start-ups und Studierendenprojekte

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

Kleine, innovative Projekte stehen oft vor den gleichen Herausforderungen: fehlende finanzielle Unterstützung und fehlendes Know-how in Fachbereichen. Jede Hilfe ist da willkommen. Deshalb hat maxon motor das Young Engineers Program (YEP) geschaffen. Der Antriebsspezialist unterstützt damit junge Unternehmen und Studierendenprojekte der technischen Wissenschaften. Diese können sich auf der Website [www.drive.tech](http://www.drive.tech) für das Programm registrieren und erhalten je nach Unterstützungsgrad Motoren, Getriebe und Steuerungen von maxon motor zu Vorzugspreisen oder sogar kostenlos.

## Treppensteigende Rollstühle, Elektro-Rennautos

Mehrere Projekte aus der ganzen Welt sind bereits ins Programm aufgenommen worden. Darunter befindet sich das Schweizer Start-up Scewo, welches einen treppensteigenden Rollstuhl auf den Markt bringen möchte. Aber auch Studierenden-teams sind dabei, die bei der Formula Student mit selbst konstruierten Elektro-Rennwagen teilnehmen. Oder ein Team, das mit Antrieben von maxon motor einen Open-Source-Rehabilitationsroboter verbessern will.

Durch seine Modularität kann dieser Roboter von Ross Robotics für viele unterschiedliche Anwendungen verwendet werden.

**drive.tech**  
Interessierte erhalten Informationen zu YEP und ein Anmeldeformular auf [www.drive.tech](http://www.drive.tech)



Der Motor simuliert die Atmung des Babys – der Brustkorb hebt und senkt sich.

# Das Hightech-Baby

Langsam hebt und senkt sich die Brust des kleinen Körpers, die Venen und Adern schimmern unter der dünnen Haut hervor. Der Herzschlag ist regelmässig.



maxon DCX 12 L  
Ø 12 mm, 2,5 W,  
Edelmetallbürsten



Dr. Jens-Christian Schwindt ist Gründer und CEO von SIMCharacters. 1973 in Hanau (D) geboren, hat er nach seinem Medizinstudium in Frankfurt am Main und Mainz für seine Facharztausbildung zum Kinderarzt an die Universitätskinderklinik Wien gewechselt.

Fotos: SIMCharacters, maxon motor ag

**P**aul atmet selbstständig. 35 Zentimeter lang. 1000 Gramm leicht. Ein Frühchen, geboren in der 27. Schwangerschaftswoche. Sein Vater heisst Jens-Christian Schwindt, langjähriger Kinderarzt an der Neonatologie des AKH Wien. 2015 hat er seinen Oberarztposten gekündigt, um sich ganz um Paul zu kümmern. Paul benötigte künstliche Beatmung. Manchmal lief er sogar blau an. Aber vor allem brauchte er Investoren.

Denn Paul ist kein echtes Baby – er ist der kleinste und modernste High-End-Patientsimulator weltweit. Mit ihm lassen sich verschiedene Notfallsituationen in der Frühgeborenenmedizin trainieren, die täglich in Spitälern vorkommen. Denn nur durch regelmässiges Training im Team lassen sich laut Schwindt die Überlebenschancen und die spätere Lebensqualität von Frühgeborenen stark verbessern. Wichtig ist ihm vor allem der interdisziplinäre Ansatz. «Es ist völlig sinnlos, nur Schwestern oder Ärzte zu trainieren, denn das Team muss im Notfall ja als eine Einheit funktionieren», sagt Schwindt, CEO von SIMCharacters.

### Paul weckt Emotionen

«Für das Training mit Frühgeborenen gab es nichts auf dem Markt, was unseren Ansprüchen als Mediziner genügt», sagt Schwindt, der selbst schon jahrelang Trainings durchführt. Es fehlte an realitätsnahen Äusseren und an moderner Technik. Paul ist in dem Bezug perfekt – er weckt Emotionen, womit ein sehr realistisches Szenario entsteht und der Trainingserfolg beim medizinischen Personal höher ist.

### Leise Motoren

Paul verfügt neben der äusseren lebensnahen Anatomie über ein technisch hoch entwickeltes Innenleben. Er ist vollgepackt mit Technik. Im Schädel ist ein Linux-System verbaut. Geladen wird das Frühgeborenen-Trainingsmodell kabellos per Induktion über ein herkömmliches Ladepad. Paul hat eine Betriebsdauer von bis zu zwei Stunden. Der Kleine kann richtig schreien und quengeln. Und wenn die Atmung schwer wird oder die Sauerstoffsättigung sinkt, dann läuft der Kopf blau an.

Ausgeklügelte Hard- und Software verpackt in eine Silikonhaut. Alles entsteht bei



Mit Paul lassen sich verschiedene Notfallsituationen in der Frühgeborenenmedizin trainieren. Etwa, wenn die Atmung aussetzt.

SIMCharacters in Wien vor Ort. DC-Motoren, Getriebe und Sensoren von maxon motor sorgen dafür, dass sich Bauch und Brustkorb je nach den programmierten Testszenarien bewegen. «Klein, stromsparend, effizient sollten die Antriebssysteme sein, und wirklich wichtig war für uns, dass sie leise laufen und über eine sehr lange Laufzeit verfügen», sagt Michael Haller, Head of Research & Development bei SIMCharacters.

Zum Einsatz kommen drei DCX 12 Motoren mit Getriebe und Sensoren – zwei für den Brustkorb und einer für den Bauch von Paul. Ein weiterer DCX 6 maxon Motor bewegt ein Ventil in der Lunge des Simulators. In der Summe wurden bislang rund 40 Motoren verbaut, die alle einwandfrei funktionieren, erklärt Haller.

### Kein Einzelkind

2010 kam Schwindt die Idee, einen Babysimulator zu entwickeln, zwei Jahre später gründete er das Unternehmen SIMCharacters. Das Start-up erhielt umfangreiche Förderung vom österreichischen Staat, mit der es überhaupt erst möglich war, einen Prototyp zu bauen. Ein Vorarlberger Investor war begeistert vom Produkt und verhalf Paul zur Serienreife.

Inzwischen sind schon einige «Pauls» verkauft. Die Nachfrage ist weltweit sehr hoch. Ein Trainingssimulator kostet 50 000 Euro. Eine Investition, die sich lohnt, erklärt Schwindt. «Kritische Situationen in der Frühgeborenenmedizin müssen immer wieder so realitätsnah wie möglich trainiert werden, damit es im Ernstfall dann auch genauso gut funktioniert.»

Paul bleibt übrigens kein Einzelkind. Er wird in den kommenden Jahren noch weitere Geschwister bekommen. ■■■

# Die Lieferroboter kommen!

Die Menschen schauen zum Himmel und sehen immer mehr Drohnen. Dabei wird der Durchbruch der Lieferroboter wohl am Boden stattfinden – falls die Gesetzgeber mitspielen.

**F**ussgänger auf der ganzen Welt sind ihnen bereits auf dem Gehsteig begegnet: autonomen Lieferrobotern. Kisten auf Rädern, ausgestattet mit Sensoren, intelligenter Software und starken Motoren. Entwickelt, um den Weg von A nach B selbstständig und zuverlässig zurückzulegen und dabei niemanden zu behindern oder zu gefährden.

Auch wenn es sich bei den gesichteten Fahrzeugen um Prototypen handelt, so ist es gut möglich, dass autonome Lieferroboter schon bald zum Alltagsbild gehören – als Bestandteil der Stadt der Zukunft. Die ersten Schritte, oder Radumdrehungen, in diese

Richtung werden allerdings fern von der Grossstadt gemacht: in Saas Fee, einer kleinen Berggemeinde am Fusse der höchsten Berge der Schweiz. Hier sind Verbrennungsmotoren verboten. Ideale Voraussetzungen, um elektrisch angetriebene Ideen auszuprobieren.

## Lokales Gewerbe unter Zugzwang

Die neue Idee: ein Lieferroboter des Schweizer Start-ups TeleRetail, gegründet 2014 von CEO Torsten Scholl. Seinen Roboter bezeichnet er als «fahrbaren Kofferraum». Schliesslich soll er wie ein Auto den Einkauf oder Pakete transportieren – ganz autonom. «Auch wenn



Waren per Lieferroboter empfangen – bald ein vertrautes Bild im Alltag, nicht nur in Saas Fee?



Torsten Scholl ist ein Vollblutunternehmer, der sich Alltagsproblemen annimmt. 2014 gründete er TeleRetail mit dem Ziel, die Logistikherausforderungen von lokalen Geschäften zu lösen.

TeleRetail eng mit verschiedenen Industriepartnern zusammen. Seit Herbst 2016 auch mit maxon motor. «Mit den Ingenieuren von maxon haben wir verschiedene Ansätze durchgespielt, um die optimale Lösung zu finden. Der bürstenlose DC-Flachmotor

EC 90 ist bereits als Antrieb eingesetzt worden und hat überzeugt. Bald möchten wir bereits stärkere maxon Motoren wie den Bikemotor testen», sagt Scholl. Er schätzt die grosse Unterstützung, die weit über die Beratung für den richtigen Antrieb hinausgeht. «Ich bin gespannt, wie es weitergeht.»

Technische Herausforderungen sind eine Sache. Die andere sind gesetzliche Anpassungen. Denn heute können autonome Lieferroboter nur mit Spezialbewilligungen wie in Saas Fee unterwegs sein. Scholl schätzt, dass es noch rund fünf Jahre dauert, bis die Gesetze angepasst werden. In einigen Ländern könne es vielleicht auch schneller gehen. Fest steht: Über kurz oder lang werden Lieferroboter ein fester Bestandteil unseres Alltags sein.

**Der optimale Antrieb für Lieferroboter? Mit maxon zusammen testet TeleRetail verschiedene Motoren.**

wir bald selbstfahrende Autos haben, macht es doch keinen Sinn, diese nur mit kleinen Lasten rumfahren zu lassen. Ein kleiner Roboter ist sparsamer und verstopft die Strassen nicht.»

Scholl bezeichnet sich selber als Unternehmer. Entsprechend ist er an ein bekanntes Phänomen herangetreten: «Die Leute bestellen heute praktisch nur noch online, da müssen die lokalen Geschäfte mitziehen, sonst verschwinden sie bald.» So ist er auf die Idee eines Online-Vertriebsnetzes für das lokale Gewerbe gekommen. Die Leute bestellen ihr Brot, ihre Milch oder andere Ware bequem online und lassen es sich nach Hause liefern – per Fahrradkurier oder eben künftig per Roboter.

## Unterstützung durch Industriepartner

Nun geht es darum, den Lieferroboter fit für den Einsatz zu machen. Deshalb arbeitet



«Noch nie waren die Voraussetzungen für Start-ups so gut wie heute»

Habe ich das Zeug zum Unternehmer? Wie erkenne ich eine gute Idee? Und wie werde ich erfolgreich? Mike Baur's Experten-Tipps für angehende Firmengründer.

Der Freiburger Unternehmer **Mike Baur** ist Mitbegründer und Verwaltungsrat des Schweizer Start-up-Accelerators Swiss Startup Factory. Der 42-jährige Schweizer fördert Start-ups sowohl als Mentor als auch finanziell. Das Interview mit ihm erschien zuerst in der Ausgabe 03/2017 des Magazins «Red Bulletin Innovator».

**Hinter jedem erfolgreichen Start-up-Projekt steckt eine gute oder geniale Idee. Kannst du uns einen Tipp geben, wie man auf eine geniale Idee kommt?**

*Mike Baur:* Das muss ich gar nicht. Die kommt schon selbst zu dir. Spontane Ideen sind immer besser als ein verkrampftes Suchen nach etwas. Und Spontaneität ist manchmal simpel: zum Beispiel, wenn du ein Produkt brauchst und du merkst, dass es das gar nicht gibt, und dir der Gedanke kommt: «Warum gibt es das noch nicht?» Dann wird's interessant. Denn womöglich hast du schon eine Marktlücke entdeckt – und wenn dir dann die Idee kommt, wie du diese Lücke schliessen könntest, dann solltest du die Chance nützen und ein Start-up gründen.

**Viele haben gute Ideen, aber trauen sich nicht, sie umzusetzen ...**

Weil ihnen etwas nicht bewusst ist: wie einfach es heutzutage ist, Menschen zu erreichen. Eine Website hast du in Windeseile aufgebaut, ebenso schnell hast du per WhatsApp eine Testgruppe von 50 Leuten beisammen. Und alles gratis. Billige Kommunikation und Ideen, die Potenzial haben: Das hat immense Power. Das hat es vor zwanzig Jahren noch nicht gegeben. Kurz gesagt: Noch nie waren die Voraussetzungen für Start-ups so gut wie heute.

**Welche Eigenschaften brauche ich, um mich in der Start-up-Welt durchzusetzen?**

Ich gebe dir fünf Tipps, wenn ich darf: Vertraue dir. Hab niemals Angst, zu scheitern. Ignoriere die Neinsager. Arbeite wie ein Schwein – und breche mal die eine oder andere Regel.

**Sollte man Ideen teilen? Oder lieber schützen, damit sie nicht geklaut werden?**

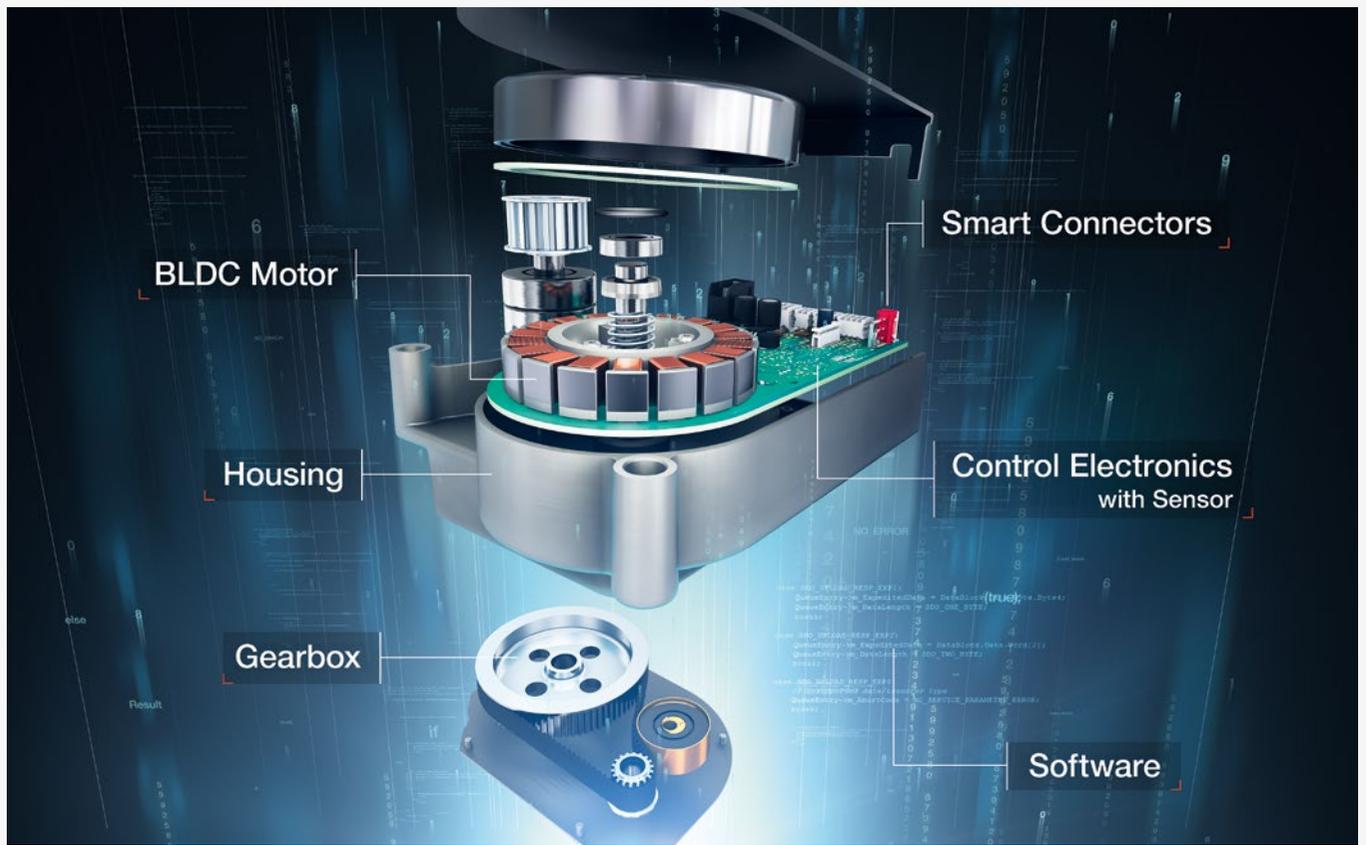
Immer mit anderen teilen. Immer. Das hat einen inspirierenden Charakter. Denn nur so erhältst du wertvolles Feedback und siehst dein Projekt aus einer anderen Perspektive. Und wenn du mit Leuten sprichst, kann es sein, dass du die Passion auf sie überträgst – und plötzlich hast du ein Team beisammen, das viel mehr erreicht als eine Person allein. Die Vernetzung von Gedanken ist enorm wichtig.

**Okay, ich gründe ein Unternehmen und scheitere komplett. Was tun?**

Aufstehen, analysieren und noch mal scheitern. Aber besser scheitern als sich davor scheuen. So lernst du dazu. Da muss jeder durch. Irgendwann stehst du auf, analysierst und scheiterst nicht mehr – sondern hast Erfolg.

**Wie kann man sich motivieren, um da durchzuhalten?**

Lange Durststrecken gibt es überall. Und genau in jenen Phasen trennt sich die Spreu vom Weizen. Diese Phasen trennen jene Unternehmer, die es wirklich wollen, von denen, die es nicht wirklich wollen. Überwindest du diese Durststrecke, gehst du gestärkt daraus hervor – als Unternehmer und als Mensch. Als Motivation genügt es, das zu wissen. ■■■



# Vom Motor zum Antriebssystem

Komplette mechatronische Antriebslösungen bieten viele Vorteile gegenüber einzelnen Komponenten. Doch um ans Ziel zu gelangen, müssen zuerst einige wichtige Fragen beantwortet werden.

**m**axon entwickelt sich immer stärker vom Komponenten- zum Systemlieferanten. Als Komponenten sind Motoren, Getriebe, Encoder sowie Controller zur Drehzahl- und Positionsregelung zu verstehen. Ein System dagegen ist hier eine komplette Antriebslösung, die als mechatronische Einheit und als Subsystem in einen grösseren Kontext eingebunden wird. Der Fokus liegt auf der zu erfüllenden Gesamtfunktion und nicht mehr auf den im Detail verwendeten Komponenten.

**Beispiel Hüftgelenk für einen Roboter**  
Ausgangslage ist eine kundenspezifisch angepasste Komponente, genauer ein Flachmotor. Zur besseren Kühlung ist der Rotor mit Löchern versehen. Zudem ist ein spezieller Kabelanschluss mit Stecker gefordert, um die vom Kunden beigestellte Motorsteuerung einzubinden. Die genaue Funktion des Motors und seine mechanischen und elektrischen Schnittstellen sind zunächst nicht bekannt. Erst intensivere Kontakte mit dem

Kunden ergeben, dass der Motor ein Roboter-gelenk über ein Getriebe antreibt. Hier bietet sich eine stärker integrierte Gesamtlösung an, denn es herrschen stark eingeschränkte Platzverhältnisse; die Montagesituation der bestehenden Lösung ist komplex, und mehrere Zusatzfunktionen werden benötigt.

**Mechanische Anforderungen**

- Kleine Drehzahlen und hohe Drehmomente verlangen eine Motor-Getriebe-Lösung
- Bewegungsumfang am Getriebeabgang ca. 120°
- Blockieren des Gelenks bei Stromausfall (Haltebremse)
- Möglichkeit, die Blockade zu lösen; System darf nicht selbsthemmend sein
- Kabeldurchführung für Leitungen, die durch die Hüfte gehen

**Elektrische und elektronische Anforderungen**

- Ansteuerung des bürstenlosen Motors (Kommutierung, Strom- und Drehzahlregelung)
- Kommunikation mit übergeordneter Steuerung
- Winkelsensor im Motor und am Getriebeabgang, Positionsinformation geht an übergeordnete Steuerung

All dies findet im Kontext eingeschränkter, vorgegebener Abmessungen und Gewichtsverhältnisse statt. Im Weiteren sind die Emissionen (Temperatur, Vibrationen, Geräusche) klein zu halten. Da der Antrieb batteriebetrieben ist, soll er möglichst energieeffizient arbeiten. Und natürlich sind die Kosten zu berücksichtigen.

Diese Anforderungsliste zeigt exemplarisch die Aspekte, die es bei einer integrierten Lösung zu beachten gilt und die nur mit intensivem und offenem Gedankenaustausch zwischen Kunde und Systemlieferant geklärt werden können.

**Systemabgrenzung**

Zunächst stellt sich die Frage, was alles zum System gehören soll. Wo sind sinnvolle Systemgrenzen anzusetzen unter Berücksichtigung der zu erreichenden Funktionalität?

Wie sieht die Systemumgebung, wie sehen die elektrischen und mechanischen Schnittstellen aus? Wie werden die Informationen ausgetauscht, und wie kommuniziert der Endbenutzer bei Gesamtsystemen?

**Sichtweisen auf Systeme**

Bei der Entwicklung von komplexeren Systemen sind meist Personen mit unterschiedlichen Sichtweisen und unterschiedlichem Wissenshintergrund beteiligt. Wie kann man die Kommunikation optimal gestalten, sodass alle dasselbe verstehen und dieselben Ziele verfolgen? Eine Black-Box-Betrachtung, wie skizziert, kann helfen. Sinnvoll ist auch eine Top-down-Herangehensweise, die sich nicht in Details verliert. Ein weiterer Aspekt, der



häufig bei Gesamtsystemen vernachlässigt wird: Wie können die Bedürfnisse des Endanwenders berücksichtigt werden?

**Systeme spezifizieren**

Der Auslöser für eine Systementwicklung kann wichtige Hinweise zur Formulierung des Zielkatalogs enthalten. Ist es eine Neuentwicklung? Geht es um die Verbesserung einer bestehenden Lösung? Warum ist die bestehende Lösung unbefriedigend? Grundlage einer Spezifikation ist immer eine Situationsanalyse: Worum geht es, und welche Ziele sollen erreicht werden? Wie sieht der Systemkontext aus? Wichtig ist, dass der Zielkatalog lösungsneutral formuliert wird. Zum Beispiel kann man sich im obigen Beispiel fragen, ob das Blockieren bei Stromausfall nur mittels Haltebremse erreicht werden kann oder vielleicht auch durch ein selbsthemmendes Getriebe.

**Lösungen**

Der Zielkatalog dient als Basis, um Lösungsvarianten zu erarbeiten, die dann auf ihre Tauglichkeit beurteilt werden. Mögliche Lösungen basieren häufig auf bestehenden Produkten. In diesem Zusammenhang sind die von maxon entwickelten Produktplattformen wichtig. Sie erlauben bei der Systementwicklung einen Rückgriff auf bestehende und erprobte Komponenten, die zudem rasch angepasst werden können. Dies verkleinert das Entwicklungsrisiko in technischer, zeitlicher und ökonomischer Hinsicht.

Systeme von maxon motor sind meist im mechatronischen Umfeld zu Hause. Sie verbinden mechanische und elektronische Komponenten: Mechanik, Aktuatoren, Sensoren, Controller. Dabei spielt Software eine immer wichtigere Rolle, zum Beispiel in Form von Controller-Firmware oder als Programm, das eine ganze Anlage steuert.

Bei der Beurteilung von Lösungsvarianten ist sicherzustellen, dass Gleiches mit Gleichem verglichen wird. Zum Beispiel sind für den Kunden die Kosten für ein Gesamtsystem im Vergleich zu den Kosten für individuelle Komponenten unter Berücksichtigung der Mehraufwände für Schnittstellen und Montage aufzurechnen.

**Ökonomische Randbedingungen**

Integraler Bestandteil der Situationsanalyse ist, ob und wann sich eine Neuentwicklung lohnt. Welche Stückzahlen sind in welcher Zeit zu erwarten? Dazu sind realistische Marktschätzungen nötig. Es muss geklärt werden, ob die Entwicklungs- und Werkzeugkosten auf den Produktpreis geschlagen oder separat als einmalige Fixkosten (NRE-Kosten/non recurring engineering costs) abgerechnet werden. Grundsätzlich kann eine Wirtschaftlichkeitsberechnung (NPV/net present value) als Basis zur ökonomischen Projektbeurteilung dienen. Weitere Kriterien sind aber auch der strategische Fit und eine Risikoabschätzung.

Neben den hier skizzierten Aspekten gilt grundsätzlich die Vorgehensweise, wie sie im Buch «Auslegung von hochpräzisen Kleinstantrieben» ausgeführt ist.

**Übrigens**

Die vorgeschlagene Lösung für das Roboter-Hüftgelenk besteht aus dem ursprünglich gewählten Flachmotor – allerdings mit integrierter elektronischer Ansteuerung (auf Basis eines maxon ESCON Controllers) und kombiniert mit einem Sondergetriebe. Motor- und Getriebepositionen werden über integrierte Encoder ermittelt. Die speziell konstruierte Haltebremse wirkt direkt auf den Rotor des Motors und ist im kompakten Gehäuse untergebracht. Für den Kunden vereinfacht und verkürzt sich die Montage erheblich gegenüber der vorherigen Lösung aus Einzelkomponenten.

**drive.tech**  
Mehr Fachberichte und Blogbeiträge von unseren maxon Experten finden Sie auf [www.drive.tech](http://www.drive.tech)

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



Fotos: maxon motor ag



# Bleib am Ball!

Sweaty, NimbRo und TRUDI haben vieles gemeinsam. Sie waren am internationalen RoboCup 2017 in Japan. Sie schossen Tore, übten sich in Katastropheneinsätzen. Und das alles mit maxon Motoren.

RoboCup 2017 Humanoid-AdultSize-Finale:  
NimbRo vs. Sweaty (auf Youtube).



Fussballroboter NimbRo aus Offenburg (Deutschland) holte in Japan den 1. Platz in der Adult-Size-Klasse.

**E**twas ungelenking steht NimbRo auf dem grünen Spielfeld, fokussiert den Fussball und schießt. Der Ball landet kurz vor dem Tor. Doch auch Sweaty hat den Ball fest im Blick, langsam tippelt er nach vorn, aber NimbRo kommt ihm zuvor, schlängelt sich an ihm vorbei. Sweaty fällt. Foul? Nein, das gibt's im Roboterfussball nicht. Aber Tore. Im Finale der Humanoid-Liga in der AdultSize-Klasse stehen sich zwei Roboter gegenüber. Sie müssen eine Körperhöhe von mindestens 1,30 Metern haben.

Im viertgrössten japanischen Industriezentrum Nagoya versammelten sich Ende Juli über 3000 Teilnehmer aus 42 Ländern zum RoboCup 2017. Dieser Wettkampf der Roboter begann vor 20 Jahren als Roboterfussball-Turnier und wird seither jährlich an wechselnden Orten auf der ganzen Welt ausgetragen. Und inzwischen treten die Roboter nicht nur auf dem Fussballfeld gegeneinander an. Seit einigen Jahren messen sich die Maschinen auch in der «Rescue Robot League». In einem simulierten Katastrophenszenario führen die Roboter Rettungseinsätze durch und werden anhand ihrer Leistungsfähigkeit bewertet.

### Roboter als Rettungshelfer

Als bestes europäisches Robotikteam hat sich das Team der Fachhochschule Kärnten «CUAS\_RRR» mit dem selbstentwickelten autonomen Rettungsroboter TRUDI (Third Robot for Urban Disaster Intervention) durchgesetzt. Von 20 teilnehmenden Teams



«Die Motoren funktionierten immer gut und wurden von uns auch extrem belastet», sagt Martin Sereinig, Research Engineer, FH Kärnten.

in der Kategorie «Rettungsroboter» holte es den 7. Platz. «Unser Rettungsroboter TRUDI punktete vor allem aufgrund seiner leichten und systemartigen Bauweise», verrät Robotik-Teammitglied Martin Sereinig.

Mehrere Motor-Getriebe-Encoder-Kombinationen von maxon sorgen dafür, dass sich der Roboter mit seinen Kettenantrieben vorwärtsbewegen kann. Der bürstenlose EC-4pole 30 ist mit seinen 200 Watt ein Powerpaket mit langer Lebensdauer. Der Kameraarm des Rettungsroboters wird ebenfalls über ein maxon Antriebssystem betrieben. Zudem nutzt das Team acht DEC 50/5 Module auf selbstgefertigten Platinen und vier Motorsteuerungen ESCON 70/10 für den Greifarm von TRUDI.

### Ein rein deutsches Finale

Von den Rettungsrobotern zurück zur Fussball-Liga. Zwei deutsche Hochschulen waren ganz vorne mit dabei. Die Universität Bonn mit NimbRo und die Hochschule Offenburg mit Sweaty traten im Finale der AdultSize-Klasse gegeneinander an. Und ein Roboter hatte eindeutig die Metallnase vorn. Der Weltmeistertitel ging nach Bonn. NimbRo besiegte Sweaty im Finale mit 11:1.

«Wir sind erstmals in dieser Klasse angetreten und haben dafür den Roboter NimbRO-OP2 neu konstruiert», erklärt Diplominformatiker Sven Behnke von der Uni Bonn. Das tragende Exoskelett des 135 cm grossen NimbRo habe man vollständig durch ein 3D-Druckverfahren gefertigt. Angetrieben wird der 18 Kilogramm schwere Roboter von 34 Dynamixel-MX-106-Aktuatoren der südkoreanischen Firma Robotis. Diese All-in-one-Antriebsmodule mit eingebauten Kontrollern verfügen über zahlreiche Feedback-Funktionen (Positionsbestimmung, Geschwindigkeit, Eingangsspannung, interne Temperatur), die über ein Netzwerk gesteuert werden. Die darin integrierten maxon DC-Motoren sind besonders leicht und haben ein hohes Drehmoment. «Wir verwenden seit mehr als zehn Jahren Dynamixel-Aktuatoren und haben bislang keine für unseren Anwendungsfall besser geeignete Lösung gefunden.»

### Gleichgewichtsprobleme

Doch auch der Vizeweltmeister Sweaty mit seinem Team kann stolz auf das Ergebnis sein.

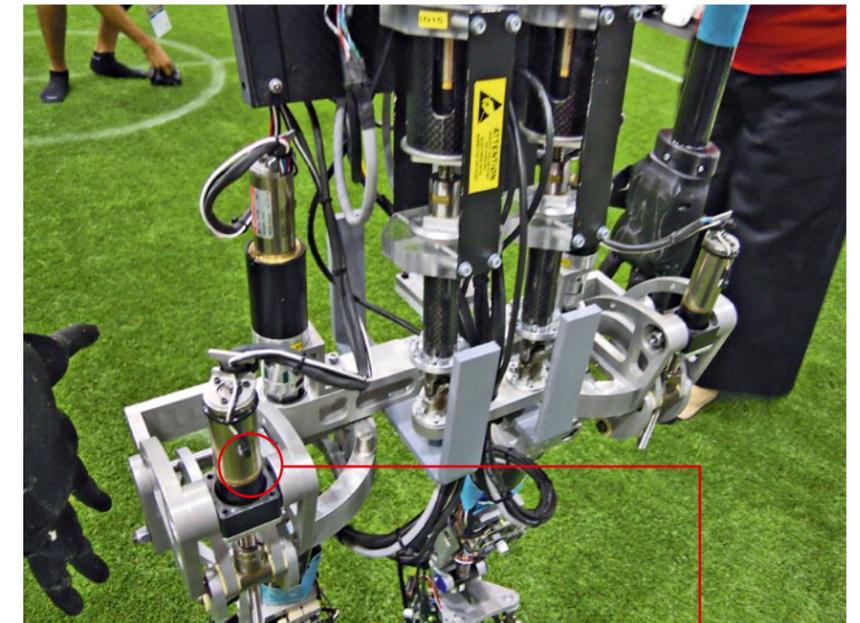


Der Roboter mit den hellblauen Augen und den übergrossen Füßen lief vollkommen autonom auf dem Spielfeld. Sweaty orientierte sich allein über die im Kopf verbaute Kamera. Bei der «Technical Challenge» hatte der Roboter in der Disziplin «Goal-Kick from Rolling Ball» am besten abgeschnitten. Kein anderer Roboter konnte so präzise wie er den rollenden Ball erkennen und zuverlässig ins Tor schießen.

Im finalen Zweikampf gegen NimbRo gab es jedoch ein paar Probleme. «Wir hatten Schwierigkeiten mit dem Netzwerk, das uns die Befehle des Schiedsrichters übermitteln sollte», so Projektleiter Prof. Dr. Ulrich Hochberg. Bei beiden Robotern lief immer ein Teammitglied mit, damit im Falle eines Sturzes die Roboter nicht zu Boden fielen. Sweaty verlor öfter mal die Balance und musste dann für eine kurze Zeitstrafe das Spielfeld verlassen. Da hatte der Gegner freies Spiel.

### Mehr Leistung durch Kühlung

24 maxon DC-Motoren sind im Roboter verbaut, davon werden 18 mit einem speziellen Motorkontroller überlastet. Bei zwei Stück ist zusätzlich eine Verdunstungskühlung für Motoren integriert. Diese ist notwendig, damit der Motor nicht überhitzt. Die Verdunstungskühlung ist vergleichbar mit dem Schwitzen



Sweaty ist mit 24 maxon DC-Motoren bestückt.



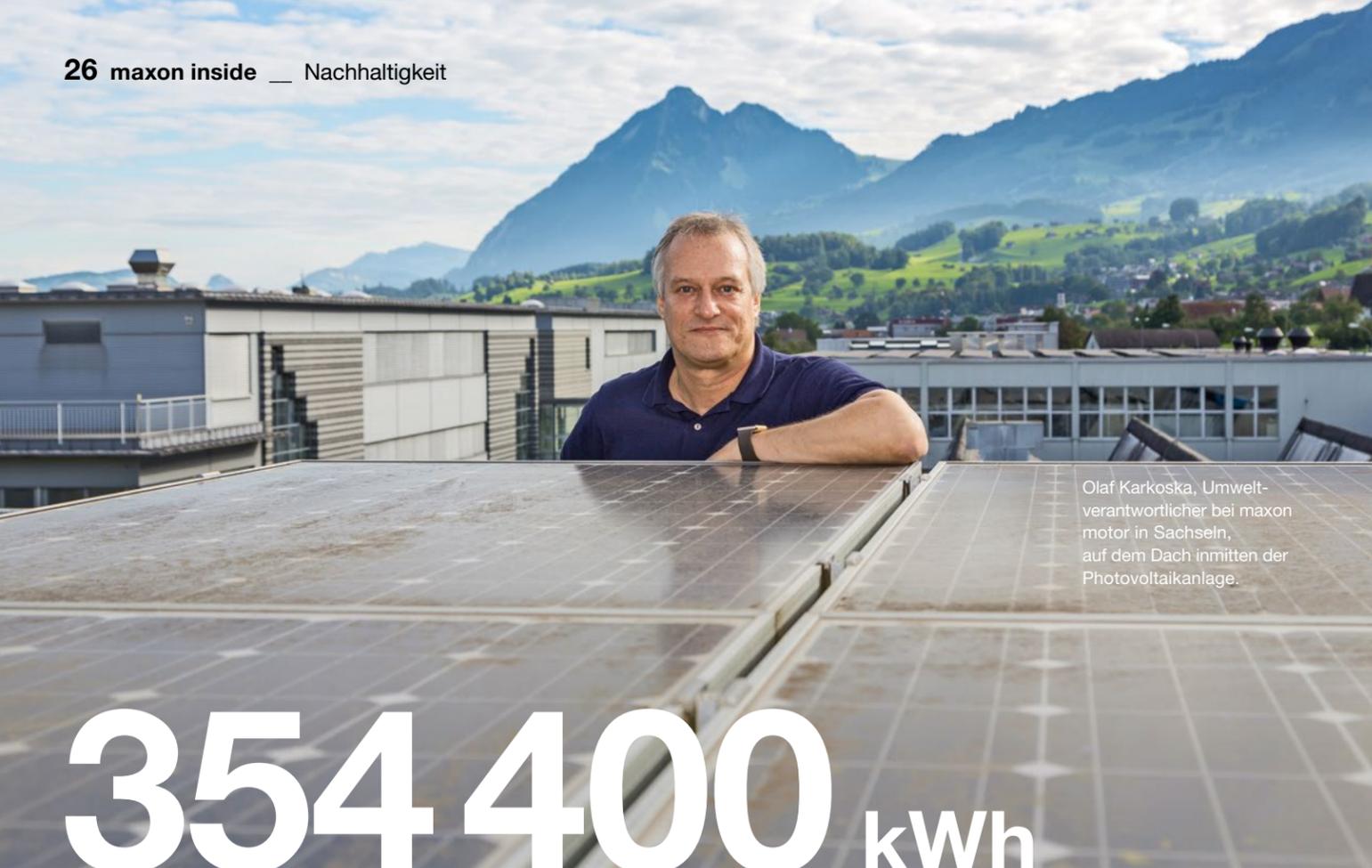
maxon EC-4pole 22  
Ø 22 mm, 90 W,  
bürstenlos

beim Menschen, daher stammt laut Hochberg auch der Name des Roboters. Allein in Sweatys Beinen sind jeweils sechs Motoren mit Planetengetriebe (maxon EC-4pole) verbaut. Die übrigen Antriebe kommen bei den Armen, bei Rücken, Schulter, Hüfte zum Einsatz. Ebenso verwendet das Team Dynamixel-Aktuatoren, beispielsweise für das Kopfnicken.

«Wir sind begeistert von den Motoren», sagt Hochberg. «Besonders überrascht hat uns, dass die Katalogwerte der Motoren so konservativ sind und dass man in Absprache mit maxon so viel mehr aus den Motoren herausholen kann.»

Ziel des RoboCups ist es übrigens, bis 2050 mit zweibeinigen Roboterkickern den amtierenden Fussballweltmeister zu schlagen. Noch scheint das utopisch. Denn bisher wirken die menschgrossen Roboter nur wenig elegant auf dem grünen Rasen. Und dennoch: In 30 Jahren kann viel passieren!

**drive.tech**  
Mehr über den RoboCup 2017  
erfahren Sie auf [www.drive.tech](http://www.drive.tech)



Olaf Karkoska, Umweltverantwortlicher bei maxon motor in Sachseln, auf dem Dach inmitten der Photovoltaikanlage.

354400 kWh  
durch Sonnenlicht



Fotos: maxon motor ag

Die globale Klimaproblematik verlangt von der Menschheit nachhaltiges Denken. Alle Unternehmen sind gefordert, umweltfreundliche Massnahmen umzusetzen. Auch maxon motor trägt seinen Teil dazu bei.

**A**us der Vogelperspektive glänzen die grossen Photovoltaikanlagen auf den Dächern des maxon motor Hauptsitzes im Sonnenlicht. Hier in Sachseln (Schweiz) als auch am Produktionsstandort in Deutschland sind Photovoltaikanlagen in Betrieb für eine umweltfreundliche Energiegewinnung. Der Bedarf in Sachseln wird komplett mit erneuerbaren Energien gedeckt. 92 Prozent mit Wasserkraft und 8 Prozent mit Photovoltaik, erklärt der Umweltverantwortliche Olaf Karkoska. Jeder Meter der Dächer wird genutzt, um nachhaltige Energie zu erzeugen und für Produktionszwecke zu verwenden. maxon tut dies im Rahmen seines Umweltmanagementsystems. 2016 wurden am Hauptsitz 354 400 kWh aus reiner Sonnenenergie gewonnen. Zum Vergleich: Der jährliche Stromverbrauch eines Standardhaushalts liegt bei etwa 3500 kWh.

#### LED statt Leuchtstoffröhren

Auch das gerade im Bau befindliche Innovation Center ([swissness.maxonmotor.com](http://swissness.maxonmotor.com)) bekommt Solarpanels aufs Dach – das sind zusätzlich 180 000 kWh jährlich. maxon benötigte vergangenes Jahr am Hauptstandort 4,5 GWh Strom, das entspricht ca. 5000 Glühbirnen, die 365 Tage nonstop leuchten. Apropos Leuchtmittel – Leuchtstoffröhren werden bei maxon stetig durch LED-Technologie ausgetauscht, um eine weitere Reduzierung des Energieverbrauchs zu erreichen.

Die Solaranlagen fügen sich in eine lange Reihe von Massnahmen ein, die innerhalb der maxon Gruppe konsequent umgesetzt werden. Dazu zählt unter anderem die Verwendung von Grundwasserfassungen, über die ein Grossteil der benötigten Energie für Heizung, Kühlung und Lüftung gewonnen wird. Gleichzeitig nutzt maxon motor Prozess- und Abluftwärme. Nicht nur mit erneu-

erbarer Energie können umweltschädigende Emissionen reduziert werden. Auch durch die Verwendung von umweltgerechteren Reinigungsmitteln und -anlagen ist dies möglich. Chemikalien werden nach Möglichkeit an allen Produktionsstandorten durch umweltverträglichere Mittel ersetzt.

#### Engagement im Klimaschutz

Gemäss dem maxon Umweltgedanken «Unsere Umwelt ist unsere Lebensgrundlage – sorgen wir dafür, dass das so bleibt» denkt maxon an die Zukunft und engagiert sich im Klimaschutz. Zusammen mit der Non-Profit-Organisation myclimate, einem Anbieter für CO<sub>2</sub>-Kompensationen, investiert maxon in ein Klimaschutzprojekt in Indonesien.

«Ein wichtiges Ziel ist es, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, und das an allen maxon Standorten», sagt Olaf Karkoska. Dazu gehört natürlich auch, dass Schulungen für neue Mitarbeiter durchgeführt werden. «Denn jeder Mitarbeiter muss seinen Beitrag zum respektvollen Umgang mit unseren Ressourcen leisten. Und das fängt schon beim Papierverbrauch an.»

#### 27 Tonnen Holz

Im Zeitalter des vermeintlich papierlosen Büros sollte der Papierverbrauch abnehmen. Gemäss Karkoska ist der Papierverbrauch am maxon Hauptsitz und auch in Deutschland und Ungarn in den letzten Jahren nur leicht gesunken. 2016 verbrauchte maxon in Sachseln 3 Millionen Blatt A4-Papier. Das entspricht einer Masse von 12 Tonnen oder der Fläche von 24 Fussballfeldern. «Wir sollten uns vor Augen führen, was für die Herstellung dieser Papiermasse benötigt wird. 27 Tonnen Holz, 487 000 Liter Wasser, ein Gesamtenergieaufwand von 101 250 kWh. Das entspricht einer Autofahrt von 120 000 km.» Ziel von maxon ist es deshalb, den Verbrauch von Papier und anderen Ressourcen zu reduzieren und gleichzeitig mehr Abfall richtig zu trennen und zu recyceln.

Karkoska: «Wir suchen jeden Tag von Neuem nach Möglichkeiten, wo und wie wir uns verbessern können, um die Umwelt zu entlasten. Das ist nicht nur für den Standort hier in der Schweiz wichtig, sondern weltweit!»

Auf einen Blick

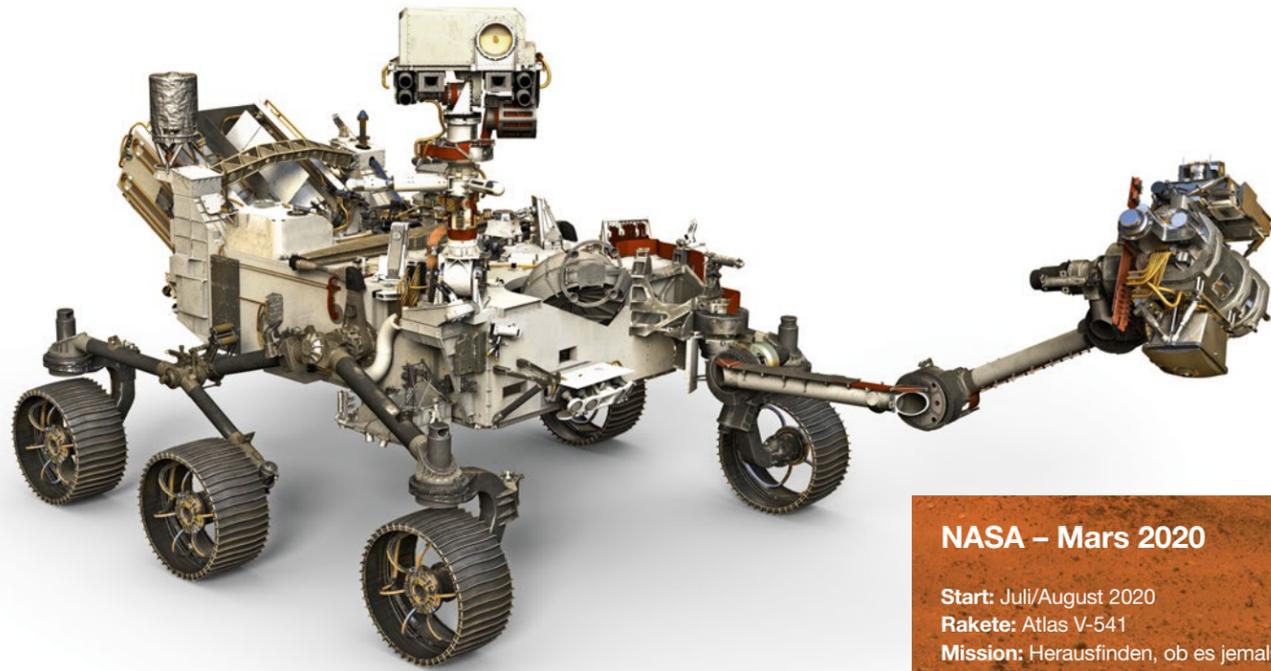
#### Verbrauch von maxon motor 2016

Papier: 3 Mio. Blatt (A4)  
Elektrizität: 4,49 GWh  
Frischwasser: 12,59 Mio. Liter  
Kupferrecycling: 3,8 Tonnen

Seit 2005 besitzt maxon motor eine eigene S-Bahn-Haltestelle.

# Ein Duo auf dem Weg zum Mars

Die NASA will 2020 ihren fünften Rover auf den Mars senden. Gleichzeitig soll das erste Gefährt der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) auf dem Roten Planeten landen. Wir zeigen die Merkmale und Unterschiede der beiden Hightech-Rover.



## NASA – Mars 2020

**Start:** Juli/August 2020  
**Rakete:** Atlas V-541  
**Mission:** Herausfinden, ob es jemals Leben auf dem Mars gegeben hat. Bodenproben entnehmen und in Behältern verschliessen, die später eingesammelt und auf die Erde zurückgebracht werden könnten.

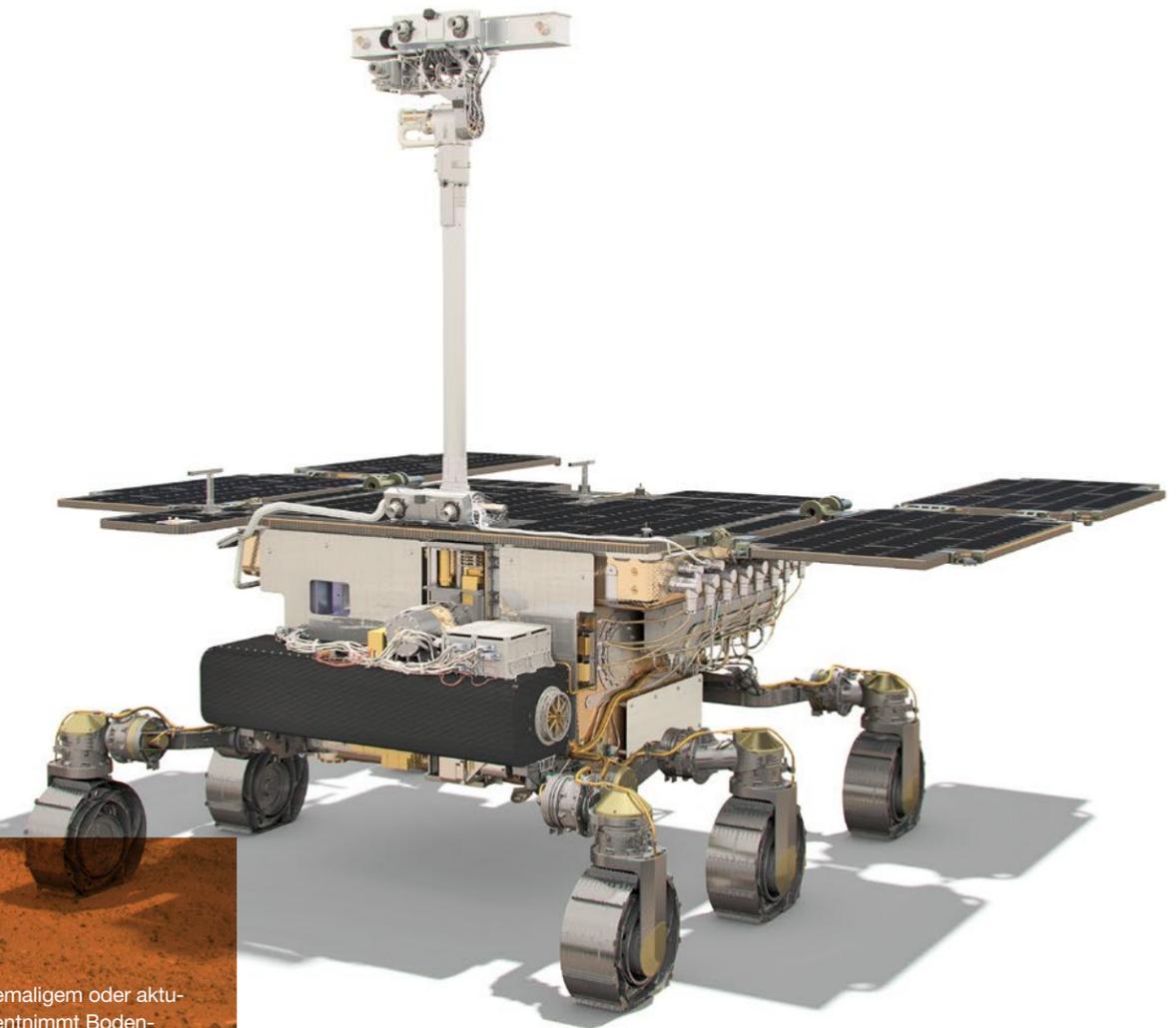
**Kosten:** 2,1 Mia. Dollar  
**maxon Antriebe:** Neun bürstenlose DC-Motoren (für die Handhabung der Bodenproben) EC 32 flat und EC 20 flat mit Planetengetrieben, alles gemeinsam mit NASA/JPL spezifisch optimiert für die Marsmission

Fotos: NASA/JPL, ESA

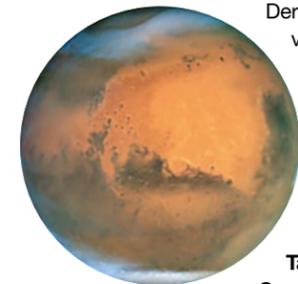
## ESA – ExoMars

**Start:** Juli/August 2020  
**Rakete:** Proton  
**Mission:** Suche nach ehemaligem oder aktuellem Leben. Ein Bohrer entnimmt Bodenproben aus zwei Metern Tiefe. Der Rover analysiert die Proben vor Ort mit Messinstrumenten.

**Kosten:** 1,8 Mia. Dollar (inkl. Vormission von 2016)  
**maxon Antriebe:** Mehr als 50 Aktuatoren vom Radantrieb über die Probenverteilung bis zur Kamerabewegung in 17 verschiedenen Konfigurationen aus bürstenbehafteten oder -losen DC-Motoren (u.a. DCX 10, DCX 22 oder EC 40) in Kombination mit Getrieben (u.a. GP 22 HD), Bremsen und Encodern



## Mars



Der Mars ist der vierte Planet von der Sonne aus gesehen und zählt zu den erdähnlichen Planeten.

**Durchschnittstemperatur:** -55°C  
**Durchmesser:** 6779 km  
**Umlaufzeit:** 687 Tage  
**Tageslänge:** 1 d 0 h 40 m  
**Gravitation:** 38 Prozent gegenüber der Erde

# Der Bio-Express von Lausanne

Die Biker von «Plateforme Bio Lokal» liefern frisches Bio-Gemüse  
an Restaurants und Bars – schnell und emissionsfrei.  
Und sie schrecken selbst vor 200 Kilogramm Kartoffeln nicht zurück.



Ohne Muskelkraft geht's nicht. Elektromotor hin oder her. Das sieht man Charles-Louis Mourruau an, als er die steile Strasse hochfährt, mitten durch die grünen Rebberge, den Genfersee im Rücken. Er atmet tief aus und grinst. «Das ging doch ganz flott, oder?» Für ihn sind solche Aufstiege kein Problem. Täglich überwindet er Dutzende davon auf seinen Touren mit dem Transportbike und legt dabei oft 80 Kilometer und mehr zurück. Lausanne ist eine hügelige Stadt. Und das Bike schwer beladen – meist mit Bio-Gemüse aus der Region, das frisch an Restaurants, Bars und Hotels geliefert wird. Aber Charles-Louis ist fit und sein Bike mit einem kräftigen Heckmotor ausgestattet. So schafft er es, die vielen Kunden zeitgerecht mit ihren Bestellungen zu versorgen.

Auch die P'tit Bar, ein kleines Café mitten in Lausanne, setzt auf Bio-Lebensmittel aus der Region, die emissionsfrei geliefert werden. Besitzerin Murielle und ihre Mitarbeiterin nehmen die Lieferung von Charles-Louis mit einem Lächeln entgegen. Er aber schwingt sich gleich wieder auf den Sattel und fährt zurück zum Sitz seiner kleinen Firma «Plateforme Bio Lokal», etwas ausserhalb der Stadt. Dort wartet bereits die nächste Lieferung. Und der Tag ist lang.

### Lange Arbeitstage

Hansjörg Haas ist ein Idealist. Und ja, mit «Plateforme Bio Lokal» möchte er die Welt ein wenig verbessern. «Ich zeige den Leuten, wie es gehen könnte.» Die Idee für den Bio-Lieferdienst hatte er 2013. Damals war er in einem anderen Projekt involviert, als ihn ein Küchenchef fragte, ob er auch frisches Obst liefern könnte. Daraus entstand schliesslich sein Unternehmen. «Unsere Werte sind: lokal, bio, saisonal und emissionsfrei, das sind die vier Blätter unseres Kleeblatt-Logos», sagt Hansjörg Haas. «Wir liefern Obst, Gemüse, aber auch Mehl und Milch, beziehen praktisch alles aus einem Netzwerk von lokalen Bio-Bauern und bringen die Ware mit unseren Elektro-Transportbikes direkt vor die Türe. Sozusagen vom Feld auf den Teller.» Oft wird das Gemüse roh geliefert, immer mehr auch in der eigenen Küche vorbereitet, damit der Kunde nur noch die letzten Kochschritte durchführen muss. Und das Angebot stösst auf Anklang. Die Kundenliste wird immer länger und damit auch die Arbeitstage. 13 bis

Charles-Louis Mourruau von «Plateforme Bio Lokal» belädt sein Transportbike mit frischem Gemüse.



14 Stunden können es durchaus mal werden für die beiden Chefs Hansjörg und Charles-Louis. Letzterer sagt: «Solange ich die Hälfte des Tages auf dem Bike unterwegs bin, stört mich das nicht.» Zudem herrsche eine super Stimmung im Team, das aus etwa sechs Personen besteht. «Wir kennen uns schon lange und sind gute Freunde.»

### «Der perfekte Motor für Lastbikes»

Das Prinzip von «Plateforme Bio Lokal» soll weiter ausgebaut werden. Genf ist bereits als zweiter Standort gesetzt, weitere Städte kommen hinzu. Hansjörg Haas jedenfalls will das ganze Land mit dem umweltfreundlichen Lieferdienst bedienen. «Das Bedürfnis nach nachhaltigen Lebensmitteln steigt. Gleichzeitig sind die Strassen mit Autos verstopft. Cargobikes sind deshalb die Transportmittel der Zukunft.» Vorausgesetzt, sie sind mit den richtigen Elektromotoren ausgestattet. Charles-Louis sagt: «Wir haben über die Jahre mehrere Bikeantriebe verwendet und waren nie zufrieden, bis wir den maxon Bikedrive entdeckt haben. Er hat Kraft, ist energiesparend, robust und schnell eingebaut – ohne grossen Schnickschnack. Motor, Batterie und Powergrip, aufs Wesentliche reduziert.» Aus seiner Sicht ist es der perfekte Motor für Lastbikes. «Wir transportieren oft Kisten, die über 100 Kilogramm schwer sind.» Und Hansjörg ergänzt: «Ich habe sogar schon einmal 200 Kilogramm Kartoffeln beim Bauern geholt und ins Depot gebracht. Ohne Probleme.» Hinzu kommt, dass der Heckmotor ein Schweizer Produkt ist. «Das passt hervorragend zu unserer lokalen Denkweise.» Fünf Cargobikes sind bereits mit dem Bikedrive ausgestattet. Und falls die Vision von Hansjörg Haas Wirklichkeit wird, sind bald schon hunderte dieser Bikes unterwegs – mit frischem Gemüse im Gepäck. ■



Der maxon Bikedrive-Heckmotor wiegt nur drei Kilogramm. Er lässt sich in praktisch jedes Fahrrad einbauen – auch in Lastbikes.

Mehr Informationen:  
[plateformebio.ch](http://plateformebio.ch)  
[maxonbikedrive.com](http://maxonbikedrive.com)



Nur 20 Minuten später erhält ein kleines Café mitten in Lausanne die Lieferung.



# Landen wie ein Insekt

Hubschrauber sind Meister der Lüfte und können ohne Landebahn aufsetzen. In steilem oder unebenem Gelände stossen sie aber an ihre Grenzen. Das wollen angehende Ingenieure jetzt ändern.

**S**o agil und unabhängig Hubschrauber in der Luft auch sind, bei der Landung sind sie eher eingeschränkt. Der Boden muss eben sein, sonst droht der Hubschrauber mit seinem starren Landegerüst zu kippen.

## Ziel: 20 Grad Hangneigung

Ein neuer Denkansatz könnte dieses Problem lösen. Eine Gruppe von 12 Ingenieurstudenten hat ein adaptives Landesystem für Hubschrauber entwickelt. Es besteht aus vier einzeln ansteuerbaren Beinen, die sich autonom dem Untergrund anpassen – ohne Eingreifen des Piloten. Damit soll eine sichere Landung jederzeit möglich sein.

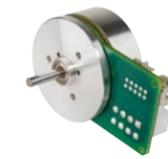
Das Projektteam besteht aus angehenden Maschinen- und Elektroingenieuren der ETH Zürich, die Unterstützung erhalten durch

Systemtechnik-Studierende der ZHAW Winterthur. Gemeinsam haben sie im letzten Jahr einen Prototyp des Landesystems gebaut und dafür ein Hubschraubermodell mit einem Rotordurchmesser von 3,2 Metern und einem Leergewicht von 50 Kilogramm verwendet. An das Modell montierten die Ingenieure vier Beine. Mit diesen sollen Unebenheiten am Boden ohne Probleme ausgeglichen werden.

Das Team will Landungen an Hängen ermöglichen, die bis zu 20 Grad Neigung aufweisen. Auch einzelne Hindernisse bis 50 Zentimeter Höhe sollen kein Problem darstellen.

## Flachmotoren als perfekte Lösung

Das Fokus-Projekt der ETH Zürich ist Teil des maxon Young Engineers Program (YEP)



maxon EC 45 flat  
Ø 45 mm, 30 W,  
bürstenlos

und wird von maxon motor mit vergünstigten Antriebssystemen unterstützt. Pro Landebein verwenden die Ingenieure einen bürstenlosen Flachmotor EC flat, um ein Kugelgewindeträge anzutreiben. «Die Flachmotoren sind wegen ihrer Form perfekt geeignet, um in unseren Antriebsstrang verbaut zu werden, da wir nur eine beschränkte Baulänge zur Verfügung haben», sagt ein Teammitglied. Für die Ansteuerung der Antriebe nutzen die jungen Ingenieure Positioniersteuerungen der EPOS2-Reihe. Damit soll unter anderem die Kraft geregelt werden, die von den Beinen auf den Boden wirkt.

Mit ihrem Landesystem wollen die Studierenden das Anwendungsgebiet von Hubschraubern erweitern. Als Beispiel nennen sie die Personenrettung im Gebirge. Dafür muss meistens die Seilwinde verwendet werden, weil der Hubschrauber nicht landen kann. Das benötigt zusätzlich Zeit und ist riskant. Mit dem adaptiven Landesystem sollen solche Situationen seltener werden. Doch ob und wann es in bemannten Hubschraubern zum Einsatz kommt, ist unklar. Die Ingenieure jedenfalls sind mit dem Resultat ihrer Entwicklung zufrieden. «Wir konnten die Funktionalität aufzeigen und schätzen das Konzept als vielversprechend ein.» Nun soll das Prinzip einigen Hubschrauber-Unternehmen präsentiert werden. Unabhängig davon arbeitet die ETH Zürich in Form von Semester- und Masterarbeiten weiter am innovativen Landesystem. ■

Mehr Informationen zum Atlas-Projekt:  
[www.athlas.ethz.ch](http://www.athlas.ethz.ch)

**drive.tech**

Mehr Projekte des Young Engineers Program finden Sie auf [www.drive.tech](http://www.drive.tech)

Die ETH-Studierenden testen das Hubschrauber-Landesystem auf einer Wiese.





## Die Natur als Vorbild

Autor: Roland Siegwart

Roland Siegwart (1959) ist seit 2006 Professor für autonome mobile Roboter an der ETH Zürich und Co-Direktor des Wyss Translational Center Zurich (WTZ). Er studierte Maschinenbauingenieurwesen an der ETH Zürich, gründete ein Spin-off-Unternehmen, war zehn Jahre Professor an der EPF Lausanne, Vizepräsident der ETH Zürich und Gast an der Stanford University und am Forschungsinstitut NASA Ames.

In den letzten 30 Jahren haben **Industrieroboter** die Produktivität und Qualität in der Massenproduktion enorm gesteigert und gleichzeitig die Produktionskosten reduziert. Seit 2005 hat sich die jährlich installierte Anzahl der Industrieroboter mehr als verdoppelt auf über 250 000 im Jahr 2015.<sup>1</sup>

Die nächste Evolution oder vielleicht sogar Revolution in der Robotik kommt aber von den Servicerobotern, die uns ausserhalb der geschützten Produktionshallen im Arbeitsumfeld oder zu Hause unterstützen. Serviceroboter, die mit uns in unserem täglichen Umfeld zusammenarbeiten, benötigen aber noch viel weitergehende Kompetenzen. Im

Gegensatz zu Industrierobotern steht nicht die absolute Präzision in der Bewegung im Vordergrund, sondern das Verständnis von Umgebung und Situationen, die Lokalisierung in unserem sehr komplexen Umfeld sowie eine nachgiebige Interaktion mit Objekten und Menschen. Das bedeutet: Serviceroboter müssen «menschlicher» als Industrieroboter sein, ohne aber zwingend wie Menschen auszusehen. Daher macht es bei Servicerobotern durchaus Sinn, sich an der Natur zu orientieren und die Konzepte von Menschen und Tieren als Inspirationsquelle zu nutzen.

Unser **Bewegungsapparat** besteht aus Gelenken, Muskeln und Sehnen. Im Gegensatz

zu heute üblichen Gelenken von Robotern, die über ein Getriebe starr angekoppelt sind, haben wir Menschen über die Sehnen eine elastische Ankopplung. Sie befähigt uns, Energie zu speichern und unser Skelett vor harten Stössen zu schützen. Zudem ermöglicht sie eine kraftgeregelte Interaktion mit der Umgebung. Inspiriert vom natürlichen Bewegungsapparat lassen sich sogenannte «Serial Elastic Actuators (SEA)» bauen, die nach dem Motor und Getriebe ein Federelement haben. Diese Feder schützt das Getriebe vor Stössen, lässt eine sehr genaue Messung der Interaktionskräfte zu und ermöglicht ein höchst effizientes Laufen mit bis zu 70 Prozent Energieeinsparung. Solche SEA-Antriebe sind zum Beispiel im ETH-Roboter ANYmal verbaut, der von der Firma ANYbotics verkauft wird.

Auch bezüglich **Wahrnehmung** kommen künstliche Systeme der Natur immer näher. Dank der rasanten Entwicklung von Kameras, «Inertial Measurement Units (IMU)» und Mikroprozessoren, die in Smartphones eingesetzt werden, ist es Robotern heute möglich, ähnlich wie Menschen zu navigieren. Dazu werden, wie wir Menschen das tun, die Bilddaten mit den Messungen der Beschleunigungen und Drehgeschwindigkeiten der IMU kombiniert. Die IMU, analog zum menschlichen Gleichgewichtsorgan im Ohr, ermöglichen eine sehr schnelle Bewegungsschätzung, die aber wegen der fehlenden Referenz zur Umwelt langsam wegdriiftet. Der Drift kann aber über eine Datenfusion mit den Bilddaten kompensiert werden und ermöglicht so eine exakte Lokalisierung und 3D-Rekonstruktion der Umwelt (siehe Bild).

Auch für die Lernfähigkeit von Robotern wird die Natur oft als Inspirationsquelle genutzt. Neuronale Netzwerke, eine primitive Nachbildung des menschlichen Hirns, die in den 1980er- und 1990er-Jahren einen ersten Hype erlebten, zeigen heute dank enorm gesteigener Rechenleistungen erfolgversprechende Resultate in der Segmentierung und Klassifikation von Daten (z.B. Bilder) und beim Lernen von Bewegungsabläufen und Charakteristiken. Diese Ansätze, die heute unter dem Namen «Deep Learning» wieder an Popularität gewonnen haben, helfen

Robotern, komplexe Situationen zu analysieren und Abläufe selbst zu lernen. Trotzdem ist die Forschung noch sehr weit weg von den Fähigkeiten von Tieren und Menschen.

All diese neuen Technologien in der Robotik haben zwar zu grossen Fortschritten in der Servicerobotik geführt, zeigen aber auch immer wieder die Grenzen des Machbaren auf. Als Robotikforscher bekommt man daher auch eine grosse Ehrfurcht vor den faszinierenden Fähigkeiten der Tiere und Menschen, die zumindest aus heutiger Sicht durch künstliche Systeme kaum je erreichbar sein werden.

<sup>1</sup> <http://worldrobotics.org>



ANYmal, Robotic Systems Lab, ETH Zürich



3D-Rekonstruktion der Umgebung durch Flugroboter in Echtzeit, Autonomous Systems Lab, ETH Zürich

Fotos: ETH Zürich



Dem Motor auf der Spur

# Welche maxon Motoren sorgen bei «Paul» für das Heben und Senken des Brustkorbs?

Einfach Artikel lesen und Antwort per E-Mail senden an [driven@maxonmotor.com](mailto:driven@maxonmotor.com)

**Zu gewinnen gibt es eine kultige Polaroid-600-Sofortbildkamera aus den 1980er-Jahren – professionell aufbereitet. Inklusive dreier Filme.**

Teilnahmeschluss ist der 30. Januar 2018. Mitarbeitende von maxon motor sind von der Teilnahme ausgeschlossen. Über den Wettbewerb wird keine Korrespondenz geführt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



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

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

## Impressum

**Herausgeber:** maxon motor ag  
**Redaktion:** Stefan Roschi, Anja Schütz  
**Copyright:** © 2017 by maxon motor ag, Sachseln. Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung.

**Realisation:** Infel Corporate Media  
**Projektleitung und Redaktion:** Bärbel Jördens  
**Gestaltung:** Peter Kruppa (Art Director)  
**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](http://magazin.maxonmotor.ch)



Einfach, schnell, clever.

# shop.maxonmotor.com

Der Online Shop für Antriebssysteme.



Foto: SIMCharacters

**maxon motor**

driven by precision

[www.drive.tech](http://www.drive.tech) by maxon motor

# Best of drive technology.



More than 100 stories and expert blogs  
on drive technology: [www.drive.tech](http://www.drive.tech)