

# DRIVEN

by  
maxon



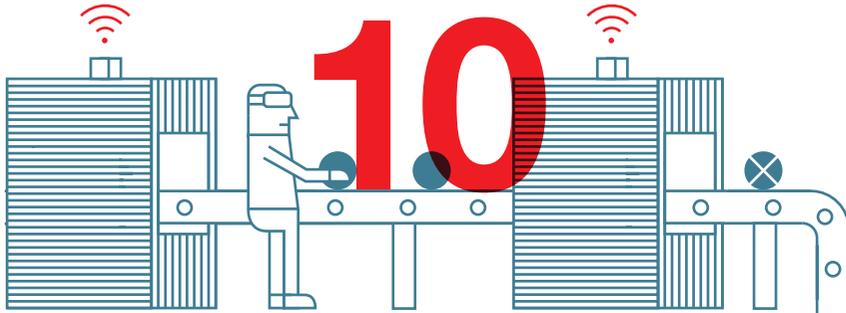
## Denk Fabrik

— Auf dem Weg in ein  
neues Industrie-Zeitalter. S.10

— So baut man ein Exoskelett  
für den Cybathlon. S.30

**Fokus \_\_Smart Factory**

Das steckt hinter den Begriffen rund um Industrie 4.0.



10



**Fokus \_\_Klare Kommunikation**

WLAN hält Einzug in den Fabriken.



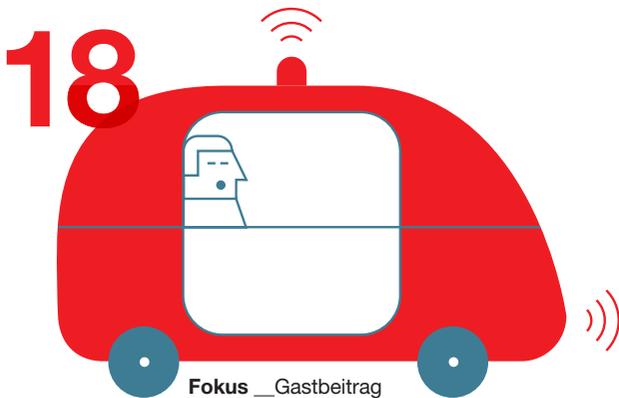
16

**Fokus \_\_Digitale Zukunft bei maxon**  
Automatisierung ist wichtig, aber nicht immer zwingend.



24

**Innovation \_\_YEP-Bericht**  
Intelligente Kamerasysteme sorgen für neue Fernseherlebnisse.



**Fokus \_\_Gastbeitrag**

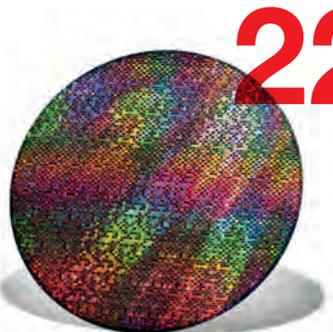
Thomas Ramge über die Gründe, wieso selbstfahrende Autos noch nicht Realität sind.



28

**IDX-Interview**

Was steckt hinter dem neuen Kompaktantrieb von maxon?



22

**Fokus \_\_Pinlifter**

Für die Verarbeitung von Wafern im Vakuum sind Systeme mit höchster Präzision gefragt.

**Impressum**

**Herausgeber:** maxon Group  
**Redaktion:** Stefan Roschi, Adrian Venetz  
**Realisation:** Intel AG  
**Projektleitung:** Bärbel Jördens  
**Gestaltung:** Angélique El Morabit  
**Korrektorat:** Franz Scherer  
**Druck:** Druckerei Odermatt AG  
**Erscheinungsweise:** 2-mal pro Jahr  
**Sprachen:** Deutsch, Englisch, Chinesisch  
**Auflage:** 10500 (dt.), 7500 (engl.), 2000 (chin.)

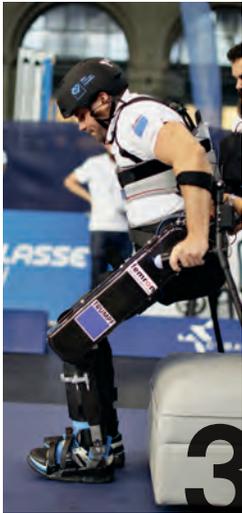
**Copyright:** © 2019 by maxon Group, Sachseln. Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung.

**driven online:** magazin.maxongroup.ch

Folgen Sie uns



Mehr spannende News, Storys und Fachberichte finden Sie auf unserem Blog: [www.drive.tech](http://www.drive.tech)



**Special** \_Cybathlon

Damit gelähmte Menschen wieder gehen können, braucht es mehr als ein funktionierendes Exoskelett.

30



Eugen Elmiger,  
CEO maxon Group

## Auf dem Weg zur Fabrik der Zukunft

Wenn der Kühlschrank mit dem Fernseher und dem Handy kommuniziert, dann ist die Digitalisierung definitiv in unseren Häusern angekommen. Aber wie steht es bei den Unternehmen? Wie werden Industrie 4.0, das Internet der Dinge und künstliche Intelligenz die Zusammenarbeit mit unseren Kunden verändern? Welche Services werden wir künftig anbieten? Wird es noch Menschen in den Fabriken geben? Diesen spannenden Fragen widmet sich die aktuelle Ausgabe von *driven*, die Sie gerade in den Händen halten. Erfahren Sie, was hinter den Begriffen rund um die smarte Fabrik steckt und warum einige Technologien länger als erhofft auf sich warten lassen.

Weiter erfahren Sie in dieser Ausgabe, wie sich ein Exoskelett-Team auf den Cybathlon vorbereitet. Und wir stellen Ihnen unsere Keramikabteilung näher vor. Darüber hinaus gibt es den zweiten Teil des ausführlichen Fachartikels zum Thema Induktivität in eisenbehafteten Gleichstrommotoren.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.



37

**maxon inside** \_Keramik

Wenn alle anderen Materialien versagen.



33

**Expertise**

2. Teil der Serie: Bürstenlose Motoren mit genuteter Wicklung.



**Innovation** \_Löschroboter

Ein Löschroboter hat in der Kathedrale Notre-Dame Schlimmeres verhindert.

40

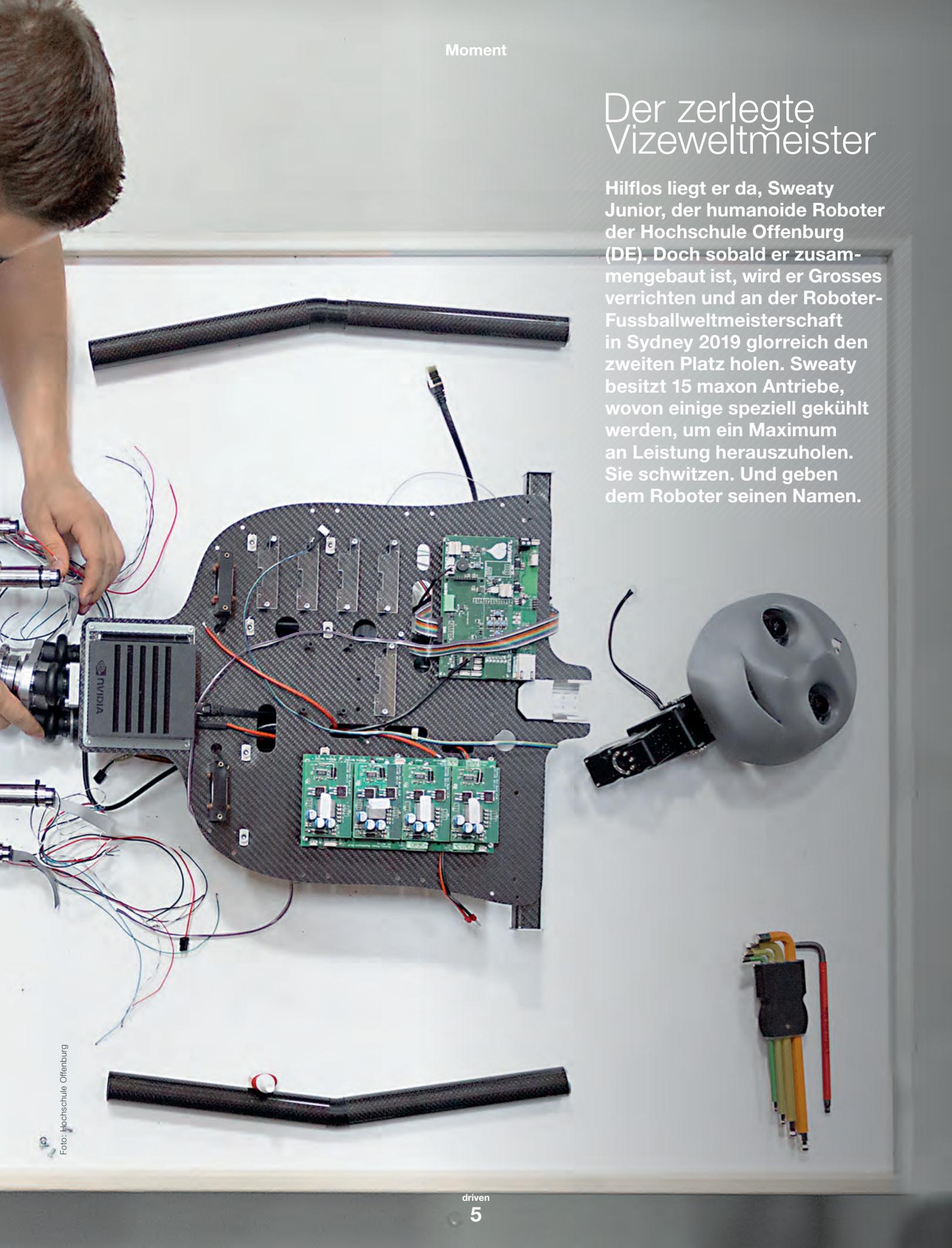
43

**Wettbewerb**  
Mitmachen und gewinnen



# Der zerlegte Vizeweltmeister

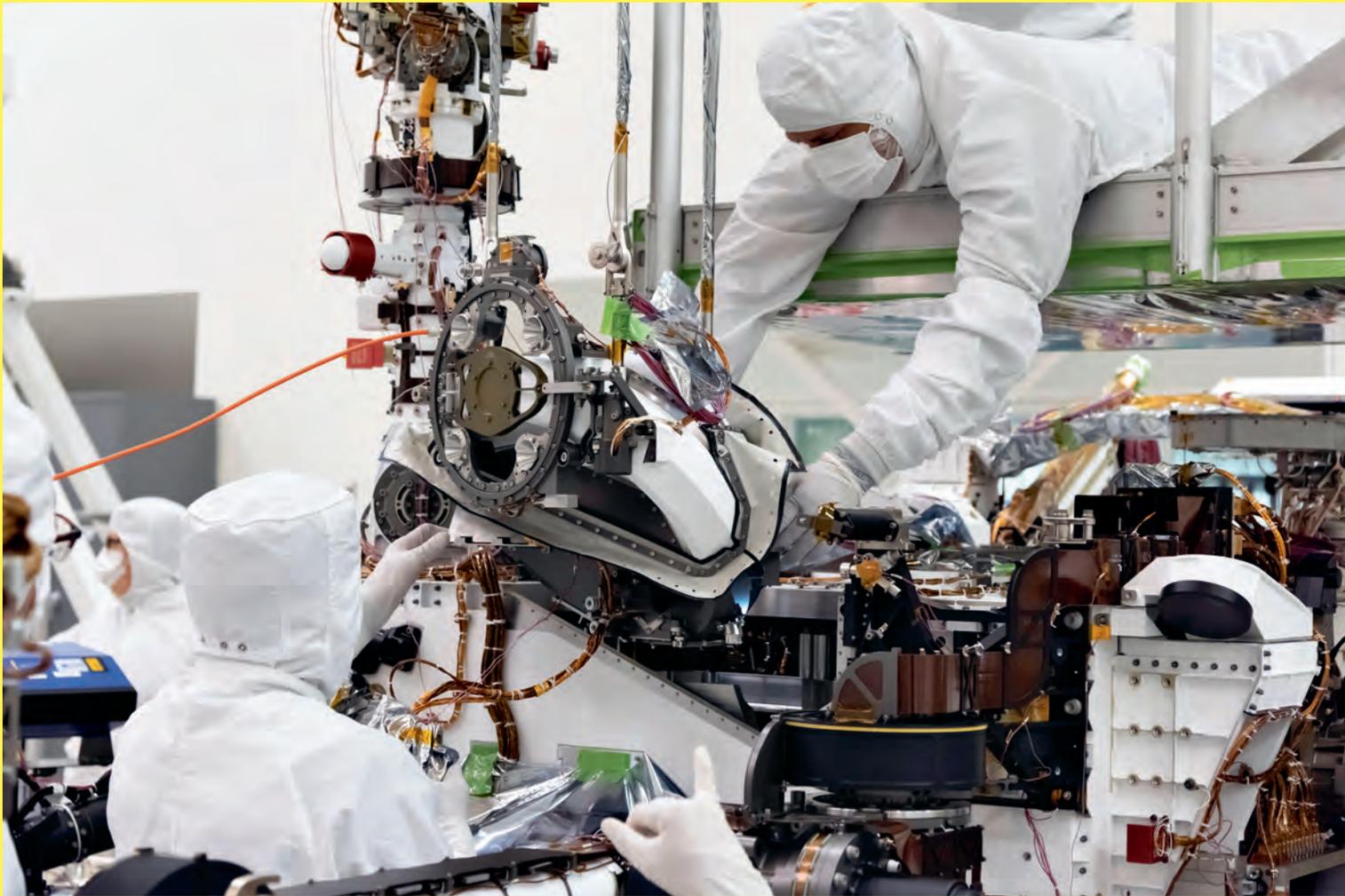
Hilflos liegt er da, Sweaty Junior, der humanoide Roboter der Hochschule Offenburg (DE). Doch sobald er zusammengebaut ist, wird er Grosses verrichten und an der Roboter-Fussballweltmeisterschaft in Sydney 2019 glorreich den zweiten Platz holen. Sweaty besitzt 15 maxon Antriebe, wovon einige speziell gekühlt werden, um ein Maximum an Leistung herauszuholen. Sie schwitzen. Und geben dem Roboter seinen Namen.



UPDATE

# MARSTICKER

maxon und Mars sind eng miteinander verbunden. Mehr als 100 Antriebe waren bereits auf dem Roten Planeten im Einsatz – und es werden immer mehr. Hier ein kurzer Überblick über den Stand der verschiedenen aktiven und geplanten Missionen mit maxon Beteiligung.



## Mars2020

Der Nachfolge-Rover von «Curiosity» hat ein paar Updates erhalten – unter anderem bessere Räder und vor allem einen Bohrkopf, um Bodenproben zu nehmen. Die Proben werden dann im Innern des Rovers mit einem Mini-Roboterarm (ausgestattet mit *maxon Flachmotoren*) zur Inspektion und Versiegelung geführt, später irgendwo platziert, sodass sie von einer nächsten Mission aufgepickt und zur Erde gebracht werden können. Die NASA hat den Rover, für den noch ein Name gesucht wird, im Spätsommer zusammengebaut und auch den Hubschrauber angebracht, der den ersten Marsflug überhaupt durchführen soll. Im Hubschrauber kommen *sechs DCX-Antriebe* zum Einsatz. Start der Mission ist für Juli/August 2020 geplant. Aktuell stehen alle Zeichen auf «Go».

Freuen  
Sie sich  
auf  
die Mars-  
Ausgabe  
DRIVEN 1/20



# ExoMars

Der Rover mit dem Namen «Rosalind Franklin» ist im Sommer 2019 komplett zusammengebaut worden. Danach hat ihn die ESA von Grossbritannien nach Frankreich transportiert – für letzte, ausführliche Tests. Später wird er im Landemodul verstaut, wo er auf den Start wartet, der für Juli 2020 in Kasachstan geplant ist. Voraussetzung ist allerdings, dass die Europäer bis dahin die Probleme mit den Landefallschirmen in den Griff kriegen. Das nächste Zeitfenster für eine Marsreise öffnet sich erst wieder 2022. Im ExoMars Rover sind mehr als 50 maxon Antriebe verbaut. Unter anderem für Radantriebe, Bohrer, Messinstrumente, Solarpanels und Kameramasten.



BIKEDRIVE Air

## Elektrischer Rückenwind

Es ist die eine Steigung in der Stadt, der kleine Hügel auf dem Arbeitsweg, die letzte Rampe vor der Passhöhe, bei denen jeder Fahrradfahrer etwas Rückenwind begrüßen würde. Genau dieser Effekt lässt sich bald mit einem neuen E-Bike-Antriebssystem erzielen. Denn maxon arbeitet derzeit an einem leichten Mittelmotor, der zusammen mit dem Batteriepack fast unsichtbar im Fahrradrahmen integriert wird – ideal für Rennvelos oder Stadtflyter.



Mehr auf:

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



maxon motor — wird maxon

## maxon in neuem Gewand

maxon motor hat sich letzten Sommer vom Wort «Motor» getrennt und tritt neu unter der Marke «maxon» auf. Das hat mehrere Gründe. Einerseits wandelt sich das Unternehmen von einem Motoren- und Komponentenhersteller zum Spezialisten für präzise Antriebssysteme mit dem Fokus auf vier Kernmärkte (Medizintechnik, Aerospace, Industrieautomation sowie Mobility Solutions). Andererseits passt maxon die Unternehmensstruktur an und positioniert sich als starke Gruppe mit globaler Präsenz, die trotzdem auf lokale Bedürfnisse eingeht. Der neue Name sowie die optische Anpassung unterstreichen diesen Wandel.

Neuer maxon Botschafter

## Hallo Sébastien Buemi!

Anfang September war ein schneller Gast zu Besuch am maxon Hauptsitz: der Schweizer Formel-E-Fahrer Sébastien Buemi, der gleichzeitig Formel-1-Testfahrer ist und die letzten beiden 24-Stunden-Rennen von Le Mans gewonnen hat. Buemi (zweiter von links) ist ein Rennfahrer, der weiss, was Präzision und Effizienz sind. Schliesslich hat er in der Formel E bereits 13 Rennen gewonnen – 2016 sogar den WM-Titel. Jetzt ist er auch maxon Botschafter. Wenn die Formel E diesen Winter in die sechste Saison startet, wird das maxon Logo auf Buemis Rennanzug prangen. Er sagt: «Ich bin stolz, mit einem Schweizer Hightech-Unternehmen zusammenarbeiten zu können und jetzt Teil der maxon Familie zu sein.» Die Freude ist natürlich gegenseitig. So sagt maxon Group CEO Eugen Elmiger: «Sébastien und die Formel E ganz allgemein passen hervorragend zu uns. Schliesslich bewegen wir uns immer mehr in Richtung Systemanbieter, und der Markt für E-Mobility ist diesbezüglich speziell interessant.»



**InSight** Der stationäre Roboter der NASA landete im November 2018 auf dem Mars und öffnete die Solarpanels mit Hilfe von maxon Motoren wie geplant. Weniger flüssig lief es dann mit der geplanten Wärmesonde, die sich fünf Meter in den Boden rammen sollte. Ende Februar 2019 wurde mit dem Hämmern begonnen, und nur wenige Tage später war bereits wieder Schluss. Seither versuchen die Missionsverantwortlichen, das Problem zu lösen. Fakt ist: Der Maulwurf hämmert einwandfrei (mit *einem maxon DCX motor*). Allerdings ist die Reibung des Marsbodens nicht so stark wie gedacht – auch wegen der geringeren Anziehungskraft des Planeten. Deshalb ist der Maulwurf nach 35 Zentimetern nicht weitergekommen. Schliesslich hat die NASA Ende Sommer 2019 beschlossen, mit Hilfe des Roboterarms den Maulwurf zu unterstützen. Mit Erfolg: Kurz vor Redaktionsschluss hat der Maulwurf wieder zu graben begonnen.

Fotos: Airbus/M. Alexander, NASA

# Neue Produkte

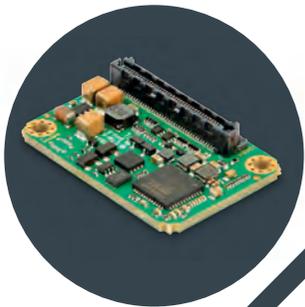


**IDX 56 L**  
bis zu 2 Nm  
Drehmoment

IDX-Industrieantrieb

## Alles drin und schön verpackt

maxon hat in kurzer Zeit eine neue Linie von modularen Kompaktantrieben entwickelt – speziell für Anwendungen in der Industrieautomation und der Logistikautomatisierung. Diese IDX-Antriebe bestehen aus einem kräftigen, bürstenlosen EC-i Motor in Kombination mit einer Positioniersteuerung EPOS4 – bei Bedarf kommt ein Planetengetriebe dazu. Die Antriebe bestechen durch einen hohen Wirkungsgrad, wartungsfreie Komponenten und ein hochwertiges Industriegehäuse mit IP-65-geschütztem Design. Zudem verfügen die IDX-Antriebe über einstellbare digitale sowie analoge Ein- und Ausgänge, die vielfältige Funktionen und Betriebsarten ermöglichen. Eine intuitive Software ermöglicht die einfache Inbetriebnahme und Einbindung in jegliche Mastersysteme.



**EPOS4**  
Micro 24/5 CAN

EPOS4 Micro 24/5 CAN

## Wenn der Platz knapp wird

Die Positioniersteuerungen der Reihe EPOS4 gibt's neu auch in einer Micro-Ausführung. Und wie es der Name sagt, liegen die Vorteile dieser Motion Controller vor allem in der kleinen Bauweise und dem attraktiven Preis, wobei die Funktionalitäten praktisch identisch sind im Vergleich mit den weiteren Plattformprodukten. Dies macht die EPOS4 Micro 24/5 zu einer interessanten Lösung für Robotikanwendungen mit engen Platzverhältnissen und kostensensitiven Mehrachsapplikationen. Vorerst gibt es die Steuerung in der CANopen-Ausführung, die EtherCAT-Variante folgt im Frühjahr 2020. Wie bei der ganzen EPOS-Produktlinie erhalten die Nutzer kostenlose Zusatzleistungen für eine einfache Inbetriebnahme wie etwa das EPOS-Studio User Interface, eine umfangreiche Dokumentation sowie Praxisbeispiele.

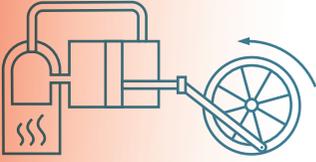


Im maxon Online Shop gibt es mehr als 5000 Produkte, Selektionshilfen, Kombinationstools und ausführliche Produktinformationen:

[shop.maxongroup.ch](https://shop.maxongroup.ch)

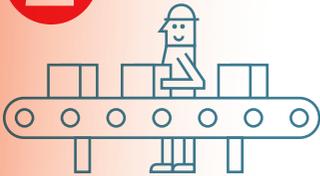
“It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent that survives. It is the one that is the most adaptable to change.”

## 1 industrielle Revolution



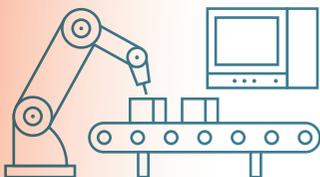
Ende des 16. Jahrhunderts ersetzen mechanische Maschinen, die mit Wasser- oder Dampfkraft betrieben werden, die menschliche Muskelkraft.

## 2 industrielle Revolution



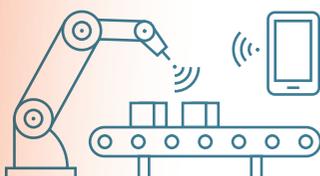
Die Eisenbahn, der Telegraph und insbesondere die Elektrizität ermöglichen die Einführung der modernen Massenproduktion Ende des 19. Jahrhunderts.

## 3 industrielle Revolution



In den 1970er-Jahren beginnt die Ablösung analoger Geräte durch digitale Rechner. Die Produktion wird dadurch weiter automatisiert.

## 4 industrielle Revolution



Ab 2010 beginnt die vierte industrielle Revolution durch die verstärkte Vernetzung von Maschinen, Robotern und Sensoren mit dem Internet.



Illustrationen Anita Allemann

# Die Denkfabrik

**Wird die Smart Factory – intelligent und digital – den Menschen komplett aus der Produktion verdrängen? Oder ist dies nur eine Vision, der die Realität weit hinterherhinkt?**

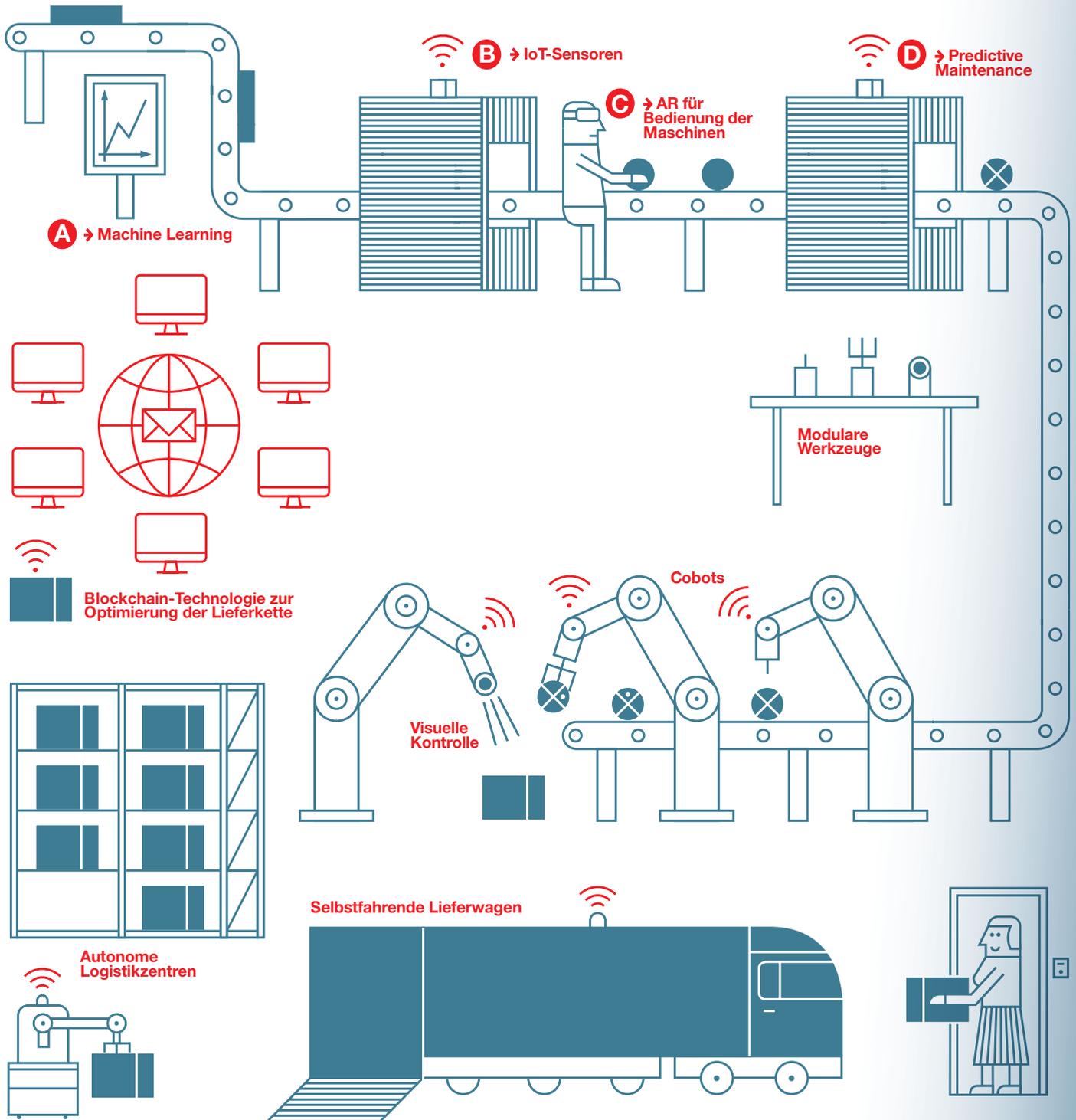
Starke Rechenleistungen, grosse Datensätze und die Miniaturisierung haben bereits dazu geführt, dass sich die Industrie atemberaubend schnell verändert. Produkte werden heute digital entwickelt und getestet. Maschinen liefern laufend Daten über ihren Zustand an Cloud-Systeme, wodurch ihr Energieverbrauch optimiert und Ausfälle vorhergesagt werden können.

Gleichzeitig sind viele Industrieproduktionen weit von einer Automatisierung entfernt. Ein paar Roboter machen noch keine Smart Factory. Es braucht ein Zusammenspiel vieler Schlüsseltechnologien und standardisierte Prozesse.

**Fakt ist: Die vierte industrielle Revolution ist da und wird die Art und Weise, wie wir Produkte entwickeln, produzieren und warten, verändern. Wer sich nicht darauf einlässt und nicht mitzieht, wird über kurz oder lang verlieren.**

# Smart Factory

Die Smart Factory ist ein konkretes Anwendungsbeispiel von Industrie 4.0 und IoT. In der intelligenten Fabrik der Zukunft sind Produkte, Werkzeuge und Maschinen verknüpft und kommunizieren in Echtzeit miteinander. Menschliche Eingriffe sind nur noch punktuell nötig, da Fertigungsprozesse automatisch koordiniert werden. Wenn zum Beispiel ein Kunde ein spezifisch angepasstes Produkt übers Internet bestellt, wird der Auftrag direkt in die Fabrik geleitet und umgesetzt. Maschinen rüsten sich selbstständig mit den passenden Werkzeugen und Materialien aus, überwachen den Produktionsprozess laufend und passen ihn gegebenenfalls an. Die Maschinen koordinieren die Reihenfolge der Aufträge und liefern ständig Updates an die Kunden. Zudem erkennen sie frühzeitig, wann die nächste Wartung oder Reparatur anfällt.



# Industrie 4.0

Der Begriff Industrie 4.0 steht stellvertretend für die **Digitalisierung der industriellen Produktion** und umfasst die gesamte Wertschöpfungskette. Durch intelligente Vernetzung aller Komponenten soll die Wirtschaft flexibler und effizienter werden und damit die vierte industrielle Revolution einleiten.

«Industrie 4.0» ist ein Marketingbegriff und geht auf eine Initiative der deutschen Regierung zurück. Die Bezeichnung ist erstmals an der Hannover Messe 2011 verwendet worden, taucht inzwischen aber auf der ganzen Welt auf. In den USA ist dagegen eher der Begriff Industrial Internet verbreitet.

## A Artificial Intelligence

Heute wird von Artificial Intelligence (AI) gesprochen, wenn man Systeme beschreibt, die lernfähig sind. Das kann zum Beispiel ein Roboter sein, der mit Hilfe einer einfachen Programmierung einen Bewegungsablauf immer und immer wieder durchspielt, bis er die perfekte Lösung gefunden hat. Dieses «Lernen durch Erfahrung» ist besonders interessant für Unternehmen, die vor allem kundenspezifische Einzelteile produzieren. Durch AI sind Produktionsanlagen auch in der Lage, sich laufend zu optimieren – ohne Eingriffe von aussen. In diesem Fall spricht man spezifisch von Machine Learning.

## B Internet of Things

Das Internet der Dinge (IoT) ist die wichtigste Voraussetzung für die Industrie 4.0. Dahinter steckt die Vernetzung von Produkten, Maschinen, Plattformen und Menschen über das Internet (oder alternativ über lokale Netzwerke). Oft wird der Begriff im Zusammenhang von Wearables wie Fitnesstracker oder Smartwatches genannt. Doch das ist nur ein kleiner Bereich. Denn die Zahl der Produkte und Anwendungen, die mit dem Internet verbunden sind, nimmt stark zu. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten – auch für die Industrie. Produkte speisen künftig Informationen über ihren eigenen Zustand oder ihre Umgebung ins Netzwerk ein, wodurch die ganze Produktionskette digital dargestellt wird. So können Maschinen die richtigen Werkzeuge und Komponenten automatisch bereitstellen.

## C

### AR und VR

Bei Augmented Reality (AR) betrachtet der Nutzer die reale Welt über sein Smartphone oder eine Brille und erhält zusätzliche Informationen eingeblendet (Text, Grafik, Visualisierung etc.). Die Technik wird bereits für Spiele, Navigations-Apps oder Einrichtungsplaner eingesetzt. Bei Virtual Reality (VR) dagegen taucht der Nutzer völlig in die virtuelle Welt ein – heute meistens über eine VR-Brille.

## D

### Predictive Maintenance

Durch das Sammeln und Auswerten von Daten lassen sich Fehler oder Ausfälle immer besser vorhersagen. Komponenten werden künftig ausgetauscht, noch bevor sie ausfallen, was erhebliche Kosteneinsparungen mit sich bringt. Das setzt allerdings voraus, dass sie laufend Informationen senden. Diese werden dann mit Erfahrungswerten und Qualitätsdaten verglichen, womit Vorhersagen über die Lebensdauer möglich werden.

## 5G-Netzwerk

5G ist ein Mobilfunkstandard (fünfte Generation), der eine schnellere Datenübertragung möglich macht. Gleichzeitig hat 5G eine kurze Latenzzeit, reagiert also fast in Echtzeit, was die Technologie interessant für das Internet der Dinge macht, wo Maschinen und Produkte kommunizieren.

# Cloudklare Kommunikation

Bluetooth und WLAN in der Industrieautomation?  
Vor Jahren noch undenkbar. Aber die Zeiten haben sich geändert.



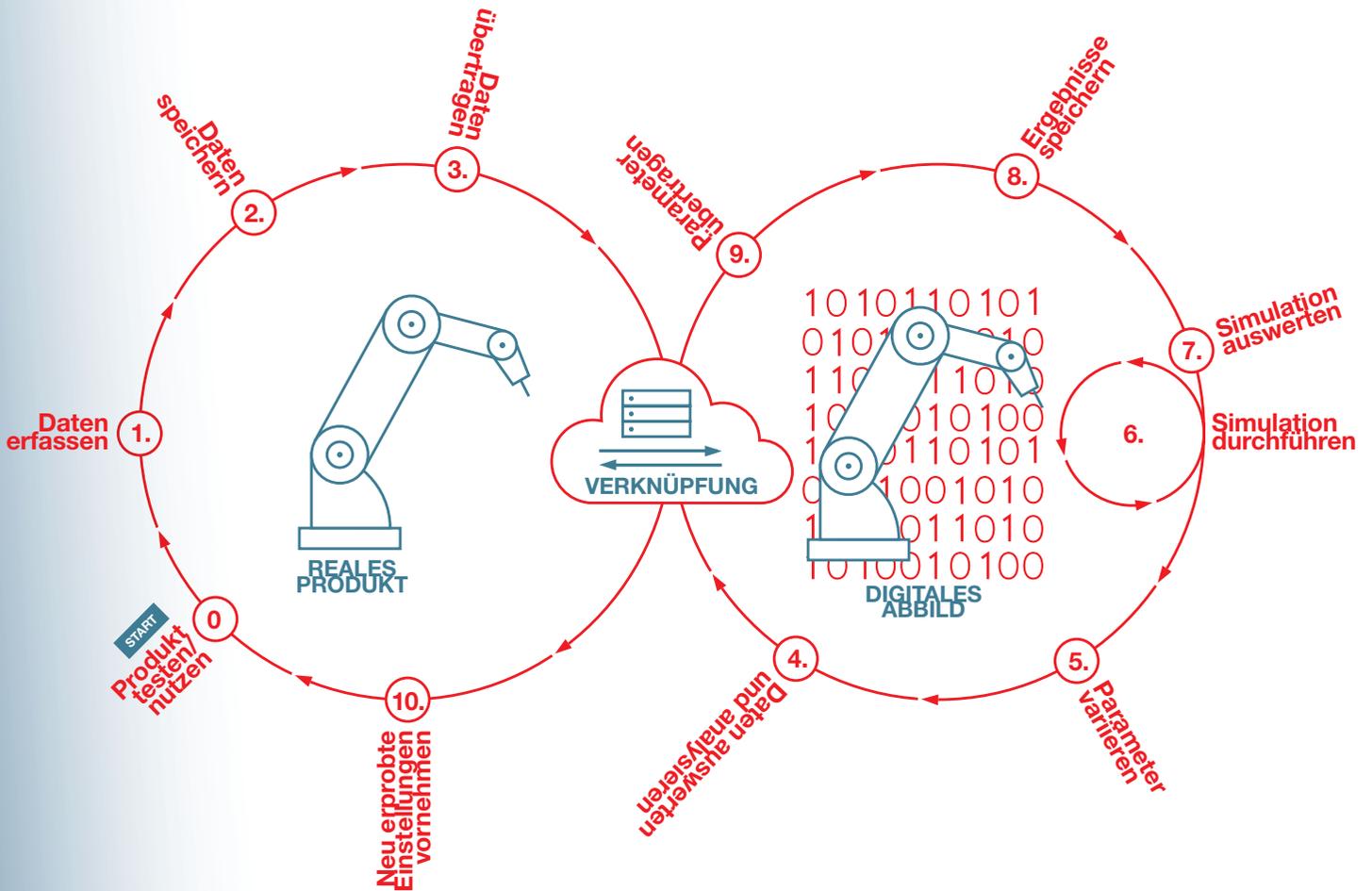
Geräte müssen miteinander kommunizieren, um Daten auszutauschen. Aus dem Alltag kennen wir das: Das Smartphone kommuniziert via Bluetooth mit den Kopfhörern und mittels Funktechnik mit Mobilfunkmasten, das Notebook ist via WLAN mit dem Router verbunden, und vom Router führt ein Glasfaserkabel zum Verteilerkasten. Damit diese Datenverbindungen funktionieren, braucht es klare Regeln. Festgehalten werden diese Regeln in sogenannten Netzwerkprotokollen. Auch in der Industrieautomation braucht es Netzwerkprotokolle, damit die verschiedenen Geräte einander «verstehen». Hier aber treten Unterschiede zum Datenaustausch im Alltag auf.

Wenn man daheim die Website von maxon aufruft, ist es egal, ob die Website eine Zehntelsekunde schneller oder langsamer geladen ist. In der Industrieautomation und in der Mehrachs-Synchronisation dagegen zählt jede Millisekunde: Nur schon ein kleines Stocken in der Datenübertragung kann das ganze System aus dem Takt bringen. Deshalb verwendet man in der Industrie Datenverbindungen, die noch schneller und zuverlässiger sind. Bekannte Vertreter – auch in den Systemen von maxon – sind CANopen und EtherCAT. In diesem Zusammenhang liest man oft, der Datenaustausch erfolge hier in «Echtzeit». Dieser Begriff verleitet allerdings zur fälschlichen Annahme, die Kommu-

nikation zwischen den Geräten laufe völlig simultan. Das ist aber rein physikalisch gar nicht möglich. Jeder Austausch von Daten braucht Zeit – auch wenn es nur eine Mikrosekunde ist. Der Begriff «Echtzeit» lässt sich deshalb besser mit «sehr geringe Verzögerungen» umschreiben – und genau das wünscht man sich in der Industrieautomation.

Der Datenaustausch bei CANopen- oder EtherCAT-Netzwerken verläuft via Kabel. Warum denn nicht wireless, etwa mit WLAN oder Bluetooth? «Viel zu unsicher und fehleranfällig», lautete bis vor einigen Jahren die Antwort von Experten. Heute lässt sich das nicht mehr so sagen. Der Einsatz von Wireless-Technologien wie WLAN und Bluetooth – auch sie haben in den vergangenen Jahren enorme Fortschritte gemacht – nimmt in der Industrieautomation stetig zu. Dies nicht zuletzt deshalb, weil auch im industriellen Umfeld die Speicherung und der Austausch von Daten nicht mehr nur lokal erfolgen, sondern sich ins Internet ausdehnen – Stichwort Cloud Computing. Genau aus diesem Grund ist derzeit auch die 5G-Technik in aller Munde. Einem einzelnen Smartphone-Nutzer mag der neue Mobilfunkstandard derzeit kaum spürbare Vorteile bringen. Doch für viele andere Anwendungsbereiche rund um Industrie 4.0 und Internet of Things (IoT) ist diese moderne Übertragungstechnologie zukunftsweisend. —

Eines von verschiedenen Anwendungsbeispielen des digitalen Zwillings

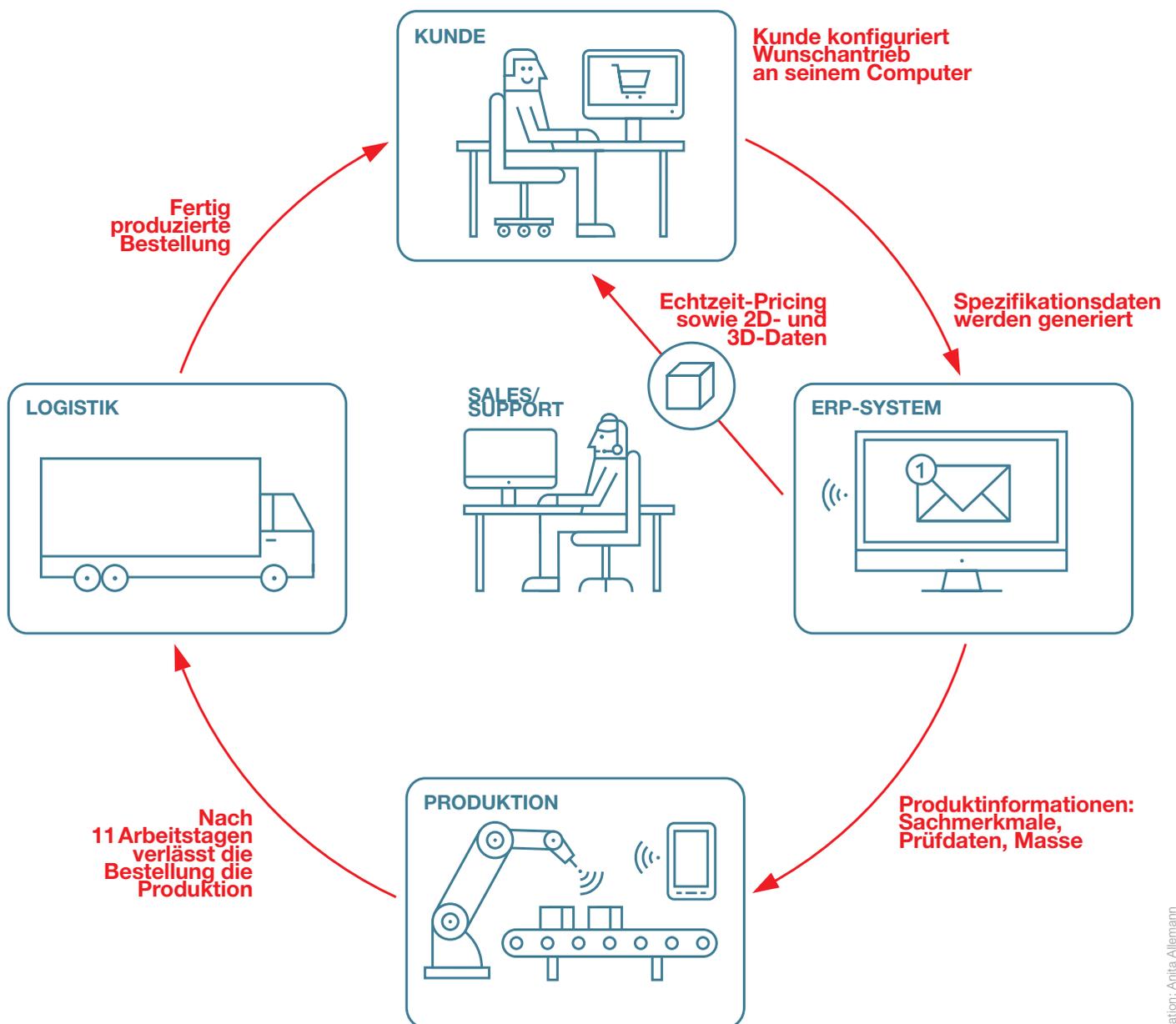


# Digitaler Zwilling

Von einem digitalen Zwilling spricht man, wenn Maschinen, Produkte oder ganze Prozesse virtuell dargestellt, also gespiegelt werden. Mit dieser Möglichkeit kann das Produkt bereits in der Entwicklungsphase simuliert und validiert werden, noch bevor ein erster Prototyp gebaut worden ist, was die Markteinführung beschleunigt. Auch ganze Anlagen und sogar Fabriken können virtuell gespiegelt und simuliert werden. Inbetriebnahmen finden somit bereits im Vorfeld digital statt – mögliche Fehler und Störungen werden frühzeitig eruiert und behoben. Um die Performance in den Fabriken zu steigern, kann der digitale Zwilling laufend und in Echtzeit mit Sensordaten aus der Produktionsanlage und von Produkten gefüttert werden (siehe Internet of Things). Der aktuelle Zustand der Maschine ist damit jederzeit digital abgebildet. Mit Einbezug von Artificial Intelligence kann die intelligente Fabrik somit Wartungen selbstständig planen und Prozesse laufend optimieren.

# Digitalisierung muss sich lohnen

Seit maxon die konfigurierbaren Antriebe eingeführt hat, ist Industrie 4.0 ein Thema beim Antriebsspezialisten. Jetzt wird die Digitalisierung weiter vorangetrieben – aber nicht um jeden Preis.



**A**utomatisierung und Digitalisierung sind wichtige Themen innerhalb der maxon Gruppe. Ein Beispiel ist der 2013 eingeführte Online-Konfigurator, der es Kunden ermöglicht, einen spezifischen Antrieb am Computer zusammenzustellen und den Auftrag direkt in die Produktion einzuspeisen – ganz im Sinne von Industrie 4.0. Entsprechend sagt der maxon Group CEO Eugen Elmiger: «Losgrösse 1 ist bei uns Standard.»

Wenn jemand online einen Antrieb aus Motor, Getriebe und Encoder konfiguriert, werden ihm die Preise in Echtzeit angezeigt. Und sobald die Konfiguration abgeschlossen ist, erhält der Kunde Zugriff auf die 2D- sowie 3D-Konstruktionsdaten. Dieses digitale Modell kann sofort in die eigene Anwendung eingegliedert werden. Gleichzeitig fliessen die Sachmerkmale der Bestellung ins maxon System (ERP), welches Fertigungsdaten generiert und an die Produktion sendet, wo viele der Arbeitsschritte automatisiert sind. So rüsten sich Maschinen selbstständig mit den jeweils notwendigen Werkzeugen und Materialien aus. Spätestens nach 11 Arbeitstagen verlässt der Auftrag die Fabrik. Noch werden die einzelnen Produktionsschritte von einem Mitarbeitenden visiert – aus Qualitätsgründen. Bald schon könnten die Maschinen das Testing selbstständig durchführen. Möglich ist zudem, dass in Zukunft das ganze Antriebsortiment von maxon online konfiguriert und bestellt werden kann. Vielleicht wird sich der Kunde dann für eine Beratung aber auch eine VR-Brille aufsetzen und sich im virtuellen Raum mit einem maxon Ingenieur treffen, wo sie gemeinsam ein Antriebssystem zusammenstellen und digital in die Anwendung integrieren – lange bevor ein erster Prototyp erstellt wird.

### Effizienter Materialfluss durch AI

Sascha Buchschacher und sein Configure-To-Order-Team machen sich Gedanken darüber, welche Technologien für maxon interessant sind und wohin sich der Antriebsspezialist in den nächsten Jahren entwickelt. Er zeigt sich fasziniert von den Möglichkeiten, die die Digitalisierung bietet, bleibt aber pragmatisch: «Man kann theoretisch fast alles automatisieren – es muss aber aus wirtschaftlicher Sicht Sinn machen.» Schliesslich geht es jeweils um grosse Investitionen.

Sascha Buchschacher geht nicht davon aus, dass sich die industrielle Arbeitsweise schon morgen komplett verändert. «Allerdings müssen wir jetzt das Fundament für die Fabrik der Zukunft legen.» Heisst: absolut stabile und einheitliche Prozesse weltweit aufbauen, eine passende Systemarchitektur installieren und vor allem eine entsprechende Kultur im Unternehmen kreieren. Dann ist es möglich, verschiedene Digitalisierungsprojekte umzusetzen. Aus seiner Sicht gibt

es viele Wege, wie maxon und die Kunden von neuen Technologien profitieren werden. Warum nicht mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (KI) die Lieferkette und den Materialfluss optimieren – unter Einbezug verschiedener Daten wie Zollgebühren, Gesetzen, Rahmenabkommen und mehr? «Das wäre eine interessante Anwendung. Aber damit KI wirklich etwas bringt, brauchen wir sehr viele Daten in sehr hoher Qualität und einen Sammeltopf, wo das Programm dann die Verarbeitung vornimmt.»

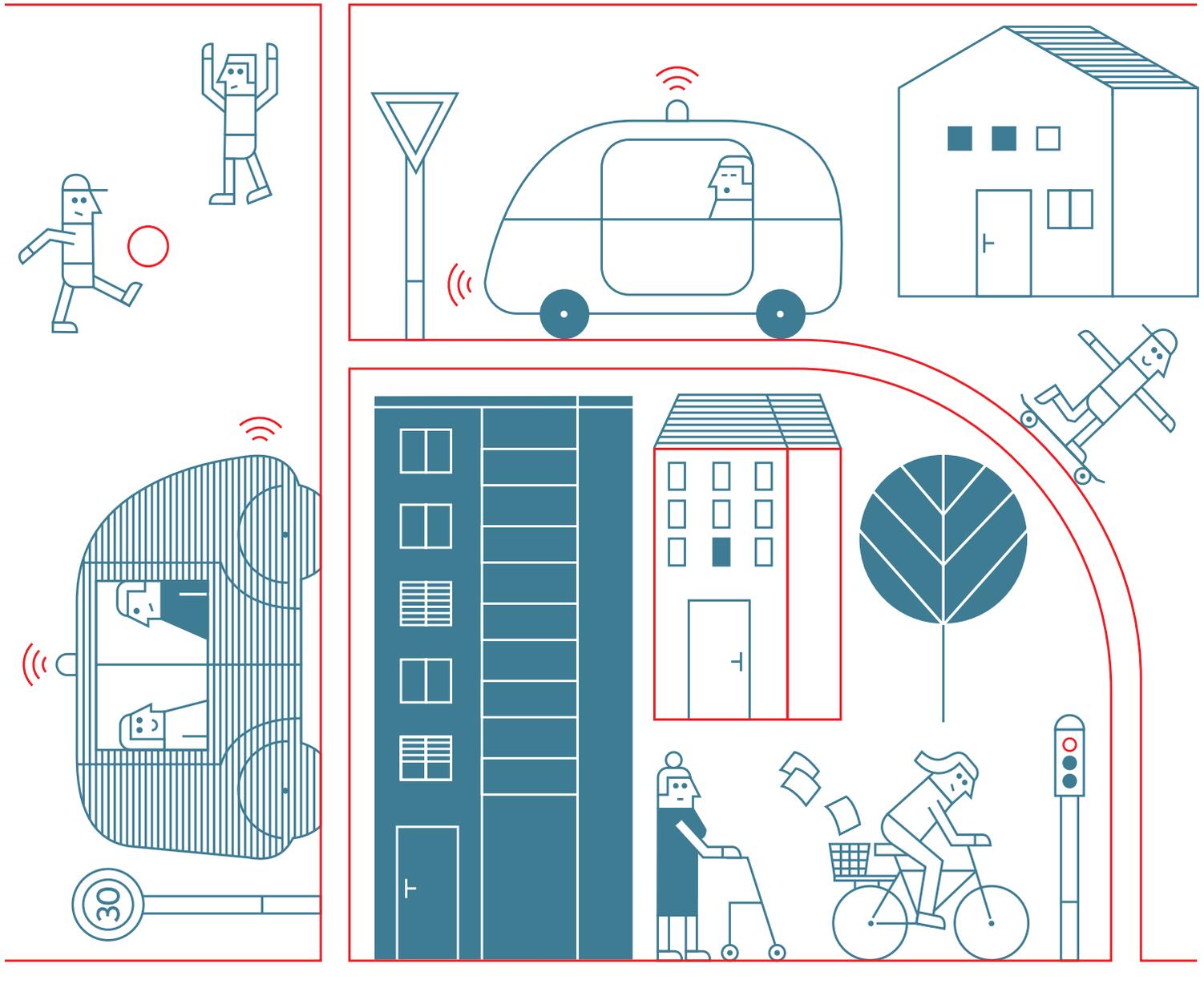
Denkbar ist, dass sich zusätzliche Dienstleistungen dank des «Internet of Things» ergeben. Wenn die maxon Antriebe und Steuerungen mit dem Netz verbunden sind und Informationen liefern, lassen sich durch abweichende Parameter Rückschlüsse auf den Zustand des Antriebs ziehen. Ein Motor kann ausgetauscht werden, bevor ein Verschleiss zum Ausfall einer Maschine führt. Vielleicht kaufen die Kunden die Motoren künftig nicht mehr, sondern bezahlen die gefahrenen Zyklen. Doch damit solche Technologien umgesetzt werden können, braucht es performante Netzwerke und integrale Cloudsysteme. Heute, so Sascha Buchschacher, ist dies noch nicht gegeben. Klar ist: Digitalisierung wird die Konstruktion, die Produktion, überhaupt die ganze Arbeitsweise stark verändern. Aber nicht von einem Tag auf den anderen. ■



maxon Mitarbeiterinnen in der DCX-Produktionslinie, in der online konfigurierte Antriebe halbautomatisch gefertigt werden.



Autonomes Fahren ist der wichtigste Anwendungsfall im Internet der Dinge. Die technische Entwicklung kommt aber viel langsamer voran als erhofft. Der Grund: menschliches Verhalten.



**Text** Thomas Ramge

**V**or zwei oder drei Jahren schien der Weg zum Robo-Auto gut asphaltiert und ausgeschildert. Die grossen Innovatoren für autonomes Fahren strotzten vor Selbstbewusstsein und Zuversicht: Waymo, Uber und Ford kündigten an, bald mit grossen Flotten von Robotertaxis durch amerikanische Städte zu cruisen. Urbane Mobilität sollte günstiger und sicherer werden und dank gemeinschaftlicher Nutzung von E-Autos auch grüner.

Tatsächlich auf die Strasse gebracht haben die datenreichen wie kapitalstarken US-Unternehmen seitdem wenige Testangebote in sonnigen Regionen für ausgewählte Kunden, die oft nichts zahlen müssen. Meist fährt ein Mensch auf dem Fahrersitz mit, der das System unter der Haube überwacht. Wenn dieser Mensch auf seinem Smartphone eine Fernsehshow schaut, während eine Frau in Dunkelheit ihr Fahrrad an ungünstiger Stelle über die Strasse schiebt, gibt es Tote; so geschehen im März letzten Jahres in Tempe, Arizona.

### Autonomes Fahren nur auf Autobahnen?

Nur Elon Musk, der Tesla-Gründer, kündigt heute noch vollmundig an: 2020 ist es endlich so weit! Tesla-Fahrer werden mit der nächsten Version des Autopiloten zu Tesla-Passagieren. Aber Elon Musk ist Elon Musk. Seine Ankündigungen folgen oft Kapitalmarktlogiken und nicht technischen Entwicklungszyklen. Von den anderen potenziellen Anbietern selbstfahrender Autos hingegen hört man vor allem die leise Botschaft: Es wird alles länger dauern als erwartet, vermutlich viel länger. Zweifler in der Branche vermuten bereits, dass wir alle nur eine sehr abgespeckte Variante vom autonomen Fahren erleben, wie etwa Busse, die langsam bestimmte Strecken entlangpendeln, oder automatisierte Autobahnfahrten bei gutem Wetter. Der Grund für die Rückschläge ist weniger technischer Natur, sondern zutiefst menschlich: irrationales Verhalten.

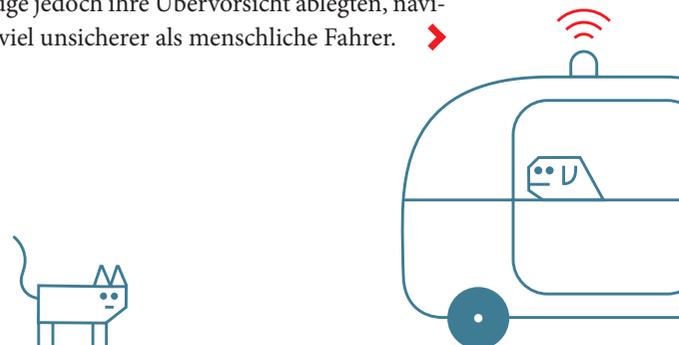
Autonome Fahrsysteme haben in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht. Dank besserer Sensoren und LIDARs (eine Art Laser-Radar), schneller Chips und Bilderkennungsverfahren basierend auf maschinellem Lernen erfassen sie Verkehrssituationen deut-

lich genauer und antworten in bekannter Situation auch mit den richtigen Entscheidungsprotokollen. Doch den intelligenten Fahrmaschinen fällt es viel schwerer als gedacht, menschliches Verhalten vorherzusehen, das zwar meistens regelkonform und rational ist, oft aber auch nicht.

Fussgänger überqueren bei Rot die Strasse, Radler durchfahren die Einbahnstrasse in falscher Richtung, und Autofahrer biegen an Ecken ab, an denen sie das nicht dürfen. Natürlich können autonome Fahrzeuge dann bremsen. Doch künftig werden sich menschliche Verkehrsteilnehmer gegenüber autonomen Fahrzeugen rational irrational verhalten. Sie werden den Roboter schneiden, denn sie wissen: Er schimpft und hupt nicht, sondern bremst eh. Für dieses Problem gibt es noch keine technische Lösung.

### Robotern fehlt die menschliche Intuition

Wir Menschen können ziemlich gut menschliche Signale lesen. Wenn wir die Gestik, Mimik oder Körperhaltung eines Menschen sehen, können wir in der Regel erkennen: Diejenige oder derjenige will (und wird) jetzt gleich die Strasse überqueren. Auch die beste Bilderkennungssoftware kann subtile Signale nicht interpretieren, schon gar nicht im Halbdunkel. Es ist unklar, ob und, falls ja, wann (fahrende) Computer dies auf menschlichem Niveau können werden. Wenn ein Fahrzeug vor uns plötzlich langsam fährt, erahnen wir, dass der Fahrer nach einem Parkplatz sucht, auch wenn er keinen Blinker setzt. Wir wissen, dass wir Abstand halten müssen. Von dieser Sorte ungewöhnlicher Situationen – die Entwickler von autonomen Fahrsystemen nennen sie «micro maneuvers» – gibt es viel mehr, als man denken sollte. Sie erhöhen die Komplexität zu einem Grad, mit dem Computer bis dato nicht klarkommen. Stand der Technik ist: Waymo, Uber und Co. könnten Fahrzeuge bauen, die sicher sind, weil sie ständig bremsen. Das ist aber nicht praktikabel. Sobald die Fahrzeuge jedoch ihre Übervorsicht ablegten, navigierten sie viel unsicherer als menschliche Fahrer. ➤





**Thomas Ramge** ist Sachbuchautor und Vortragsredner. Seine Texte und Bücher wurden mit Preisen ausgezeichnet, etwa dem Axiom Business Book Award 2019 (Gold Medal, Economics), dem getAbstract International Book Award 2018 und dem Deutschen Wirtschaftsbuchpreis.

### Auch andere Technologien liefern nicht

Neue Technologien kommen meist mit dicken Backen auf die Welt. Sie versprechen viel und halten erst einmal wenig. Dann sind alle enttäuscht, und die Technologie muss verlorenes Vertrauen langfristig zurückgewinnen. In der IT-Industrie lässt sich dieser Hype-Cycle immer wieder beobachten. Manchmal werden Technologien nach Anlaufschwierigkeiten deutlich schneller zuverlässig und produktiv als von skeptischen Beobachtern erwartet. Das Internet selbst ist hierfür vielleicht das disruptivste Beispiel der jüngeren Technikgeschichte. 3D-Druck hingegen hält noch lange nicht, was die lange geträumte Vision von der dezentralen Produktion in Losgrösse eins verspricht. Kernfusion, so glaubten Kernphysiker in den 1950er-Jahren, würde spätestens in den 1970er-Jahren die Welt mit günstiger Energie versorgen. Heute wagt kaum ein seriöser Forscher mehr eine Prognose, wann der erste kommerzielle Fusionsreaktor ans Netz gehen könnte. Beim autonomen Fahren sieht es zurzeit so aus, dass 80 Prozent der technischen Probleme gelöst sind, aber die fehlenden 20 Prozent die schwierigsten werden könnten. Selbstfahrende Autos sind nach wie vor der grösste Hoffnungswert im Internet der Dinge. Wenn Verkehrs- und Datenströme perfekt konvergieren, wird die Welt besser und sicherer für alle. Mehr als eine Million Verkehrstote weltweit sind ein moralischer Imperativ, die Entwicklung des selbstfahrenden Autos mit aller Forschungsmacht voranzutreiben. Das grösste Hindernis auf dem Weg dorthin sind wir irrationalen, undisziplinierten Menschen. Damit müssen Maschinen lernen umzugehen. ■



Zuletzt von Thomas Ramge erschienen sind «Mensch und Maschine – Wie Künstliche Intelligenz und Roboter unser Leben verändern» (Reclam) und «Das Digital – Markt, Wertschöpfung und Gerechtigkeit im Datenkapitalismus» (zusammen mit Viktor Mayer-Schönberger, Econ).

“When digital transformation is done right, it’s like a caterpillar turning into a butterfly, but when done wrong, all you have is a really fast caterpillar.”



Mehr Berichte  
über Industrie-  
automation auf  
unserem Blog:

[www.drive.tech](http://www.drive.tech)



# In der Vakuum- werkstatt

In der Halbleiterindustrie sind Sauberkeit und Präzision unabdingbar. Der Schweizer Vakuumspezialist VAT hat deshalb gemeinsam mit maxon ein Antriebssystem für Wafer entwickelt.



Drei dieser Pinlifter bewegen den Wafer in der Vakuumkammer.

**S**elbst bei Menschen, die an Technik interessiert sind, löst der Begriff «Vakuumventil» kaum einen Sturm der Begeisterung aus. Was soll an einem Vakuumventil schon besonders reizvoll sein? Richtig interessant wird es erst, wenn man bei VAT zu Besuch ist, einem international tätigen Unternehmen mit Sitz in Haag in der Ostschweiz. Wo immer in der Industrie ein Vakuum benötigt wird, gehört VAT weltweit zu den Topadressen. Salopp ausgedrückt ist ein Vakuumventil ein Ventil, das den Zugang zu einer Vakuumanlage öffnet oder sperrt. Wer beim Wort Vakuum an verpackte Lebensmittel im Supermarkt denkt, ist allerdings auf der falschen Spur. In der Industrie werden Vakuumkammern vor allem dort gebraucht, wo jedes Staubkörnchen oder jedes Tröpfchen Wasser einen ganzen Produktionsschritt ruinieren würde. Und damit befindet man sich bereits mitten am Ort des Geschehens: in der Hightech-Industrie. Smartphones, Flachbildschirme, Solarpanels, Prozessoren – die Herstellung all dieser und vieler anderer Produkte wäre ohne Vakuumanlagen undenkbar. Entsprechend liefert die Firma VAT einen grossen Teil ihrer Systeme in Richtung Asien, wo die «Big Players» im Bereich Mikroelektronik und Halbleitertechnologie zu Hause sind.

### Ein Fahrstuhl für Wafer

Ein wichtiger Prozessschritt im Bereich der Mikroelektronik ist die Herstellung und Weiterverarbeitung von sogenannten Wafern. Es handelt sich dabei um dünne, runde Platten aus Halbleitermaterial wie Silizium. Diese Scheiben bilden die Grundlage für integrierte Schaltkreise. Bedenkt man, dass in modernen Prozessoren – so auch in Smartphones – mehrere Milliarden Transistoren ihren Dienst verrichten, wird klar, dass bei der Produktion von Halbleitersubstraten jeder Fremdkörper ferngehalten werden muss. Und

dies geht am besten, wenn solche Produktionsschritte in Vakuumkammern erfolgen. Das Problem dabei: Je stärker ein Vakuum ist, desto stärker drückt auch die Luft von aussen. Es sind ungeheure Kräfte, die auf eine professionelle Vakuumkammer drücken. Ein normales Ventil wäre chancenlos gegen diesen Druck. Die Ventile von VAT schaffen das.

Das Unternehmen ist in den vergangenen Jahren aber noch einen Schritt weiter gegangen und bietet nebst Ventilen auch ganze Systeme für verschiedene Produktionsschritte in Vakuumkammern an. Eines dieser Systeme heisst Pinlifter. Dabei handelt es sich um eine Art «Lift» für Silizium-Wafer. Der Wafer liegt auf drei Pins, und jeder dieser Pins kann mit einem Motor vertikal bewegt werden. So entsteht eine Art dreibeiniger Fahrstuhl (drei Pinlifter), mit dem ein darauf liegender Wafer in einer Vakuumkammer nach oben gefahren werden kann, wo ein Handlingssystem den Wafer übernimmt. Und hier kommt maxon ins Spiel. Der Pinlifter ist als hochpräzises mechatronisches Antriebssystem das Ergebnis einer monatelangen Zusammenarbeit zwischen VAT und maxon. Die Antriebseinheit für einen Pinlifter besteht aus einem bürstenlosen EC flat Motor mit optischem Encoder, Bremse und Spindel. Eine besondere Herausforderung war die maximale Länge der Antriebseinheit von 40 Millimetern.

Marco Apolloni, Leiter Engineering bei VAT, blickt zurück: «Anfangs wurden rund sechs Konzepte verfolgt, wobei unterschiedliche Lieferanten im Bereich Motor, Bremse, Encoder etc. zur Auswahl standen. Bei vier Konzepten sei der Komponentenapproach im Vordergrund gestanden, bei zwei Konzepten der Systemapproach, wo der ganze Antrieb als getestete Einheit (inklusive Gehäuse, Spindel, Motorwelle, Isolationsbauteile) vorgesehen war. «Aufgrund der hohen Anforderungen an Präzision und Baugrösse kam nur der Systemapproach in die finale Runde, da viele Risiken minimiert werden können und eine optimale Lösung erarbeitet werden kann», erklärt Marco Apolloni. «maxon hat aufgrund der technischen Expertise überzeugt und konnte alles aus einer Hand anbieten.» ■

**ID10: Baker**

**ID5: Ginter**

**ID1: Gerhard**

**ID0: Ball**



# Filmreife Roboter

Sie kommen auf Bühnen, Rennstrecken oder Spielfeldern zum Einsatz, arbeiten autonom und sorgen für ein perfektes TV-Erlebnis. Wie intelligente Roboterkameras die Live-Übertragung automatisieren.

**M**it einem gleichmässigen Schwenk folgt die Kamera der Eiskunstläuferin, zoomt sanft hinein, während die Läuferin sich entfernt – und verlangsamt die Bewegung, als die Sportlerin die Richtung wechselt. Ein geschicktes Händchen an der Kamera? Ja. Aber es gehört nicht einem Menschen. Hier generiert ein intelligentes Robotiksystem die Kamerabewegungen.

Dahinter steckt die Technologie von Seervision, einem Spin-off der ETH Zürich, das lernfähige Systeme für die automatisierte Videoproduktion entwickelt. Herzstück eines solchen Systems ist eine Software für die Bildanalyse, die Menschen erkennt, klassifiziert und dafür sorgt, dass die Kameras deren Bewegungen folgen. Künftig soll der Algorithmus auch auf andere Subjekte erweitert werden.

## **Kollaborativ, auf menschlichem Niveau**

Die Funktionsweise der Software ist raffiniert. Beim sogenannten «Visual Position Tracking» werden im Bild pro Figur eine Vielzahl von Referenzpunkten gesetzt, durch die Bewegungsmuster entstehen, die

laufend in die Steuerung eingespeist werden. Mit Hilfe dieser Bewegungsmuster wird der Bildausschnitt pausenlos dynamisch optimiert. Zudem sorgen diverse Bildgestaltungsmodule dafür, dass professionelle Ansprüche an die Bildkomposition erfüllt werden. Conrad von Grebel, Business Developer und Mitgründer von Seervision, erklärt: «Unsere Software passt die Kamerabewegungen in Echtzeit an. Einzigartig ist dabei, dass unsere Kameras auf einem menschlichen Niveau arbeiten.» Trotzdem erlaubt das System jederzeit den Eingriff des Produzenten. «Wenn ich der Software den Befehl einer Nahaufnahme gebe, kann ich diese bei Bedarf manuell anpassen.» Die mit allen gängigen Kameras und einem Webbrowser funktionierende Technologie ist somit eine perfekte Symbiose zwischen einem autonomen System und menschlicher Kunstfertigkeit.

Bei herkömmlichen Fernsehproduktionen reicht das Spektrum der eingesetzten Kameras von drei bis acht in einem TV-Studio bis hin zu über 50 an einer Fussball-WM – das ist oftmals eine teure Angelegenheit. Doch bei Seervision geht es nicht primär um den ➤

Mittels einer Vielzahl von Referenzpunkten erkennt das System von Seervision Menschen im Bild und passt den Bildausschnitt deren Bewegungen dynamisch an.



«Unsere Kameras arbeiten auf einem menschlichen Niveau. Das ist weltweit einzigartig.»



Conrad von Grebel, Business Developer und Mitgründer von Seervision

### Young Engineers Program

maxon unterstützt mit dem Young Engineers Program (YEP) innovative Projekte mit vergünstigten Antriebssystemen und technischer Beratung.



Jetzt bewerben:

[www.drive.tech](http://www.drive.tech)

Kostenfaktor: Filmschaffende sollen ein Werkzeug erhalten, das ihre Arbeit planbarer macht und die Qualität von Live-Übertragungen verbessert. Dabei verschieben sich die Aufgabenbereiche: Der Kameramann wird zum «Multikamerakoordinator», der für die Architektur der Bildsprache und damit auch für den Stil der Übertragung verantwortlich ist. Die Vorteile sind attraktivere und unmittelbar anpassbare Kameraeinstellungen und -bewegungen sowie die Minimierung von menschlichen Fehlern.

### Die Software lernt ständig dazu

Die vielfältigen Funktionen des Systems beruhen auf künstlicher Intelligenz: Für die Programmierung der Software analysieren die Zürcher Experten laufend bestehendes Filmmaterial und entwickeln dabei das weltweit erste «künstliche neuronale Netzwerk» für Videoproduktionen – ein Konzept, das ursprünglich aus der Hirnforschung stammt. Dabei lernt die Software selbstständig aus den Daten vergangener Produktionen und optimiert die Prozesse des visuellen Erkennens und Verstehens, der Bestimmung des Bildausschnitts und der Bewegungen der Kameras. Künftig soll die künstliche Intelligenz sogar den automatisierten Schnitt erlauben.

Seervision stattet die Kameraroboter mit den büstenlosen EC 45 Flachmotoren sowie kompakten Positioniersteuerungen EPOS4 von maxon aus, die die Kameras bis auf 0,0002 Grad präzise und geräuschlos bewegen. Für die optische Genauigkeit und Schärfeneinstellung sorgen zusätzliche auf dem Objektiv montierte Antriebe. Interessant: Aus der ursprünglichen Idee, eine Vorlesung automatisch filmisch festzuhalten, entstand ein Technologieunternehmen, das seit 2016 Teil des maxon Young Engineers Program ist, 2018 den Swiss Technology Award gewann und dieses Jahr für den Digital Economy Award nominiert ist. ■



In einer solchen zweiachsigen «Pan-Tilt Unit» (Schwenk-Kipp-Einheit) sind zwei maxon Antriebe verbaut. Das System von Seervision besteht zudem aus einem damit verbundenen Software-Rack und einer webbasierten Benutzeroberfläche.



# «Resultat einer globalen Kollaboration»

Der IDX ist ein neuer Kompaktantrieb aus Motor, Getriebe und Steuerung. Der zuständige Verkaufingenieur Sébastien Gissien erklärt, wieso maxon bei diesem Produkt andere Wege geht und welche Märkte vom neuen Antrieb profitieren.

**Interview** Stefan Roschi

**maxon präsentiert mit dem IDX eine neue Serie von Kompaktantrieben. Was steckt dahinter?**

Die IDX-Antriebe basieren auf bekannten maxon Technologien wie der EPOS4-Elektronik und der EC-i Motorenfamilie. Das Ganze ist verpackt in einem Gehäuse, das gegen Wasser und Staub schützt (IP65).

**Gut, aber gibt es solche Antriebe nicht bereits auf dem Markt?**

Natürlich. Aber unser IDX hat einige Stärken zu bieten, auf die ich sehr stolz bin. Wir erreichen zum Beispiel die gleiche Leistung wie unsere Mitbewerber, und dies mit einem rund 25 Prozent kleineren Produkt. Die Antriebe lassen sich zudem mit den Feldbussen EtherCAT oder CANopen ganz einfach in jegliche Steuerungsarchitekturen integrieren. Dabei hilft auch die bewährte Software EPOS Studio, die es den Kunden ermöglicht, die IDX-Antriebe sehr schnell in Betrieb zu nehmen. Nicht zuletzt ist es unser Ziel, die IDX-Reihe möglichst bald über unseren Online-Konfigurator anzubieten. Und das gibt's nur bei maxon.

**Wie ist es zur Entwicklung des IDX gekommen?**

Die Idee für einen neuen Kompaktantrieb entstand vor zwei Jahren bei maxon Frankreich. Wir starteten eine Umfrage bei Interessenten und Kunden, um mehr über ihre Erwartungen an einen solchen Antrieb zu erfahren. Basierend darauf haben wir dann ein internationales Projektteam gebildet. Der IDX ist somit das Produkt einer globalen maxon Kollaboration: Der bürstenlose Motor kommt aus Korea, das Getriebe aus Deutschland und die passende elektronische Baureihe auf Basis der EPOS4 aus der Schweiz. Dort hat ein Projektteam alle Komponenten in einem Gesamtsystem integriert.

**In welchen Anwendungsgebieten soll der Antrieb zum Einsatz kommen?**

Die IDX-Reihe passt grundsätzlich in jede Anwendung, bei der BLDC-Motoren mit niedriger Spannung benötigt werden. Wir sehen aber ein paar interessante Entwicklungsmärkte. Dazu gehören Shuttles und AGVs (automated guided vehicles) für die Intralogistik, die Verpackungsindustrie, Roboter für die Landwirtschaft, aber auch Fertigungsmaschinen mit X-, Y- und Z-Achsenbewegungen.

**Wieso gerade der Intralogistikmarkt?**

Der Intralogistikmarkt wächst sehr schnell und stellt hohe Anforderungen an Produktivität und Effizienz.



**Sébastien Gissien** ist Leiter Verkauf bei MDP – maxon France.

Unser Team hat diese Anforderungen einfließen lassen und ein Produkt entwickelt, das leistungsstark, einfach zu bedienen und bezahlbar ist.

**Wann fragen Kunden nach einem integrierten Kompaktantrieb für ihre Anwendung?**

Nehmen wir als Beispiel ein AGV, bei dem die Räder angetrieben werden müssen. Je kompakter der Antrieb, desto kleiner das ganze Gefährt. Somit können mehr AGVs auf engem Raum eingesetzt werden, was wiederum zu einer höheren Produktivität führt. Bei einer Pick & Place-Maschine dagegen kann ein Kunde mit dem Einsatz von Kompaktantrieben die Verkabelung und gleichzeitig die Komplexität drastisch reduzieren.

**Ist der IDX auch in der Lage, einen Beitrag zur digitalen Fabrik leisten?**

Ja. Unter anderem befinden sich zwei Temperatursensoren im Antrieb – einer im Motor und einer in der Elektronik. Dieses Echtzeitfeedback kann der Kunde zum Beispiel für Predictive Maintenance verwenden.

**Gibt es bereits Anwendungen, in denen die IDX-Antriebe eingesetzt werden?**

Wir haben die Antriebe erfolgreich in unseren Produktionslinien in der Schweiz eingesetzt. Zudem laufen einige Tests mit AGVs und Logistik-Shuttles.

**Und wie sind die Reaktionen?**

Die ersten Rückmeldungen sind sehr positiv. Die Schlüsselkunden, die den IDX bereits testen, freuen sich, dass nun die Serienphase beginnt. ■



# Ich und die Maschine

Mit Hilfe von elektromechanischen Exoskeletten können gelähmte Menschen wieder aufrecht gehen. Ein Kinderspiel ist das nicht. Es braucht viel Ingenieurleistung und hartes Training.

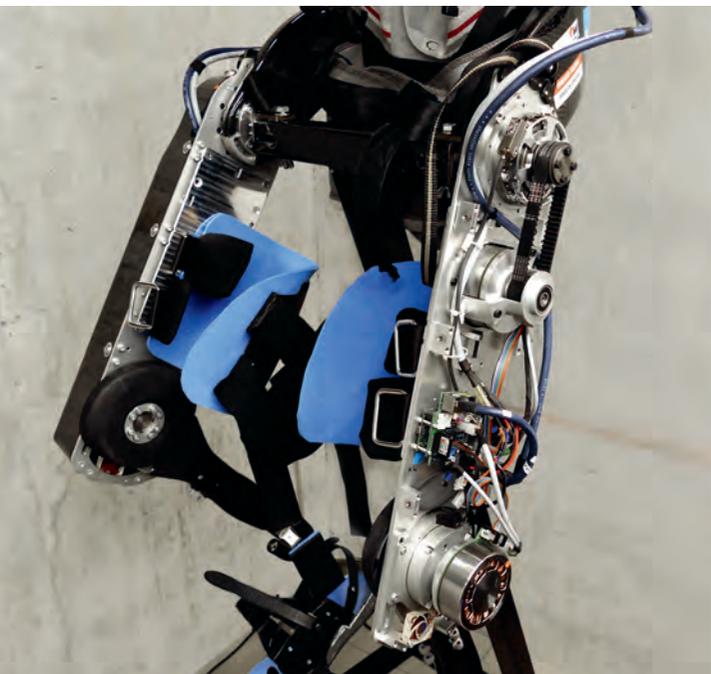
**K**ontrolliert der Mensch die Maschine oder die Maschine den Menschen? Diese alte Frage stellt sich unweigerlich, wenn es um Exoskelette geht, elektromechanische Hilfssysteme, die es querschnittsgelähmten Personen ermöglichen, wieder zu gehen. Für Silvia Rohner, Projektleiterin des Teams Varileg Enhanced, ist die Antwort klar: «Wie gut ein Exoskelett in der Praxis funktioniert, hängt in erster Linie vom Piloten ab.» Dieser muss sich an die robotische Hilfe gewöhnen und lernen, wie er sie am effizientesten einsetzt. «Es gibt Personen, die setzen vor allem auf Kraft, andere eher auf Technik. So oder so braucht es viel Training.» Welche Methode die bessere ist, wird sich im Mai 2020 zeigen, wenn Piloten aus der ganzen

Welt mit unterschiedlichen Exoskelett-Systemen in einem Parcours gegeneinander antreten – am Cybathlon-Wettkampf in der Schweiz (siehe Seite 32).

Auch das Team Varileg Enhanced nimmt am Cybathlon teil und hat sich das Ziel gesetzt, alle Hindernisse des Parcours zu bewältigen. Silvia Rohner sagt: «Unser Pilot soll einen erfolgreichen Wettkampf erleben.»

## Es braucht noch Verbesserungen

Beim ersten Cybathlon 2016 gab es bereits ein Team Varileg der ETH Zürich, das mit dem jetzigen Team allerdings wenig zu tun hat. Das aktuelle Exoskelett wurde von Grund auf neu entwickelt – als Studierendenprojekt, das im Sommer 2018 begann und im Sommer 2019 endete. Seither arbeitet ein gemischtes Team der ETH Zürich und der Technischen Hochschule Rapperswil daran, das Robotiksystem fertigzustellen. Das Ziel: ein fertiges Wettkampf-Exo für den Cybathlon. «Es gibt noch viel Potenzial», so Silvia Rohner. Die Mechanik sei sehr gut. Der Software muss aber eine zukunftsfähige Architektur unterlegt werden. Und es braucht eine verbesserte >



Blick ins Innere des Exoskeletts Varileg Enhanced: Pro Seite bewegen zwei maxon EC 90 flat Power up Motoren die Beine.

## Der Cybathlon... steht vor der Tür

Am 2. und 3. Mai 2020 findet die zweite Austragung des Cybathlons in Zürich statt. Erneut treten Menschen mit körperlichen Behinderungen in Parcours gegeneinander an – unterstützt von modernsten technischen Assistenzsystemen. Die Teams und ihre Piloten messen sich in sechs Disziplinen: virtuelles Rennen mit Gedankensteuerung, Fahrradrennen mit elektrischer Muskelstimulation (FES), Geschicklichkeitsparcours mit Armprothesen, Hindernisparcours mit Beinprothesen, Parcours mit robotischen Exoskeletten, Parcours mit motorisierten Rollstühlen.

maxon unterstützt den Event als Presenting Partner und ist live mit dabei. Der Antriebsspezialist wird unter anderem die teilnehmenden Teams mit technischer Beratung unterstützen. Mehr auf: [cybathlon.com](http://cybathlon.com)

Ansteuerung der Aktuatoren. All dies soll bis Ende Winter umgesetzt werden, damit die Trainings mit den Piloten wieder starten können. Einer von ihnen – Thomas Krieg – ist ein ehemaliger Bobfahrer und mit einem starken, sportlichen Ehrgeiz ausgestattet. Seit den ersten Gehversuchen mit dem Exoskelett hat er grosse Fortschritte gemacht und sagt: «Ich komme mit der Maschine immer besser zurecht und bin überzeugt, dass wir am Cybathlon die Herausforderungen meistern können.» Die grösste Schwierigkeit wird er wohl bei der schiefen Ebene haben. Denn seinem Exoskelett fehlt der zusätzliche Freiheitsgrad im Hüftgelenk, womit das ganze Gewicht auf den Gehstöcken und seinen Armen lasten wird.

### Zusätzliche Motorenpower

Die Techniker haben sich für zwei Freiheitsgrade beim Varileg Enhanced entschieden – um Gewicht zu sparen und das System möglichst einfach zu halten. Auf beiden Seiten befinden sich zwei bürstenlose Flachmotoren von maxon, die Hüfte und Knie bewegen. Um das Exoskelett an den Hüften möglichst schmal zu halten, wurden Motor und Getriebe parallel montiert, verbunden über einen Keilriemen. Beim Kniegelenk wiederum ist das Getriebe direkt am Motor angebracht. Im Gegensatz zum Vorgängermodell ist das Varileg Enhanced mit doppelt so starken Motoren ausgerüstet, die bis zu 600 Watt liefern. Die grosse Power ist auch nötig, wie Silvia Rohner sagt. «Beim Treppegehen wirken riesige Kräfte, viel Reserve haben wir nicht.»

Es gibt viele Möglichkeiten, ein Exoskelett zu bauen. Wie erfolgreich das Team Varileg Enhanced mit seinem Konzept ist, wird sich zeigen. Silvia Rohner freut sich jedenfalls auf den Cybathlon: «Es wird schön zu sehen sein, welche Lösungsansätze die anderen Teams wählen und welche Techniken weltweit existieren.» ■

# Serie

Bürstenlose  
Motoren  
mit genutzter  
Wicklung

## Teil II

# Sättigung bei hohem Drehmoment und Strom

Wie weichen die Motordaten von mehrpoligen  
bürstenlosen Motoren mit genuteter Wicklung – also mit  
Eisenkern – vom idealen linearen Verhalten ab?



Urs Kafader,  
Leiter technische  
Ausbildung,  
maxon

Im Gegensatz zu den klassischen eisenlosen maxon Motoren haben die maxon Flachmotoren und die EC-i Motoren eine Wicklung mit Eisenkern. Dies ergibt einen höheren Magnetfluss der Wicklung, und der Motor wird stärker.

In der letzten Ausgabe von *driven* diskutierten wir, wie die hohe Induktivität die Stromantwort verlangsamt. Bei hohen Drehzahlen ergeben sich Abweichungen vom einfachen linearen Verhalten der Motoren mit eisenloser Wicklung. Teil 2 behandelt nun in vereinfachter Darstellung die Effekte der magnetischen Sättigung bei hohen Strömen. Der Eisenkern kann den Magnetfluss nur bis zu einer bestimmten Grenze verstärken; darüber findet keine Verstärkung des Magnetflusses der Wicklung mehr statt. Das resultierende Anhaltmoment des Motors weicht von einer einfachen linearen Extrapolation der Kennlinie ab. Man beachte, dass maxon im Moment (2019) alle Motordaten ohne Berücksichtigung der Sättigung darstellt.

### Magnetische Flussdichte einer Spule

Der magnetische Fluss einer konventionellen Wicklung ist proportional zur Anzahl Windungen multipliziert mit dem Strom im Draht. Ein höherer Strom bedeutet eine höhere Flussdichte, und für den Motor wird mehr Drehmoment erzeugt. Die Drehmomentkonstante des Motors  $k_M$  drückt diese Proportionalität zwischen Strom und Drehmoment aus.

Platziert man weichmagnetisches Eisen in ein externes Feld (erzeugt z.B. durch eine Spule um den Eisenkern), magnetisiert sich das Eisen, d.h., die internen magnetischen Momente richten sich nach und nach entlang des äusseren Feldes aus. Diese Magnetisierung generiert einen zusätzlichen Magnetfluss, und im Motor wird zusätzlich Drehmoment erzeugt. Im Endeffekt bedeutet dies, dass die Drehmomentkonstante des Motors grösser wird.

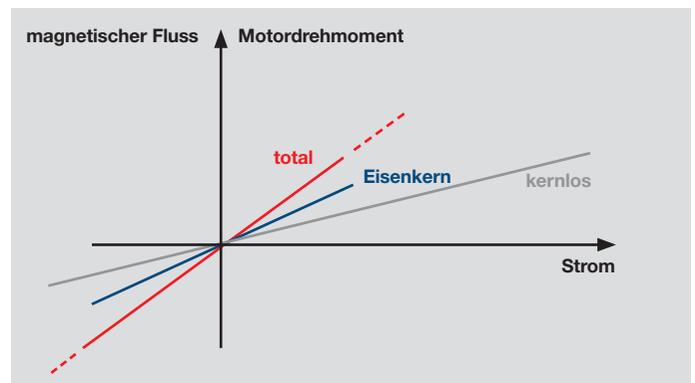
**Abbildung 1** Dieses einfache Bild gilt für kleine Motorströme und tiefe Magnetisierung des Eisenkerns. Und wir haben eine Drehmomentkonstante  $k_M$ , welche für die lineare Abhängigkeit zwischen Strom und Drehmoment im Motor steht.

### Sättigung

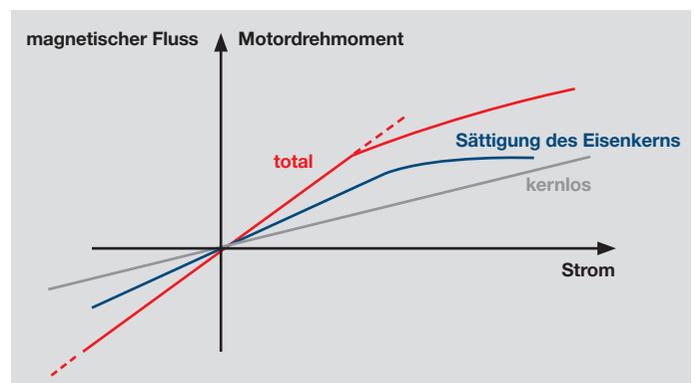
Werden die Ströme grosser, sättigt sich der Eisenkern im Magnetfeld der Spule. Sättigung bedeutet, dass alle internen magnetischen Momente des Eisens gänzlich

ausgerichtet sind. Eine Erhöhung des äusseren Feldes (mehr Strom) hat keinen Einfluss mehr auf die Magnetisierung; es steigt nur noch der Fluss der Spule selber an. Anders gesagt: Um mehr Drehmoment aus dem Motor zu kriegen, ist viel mehr Strom nötig. Oder auch: Mit derselben Stromerhöhung wird nur wenig zusätzliches Drehmoment erzeugt. Die Drehmomentkonstante wird kleiner.

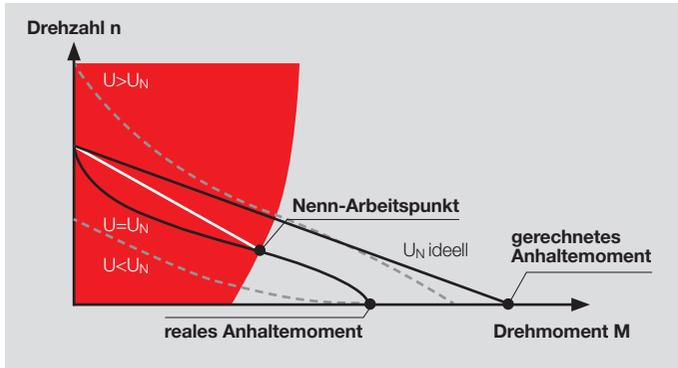
**Abbildung 2** Sättigung tritt bei hohen Strömen auf und wird bei den Motordaten im maxon Katalog nicht berücksichtigt. Hohe Ströme bedeuten aber auch, dass die Abweichungen von den spezifizierten Werten nur im Kurzzeitbetrieb auftreten. Im Wesentlichen sind nur zwei Parameter betroffen: Anlaufstrom und Anhaltmoment. ➤



**Abbildung 1** Die blaue Linie skizziert den zusätzlichen magnetischen Fluss aufgrund der Magnetisierung des Eisenkerns bei kleinen Strömen. Der gesamte magnetische Fluss wird durch die rote Linie dargestellt. Deren Steigung – und damit die Drehmomentkonstante des Motors  $k_M$  – ist grösser als im eisenlosen Fall.



**Abbildung 2** Sättigung des Eisenkerns (blaue Linie). Bei höheren externen Feldern aufgrund des Wicklungsstroms trägt der Eisenkern nichts mehr zur Magnetisierung bei. Der totale Fluss und damit das Motordrehmoment steigt weniger steil an.



**Abbildung 3** Diagramm und Bemerkung zur Sättigung: «Das angegebene Anhaltmoment entspricht dem linear errechneten Lastmoment (ohne magnetischen Sättigungseffekt), welches bei Nennspannung den Stillstand der Welle bewirkt. Bei EC flat und EC-i Motoren kann dieses Moment durch Sättigungseffekte oft nicht erreicht werden.»

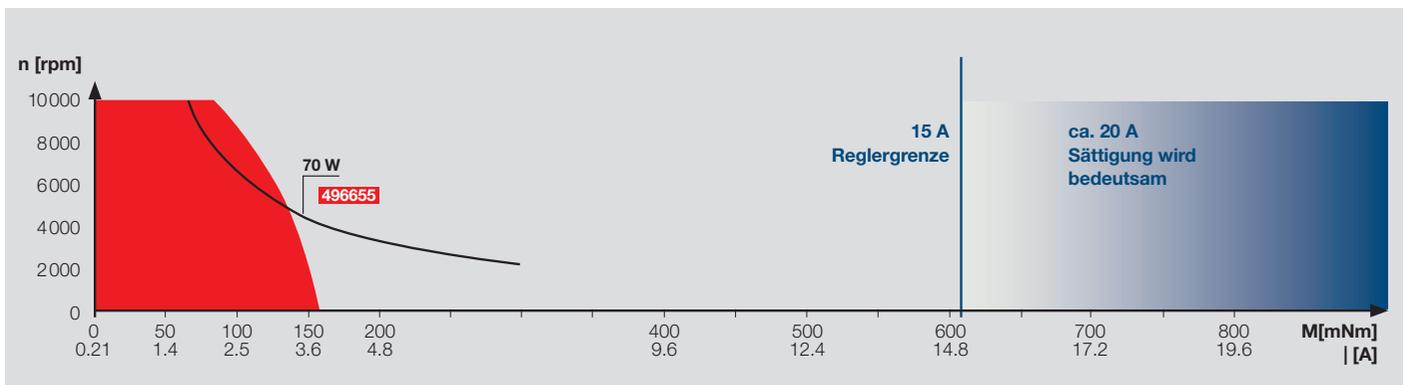
maxon EC motor Typ	Nennstrom	Anlaufstrom	Max. Strom ESCON/EPOS	Strom für 20% Reduktion von $k_M$	Sättigungseffekt
EC-i 30, 50 W std	3.64 A	63.1 A	30 A	ca. 23 A	nur bei max. Strom des Reglers
EC-i 40, 50 W std	2.8 A	47.9 A	15 A	ca. 21 A	kaum
EC-i 40, 70 W HT	2.73 A	60.9 A	15 A	ca. 20 A	kaum
EC-i 52, 180 W HT	6.11 A	225 A	30 A	ca. 60 A	kaum

**Tabelle** Vergleich des Nennstroms und des Anlaufstroms mit dem maximalen Strom passender Regler. Ebenfalls ist der Strom angegeben, bei dem eine signifikante Abweichung in der Drehmomentkonstante beobachtet wurde.

### Praktische Aspekte und Zusammenfassung

Wie bedeutsam sind die Sättigungseffekte in Realität? Alle betroffenen Motoren haben eine sehr flache Kennlinie und entsprechend ein sehr hohes Anhaltmoment verglichen mit dem Nennmoment. Bekanntlich bewegen sich vernünftige Überlastmomente höchstens bis etwa zum fünffachen Nennmoment. Zusätzlich sind die Spitzenmomente häufig durch die Maximalströme der Regler (z.B. maxon ESCON oder EPOS) begrenzt. Die **Tabelle** vergleicht verschiedene Stromwerte von genutzten mehrpoligen EC-i Motoren. Wir erkennen (vgl. auch **Abbildung 4** zur Illustration): Die Anlaufströme liegen weit oberhalb, was die Standard-Regler an Maximalstrom liefern können. In realen Anwendungen können die spezifizierten Anlaufströme – und die entsprechenden Anhaltmomente – nicht erreicht werden. Allerdings können die Motoren mit dem Maximalstrom des Reglers noch immer massiv überlastet werden. Die Sättigung wird erst bedeutsam bei Strömen und Drehmomenten, die höher sind, als was sinnvollerweise erreicht werden kann.

Was man daraus lernen kann: In den meisten Anwendungen steht gar nicht genug Strom zur Verfügung, um auch nur in die Nähe der Sättigungsproblematik zu kommen. Sättigung ist kein wirkliches Problem, ausser man hat ein Netzgerät und einen Regler, welche diese grossen Ströme liefern können. Ob der Motor eine so hohe Überlast liebt, ist wiederum eine andere Frage. ■



**Abbildung 4** Erweitertes Betriebsbereichsdiagramm des EC-i 40, 70 W High Torque (der dritte Motor in der Tabelle). Man beachte, dass theoretisch das Anhaltmoment ohne Sättigung bei 60 A liegt; das ist fast dreimal weiter rechts, als das gesamte Diagramm geht!

# Die Lösung aus dem PULVER

Keramik ist ein hervorragendes Material, um Getriebe zu verstärken – genau deshalb hat maxon vor 20 Jahren eine eigene Pulverspritzguss-Abteilung gegründet. Dort werden auch Keramikteile produziert, die für ein besseres Musikerlebnis sorgen.

Der grösste Stolz der Abteilung kriegt standesgemäss ein eigenes Zimmer. Andreas Philipp, Leiter der Abteilung Pulverspritzguss bei maxon, steuert schnurgerade auf die neu hochgezogenen Mauern hin, öffnet die Türe und zeigt auf die einzige Maschine, die im Raum untergebracht ist – eine Lasermaschine zur Hartbearbeitung von Keramikbauteilen. Die neueste Anschaffung ist in der Lage, Keramik auf 2 Mikromillimeter genau zu schneiden, erklärt Philipp. Die Maschine kann Federelemente mit einer Wandstärke von 17 Mikromillimetern bearbeiten und gleichzeitig präzise Messungen durchführen.

## **Keramik für längere Lebensdauer**

Nur wenige Leute dürften wissen, dass maxon eine eigene Spritzgussabteilung für Keramik und Metall betreibt. Schliesslich ist das Unternehmen hauptsächlich wegen seiner Mikromotoren bekannt. maxon entwickelt und produziert aber auch Steuerungen, Encoder und vor allem Getriebe. Und Letztere müssen für bestimmte Einsätze verstärkt werden. Jedenfalls einzelne Komponenten wie etwa Zahnräder, Achsen oder Planetenträger. Für diese «Aufrüstung» eignet

sich Keramik besonders, schliesslich ist das Material im Vergleich zu Stahl beständiger gegen Chemikalien, hohe Temperaturen und Verschleiss. Keramikachsen in Getrieben verlängern die Lebensdauer beträchtlich. Besonders wenn der Antrieb im Start-Stopp-Betrieb eingesetzt wird. Aus diesem Grund hat maxon vor rund zwanzig Jahren begonnen, Keramikteile für Getriebe selber herzustellen.

## **Von der Spindel bis zum Kopfhörer**

Heute arbeiten in der Spritzgussabteilung 45 Personen, darunter Entwickler, Applikationsingenieure, Qualitätsfachleute und Produktionsmitarbeitende. Sie sind Teil des maxon Produktionswerks in Sexau in Süddeutschland, welches sich auf Getriebe spezialisiert hat. Entsprechend werden rund die Hälfte aller Teile, die die Abteilung verlassen, in maxon Antrieben eingesetzt. Besonders begehrt bei Kunden sind die Keramikspindeln für Linearantriebe, da sie leichtgängig und verschleissfest sind. «Wir sind das einzige Unternehmen, das dem Kunden Motor, Getriebe und Keramikspindel aus einer Hand bieten kann», sagt Produktionsmanager Walter Kuhn. >

maxon fertigt aber nicht nur Keramikbauteile für Getriebe. Zu den Produkten zählen kleinste Düsen für die Industrieautomation, Klinken für die Uhrenindustrie, aber auch Gehäuse für Kopfhörer. Letztere werden bereits seit Jahren im maxon Werk hergestellt und haben laut Hersteller einen positiven Effekt auf die Klangqualität. Zudem sind sie im Gegensatz zu Metallgehäusen kratzfest und behalten ihren Glanz über eine lange Zeit. Die Entwicklung und Produktion von präzisen Keramikbauteilen ist aufwendig und nicht ganz billig. Die Prozesse sind komplex, und für die Hartbearbeitung braucht es Diamantwerkzeuge oder – wie bereits erwähnt – Lasermaschinen. Deshalb wird Keramik meistens nur aufgrund von sehr spezifischen Anforderungen gewählt, die mit herkömmlichen Werkstoffen nicht erfüllt werden können. Oder wie es Andreas Philipp sagt: «Keramik kommt zum Einsatz, wenn alle anderen Materialien versagt haben.»

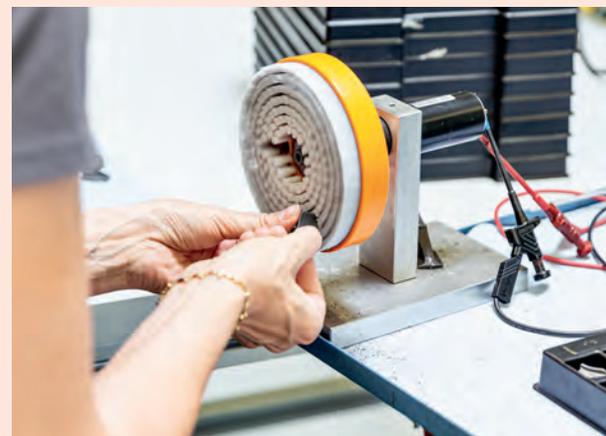
### Zwei Tage in den Ofen

Am Anfang des Produktionsprozesses steht das Granulat, auch Feedstock genannt. Dieses beinhaltet einen bestimmten Anteil an Bindemittel, damit das Material überhaupt in Gussformen gepresst werden kann. Nachdem die Teile die Spritzgussmaschine verlassen haben, können sie bereits leicht bearbeitet werden; mit fertigen Keramikkomponenten haben sie aber noch nicht viel gemein. Diese sogenannten Grünlinge sind spröde und viel grösser als das Endprodukt. Damit sie die herausragenden Eigenschaften von Keramik erhalten, wird ihnen zuerst in einem chemischen Verfahren das Bindemittel wieder entzogen. Danach geht es für zwei Tage in den Ofen zum Sintern, wo die Bauteile bei maximal 1500 Grad Celsius um bis zu 30 Prozent schrumpfen.

Dieser Volumenverlust ist schwierig zu kalkulieren, besonders wenn Toleranzen im Mikromillimeterbereich erreicht werden müssen. Aus diesem Grund geht es für viele Bauteile nach dem Ofen in die Nachbearbeitung.

### Schnelle Bearbeitung von Prototypen

Das Grundprinzip in der Pulverspritzguss-Verarbeitung ist in den letzten Jahren gleich geblieben. Trotzdem sind gewisse Veränderungen spürbar. Laut Andreas Philipp wird wohl in Zukunft die Bearbeitung von Grünlingen abnehmen. Stattdessen geht man vermehrt dazu über, einfache Grundformen zu spritzen und diese danach mit Hightech-Maschinen zu bearbeiten, bis sie die perfekte Form haben. «Dadurch erhalten die Kunden viel schneller einen Prototyp», sagt Andreas Philipp. Auch Kleinserien können rascher ausgeliefert werden. Was sich nicht verändert, ist die Faszination für Pulverspritzguss, die durch die ganze Abteilung spürbar ist. «Jeder Auftrag ist anders, nichts ist Standard. Keramik ist ein massiv herausforderndes Material, und genau das macht es so spannend.» ■

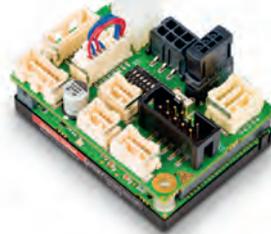


Links: Produktionsmanager Walter Kuhn (links) und Andreas Philipp, Leiter des Bereichs Pulverspritzguss, stehen zwischen den Spritzgussmaschinen und halten Keramikspindeln in den Händen. Rechts: Letzter Schliff für die Keramikteile, damit sie eine schöne Oberfläche erhalten.

# Die Mitwirkenden



**DC-Motor DCX 22  
mit Getriebe GP 30 HD**  
**Encoder und Bremse  
Bürstenloser EC 40  
mit Getriebe GP 41**  
**DC-Motor RE 13  
mit Getriebe GP 13**  
→ ExoMars Rover, S. 7



**EPOS4 Compact  
Positioniersteuerung**  
→ Roboterkamera, S. 24



**Bürstenloser  
EC-Motor  
EC-4pole 22**  
→ Fussballroboter  
Sweaty, S. 4



**Bürstenloser  
EC-Flachmotor  
EC 90 flat**  
→ Exoskelett, S. 30

# Der Held von Notre-

Ein verheerendes Feuer hat die Kathedrale Notre-Dame im Frühling stark beschädigt. Doch die Pariser Feuerwehr verhinderte eine komplette Zerstörung des Gebäudes – auch dank eines speziellen Mitglieds aus den eigenen Reihen.

Fotos: Shark Robotics/ Ian Langsdon/Keystone

**D**er 15. April 2019, 19.50 Uhr: Vor den Augen einer entsetzten Öffentlichkeit stürzt der Spitzturm der Kathedrale Notre-Dame in Paris ein. Die Feuerwehr sieht darin aber nicht nur eine symbolische Tragik: Der Einsturz bedeutet, dass das Kirchenschiff im Inferno der Flammen weiter destabilisiert wird. Ab diesem Zeitpunkt sind das Betreten der Kathedrale und die Brandbekämpfung aus dem Inneren besonders gefährlich. Es fällt die Entscheidung, den Roboter Colossus in die Kathedrale zu schicken.

Hinter Colossus steckt die französische Firma Shark Robotics. Das Unternehmen mit seinen zwanzig Mitarbeitern entwickelt und baut Hightech-Roboter, die in besonders herausfordernden Umgebungen den Menschen assistieren oder sie ersetzen. Die Roboter sind in der Lage, sich in unwegsamem Gelände fortzubewegen. Mit einem Gelenkarm ausgerüstet, unterstützen sie die Feuerwehr oder helfen bei der Entschärfung von Sprengkörpern sowie der Beseitigung anderer Objekte.

### Ein modulares System als Erfolgsrezept

Colossus wurde in Zusammenarbeit mit der Pariser Feuerwehr entwickelt. Er ist dadurch nicht nur zur Brandbekämpfung geeignet, sondern auch zur Rettung von Menschen nach dem Einsturz eines Gebäudes oder zur Beseitigung einer biologischen Gefahr. Angesichts dieser verschiedenen Aufgaben hat sich Shark Robotics für eine modulare Bauform entschieden. Eine Basiseinheit wird mit Ausrüstung bestückt, die auf den jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt ist.

Neben einem Strahlrohr kann der Roboter beispielsweise mit einer um 360° schwenkbaren HD-Kamera ausgestattet werden. Möglich ist auch die Bestückung mit Sensoren, die Parameter wie Temperatur oder Strahlungsbelastung messen oder erkennen, ob Giftstoffe vorhanden sind. Zudem wird Colossus mit einer Rauchabzugsvorrichtung vorausgeschickt, um einen Brandherd für die Feuerwehr zugänglich zu machen. Mit Hilfe eines Greifarms ist er in der Lage, den Zugang zu einem Gebiet freizuräumen. Nicht zuletzt kann Colossus mit einer Trage, einem Rettungskorb



Colossus ist etwa 1,6m lang, 78 cm breit und 76 cm hoch. Sein Leergewicht beträgt 500kg.

oder einem Rammbock ausgerüstet werden. Alle diese Einsatzzwecke stellen hohe Ansprüche an die Qualität und die Festigkeit der Materialien. Daher ist Colossus vollständig aus Stahl sowie Aluminium, das auch in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt wird. Zwei 4000-W-Motoren und sechs Batterien sorgen dafür, dass er bis zwölf Stunden ohne Unterbrechung im Einsatz stehen kann. Er ist komplett staub- und wasserdicht und widersteht einer hohen Wärmestrahlung.

### 3000 Liter Wasser pro Minute

Beim Brand von Notre-Dame kam das Strahlrohr des Roboters zum Einsatz. Damit wurden die Innenwände des Kirchenschiffs und die strukturellen Elemente des Gebäudes nass gehalten, um ein Ausbreiten des Feuers zu verhindern. Über einen Versorgungsschlauch wurde der Roboter mit fast 3000 Litern Wasser pro Minute versorgt – ohne die geringste Gefahr für die beteiligten Einsatzkräfte. Denn Colossus lässt sich über ein Fernsteuerungsmodul inklusive Display bedienen.

Technisch ist die Konzeption eines solchen Roboters eine Herausforderung. Deshalb wandte sich Shark Robotics an MDP – maxon France. Für die Greifarme des Roboters suchte das Unternehmen Motoren, die kompakt, leistungstark und stromsparend im Betrieb sind. «Wir benötigen für unsere Roboter Motoren, die überaus robust und für Extrembedingungen geeignet sind», so Jean-Jacques Topalian, Geschäftsführer von Shark Robotics im Bereich R&D. «Es lag daher nahe, uns für maxon zu entscheiden: Die Firma hat einwandfreie Referenzen, und ihre Motoren sind für den Betrieb in lebensfeindlicher Umgebung bereits erprobt.»

Shark Robotics verwendet inzwischen 19 verschiedene Produkte von maxon und bezieht die Motoren direkt über die Website des Antriebsspezialisten. Und apropos lebensfeindliche Umgebung: Dieselben Elektromotoren sind auch im europäischen Rover verbaut, der ab 2021 den Planeten Mars erkunden wird. ■

# Dame

# Fertig Arbeit?

Text Stefan Roschi



Routinejobs gehören bald der Vergangenheit an. Roboter und KI übernehmen in den nächsten Jahren. Soweit sind sich die meisten Zukunftsforscher einig. Das ist natürlich schön für alle Robotikspezialisten und Programmierer. Weniger schön für die Menschen mit Routinejobs. Was, bitte schön, sollen sie mit ihrem Leben anfangen? Malen? Oder einen eigenen Gemüsegarten anlegen? Umschulen, anpassen, weiterentwickeln, sagt die eine Hälfte der Experten. Die Geschichte wiederholt sich mit jeder industriellen Revolution, viele Berufe verschwinden, andere Tätigkeiten entstehen. Vom Hufschmied zum Fließbandmitarbeiter. So war das schon immer. Keine Panik.

Dann gibt es die andere Hälfte, die davon ausgeht, dass die Digitalisierung keineswegs mit anderen industriellen Revolutionen gleichzusetzen ist. Schliesslich sind Tempo und Ausmass der Veränderung viel höher. Nicht nur Routinetätigkeiten werden automatisiert, sondern auch Berufe, die bisher ein hohes Mass an Bildung vorausgesetzt haben: Anwälte, Ärzte, Journalisten. Erste Newsspalten von Zeitungen werden bereits

heute durch Programme geschrieben (dieser Text hier ist immerhin noch Handarbeit). Zwar wird es neue Jobs geben. Aber lange nicht für alle Menschen. Die grosse Masse betätigt sich kreativ oder karitativ – möglicherweise unterstützt durch ein Grundeinkommen des Staates.

So oder so sind die meisten Forscher der Meinung, dass sich unser Verständnis von Arbeit in den nächsten Jahrzehnten komplett verändern muss. Fixe Arbeitszeiten, fixe Arbeitsplätze oder Stempeluhren werden verschwinden. Ebenso die Grenzen zwischen Privatleben und Job. Unsere Arbeit wird nicht mehr quantitativ gemessen. Viel wichtiger ist, was wir für einen Mehrwert in eine Gruppe einbringen – was auch immer das genau heissen mag.

«Adapt and change!», klingt es da aus der darwinschen Ecke entgegen. Die Zukunft ist digital. Und wenn wir heute noch keine Techniker sind, so kaufen wir uns noch rasch ein Einsteiger-Programmierset von Lego. Oder wenigstens für unsere Kinder. Und für alle Fälle lernen wir in einem Onlinekurs, wie man einen anständigen Gemüsegarten anlegt. ■

Wettbewerb

# Wie viele Personen arbeiten in der Pulverspritzguss-Abteilung von maxon?



Zu gewinnen gibt es eines von drei Solarladegeräten der Marke Goal Zero für den Outdoor-Einsatz.

Senden Sie die Antwort per E-Mail an: [driven@maxongroup.com](mailto:driven@maxongroup.com)

Teilnahmeschluss ist der 28. Februar 2020

Die Gewinner werden informiert. Mitarbeitende von maxon sind von der Teilnahme ausgeschlossen. Über den Wettbewerb wird keine Korrespondenz geführt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

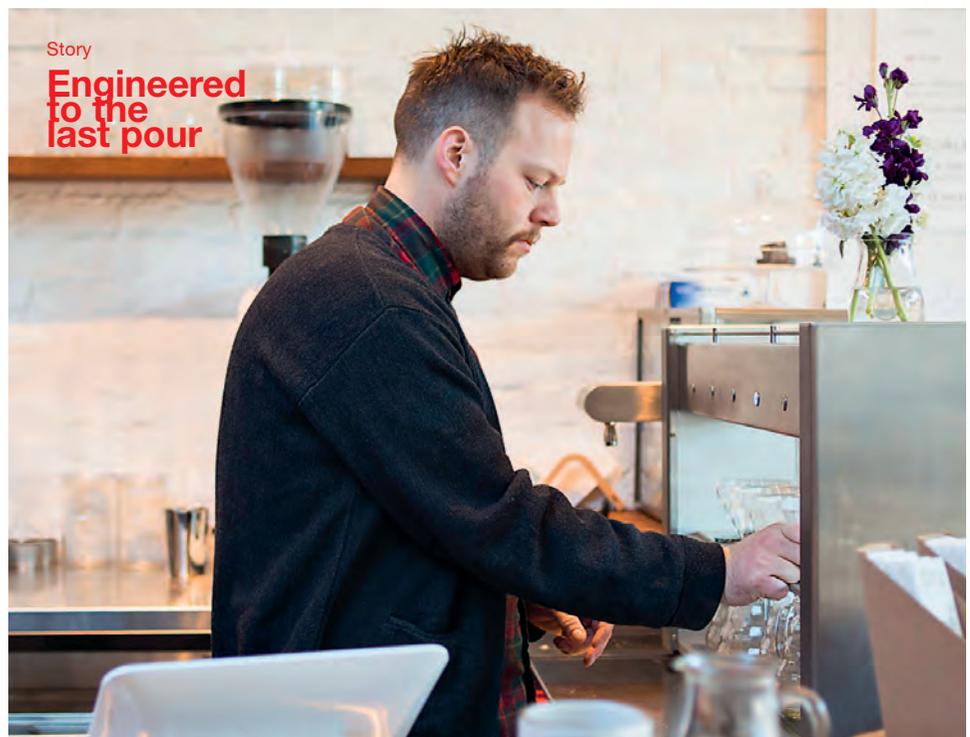
[www.drive.tech](http://www.drive.tech)

## Schauen Sie doch mal bei unserem Blog vorbei!

Auf dem maxon Corporate Blog [www.drive.tech](http://www.drive.tech) finden sich viele spannende Berichte, Videos und Fachartikel, in denen maxon Experten ihr Wissen weitergeben. Lassen Sie sich begeistern, lernen Sie Neues und diskutieren Sie mit unseren Bloggern.



Zum Beispiel dieser Artikel über eine präzise, robotische Kaffeemaschine.



# Zuckerguss

Es ist einer der letzten Produktionsschritte, bevor sich Rotor und Stator zu einem bürstenbehafteten DC-Motor verbinden: Ein Roboter überzieht die Rotoren mit einem Duroplast, der gleich mehrere Zwecke erfüllt. Er überträgt die Kraft zwischen Wicklung und Welle, dient als Isolationsmaterial und schützt vor äusseren Einflüssen.

