

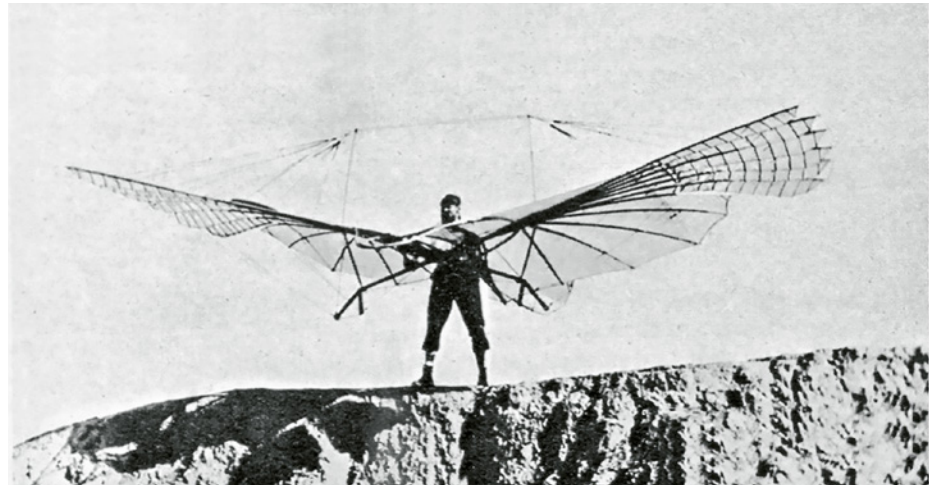
# DRIVEN

by  
**maxon**

60 Years  
of Excellence  
Est. 1961



**Werden wir den Brain  
Code knacken?** s.29



**Wann werden wir wieder sauber fliegen?** s.24



**Gehen Querschnitts-  
gelähmte einst aufrecht  
neben uns?** s.15



**Wie können wir aus den  
Tiefen der Ozeane  
lebenswichtiges Wissen  
bergen?** s.27



**Revolutionieren Frauen  
erneut die Technik?** s.36

## Fragen der Zukunft, Antworten der Technik

- 4 Moment
- 6 News
- 9 Neue Produkte
- 11 Interview Eugen Elmiger,  
CEO maxon Group

# 15 Fokus

## Fragen der Zukunft – Antworten der Technik

Koryphäen und Experten  
beantworten die Fragen der  
Zukunft.

Texte von Simon Brunner



15 Robert Riener  
**Werden Gelähmte einst  
aufrecht neben uns gehen?**



18 Thomas Zurbuchen  
**Werden wir einst auf  
dem Mars leben?**



21 Sherry Turkle  
**Können sich Roboter  
in uns verlieben?**



23 Piet Hinoul  
**Sind Roboter  
die Chirurgen der  
Zukunft?**



29 Pascal Kaufmann  
**Knacken wir den Brain Code?**



31 Zen Koh  
**Werden wir ewig leben?**



36 Margarita Chli  
**Revolutionieren Frauen die  
Technik erneut?**

- 40 Expertise  
Antriebssysteme  
der nächsten Generation
- 42 Kolumne

# Die Helden der Ausgabe



Urs-Ueli Schorno,  
Redaktor maxon driven

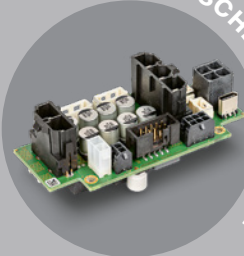
DIE PLATZSPARENDE



MOTORSTEUERUNG  
EPOS4 MICRO

→ Armprothese  
S. 4

DAS ANSCHLUSFREUDIGE



ESCON2 MODUL  
60/30

→ Produktnews  
S. 9

DER SCHNELLE



ECX6 SPEED

→ Chirurgie-Roboter  
S. 23

DER INTEGRALE



HEJ 90-48-140

→ Expertise  
S. 40

## Antrieb der Zukunft

Eine Glaskugel besitzen wir noch nicht. Und doch blicken wir in dieser Ausgabe gemeinsam mit Expert:innen aus der Wissenschaft in die Zukunft: Astrophysiker Thomas Zurbuchen hofft, dass er noch erlebt, wie die Menschen den Mars besiedeln werden – oder zumindest Ferien auf dem Mond machen. Weil auf dem Weg dahin wohl oder übel Abfall anfällt, arbeitet Luc Piguet, CEO von ClearSpace, gleichzeitig daran, wie wir diesen wieder entsorgen.

Aber nicht nur das All, sondern auch unser Alltag und sogar unser Körper werden immer mehr von Technologie durchdrungen: Roboter werden zu Familienmitgliedern, gelähmte Menschen rennen dank Exoskelett schneller als Usain Bolt, und Künstliche Intelligenz stoppt den Klimawandel.

Sind wir zu optimistisch? Ist Technologie tatsächlich gut? Braucht es schlicht mehr weibliche Ingenieure? Auch an diese Fragen wagen wir uns heran. Ob unsere Experten mit ihren Prognosen richtiglagen, wissen wir, wenn wir dieses Heft in hundert Jahren in der Hand halten. Oder besitzen Sie vielleicht schon im Jahr 2024 eine Glaskugel? Dann verraten Sie uns gerne, was uns in Zukunft antreibt!

### IMPRESSUM

Herausgeber: maxon Group / Redaktion: Urs-Ueli Schorno / Realisation: Studio Edit GmbH, Zürich: Katharina Rilling (Projektleitung), Peter Kruppa (Creative Director) / Druck: Druckerei Odermatt AG / Erscheinungsweise: 2-mal pro Jahr / Sprachen: Deutsch, Englisch, Chinesisch  
Auflage: 6500 (dt.), 4500 (engl.), 1000 (chin.) © 2024 maxon. Alle Rechte vorbehalten.  
2024-1 / Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung.

Fotos: maxon group



Mehr spannende News, Storys und Fachberichte  
finden Sie auf: [maxongroup.com](https://maxongroup.com)

FOLGEN SIE UNS





**EPOS4 MICRO**  
Die Micro-Variante der Positioniersteuerung EPOS4 besticht durch die kleine Bauweise und den attraktiven Preis. Besonders spannend für Robotikanwendungen mit engen Platzverhältnissen.



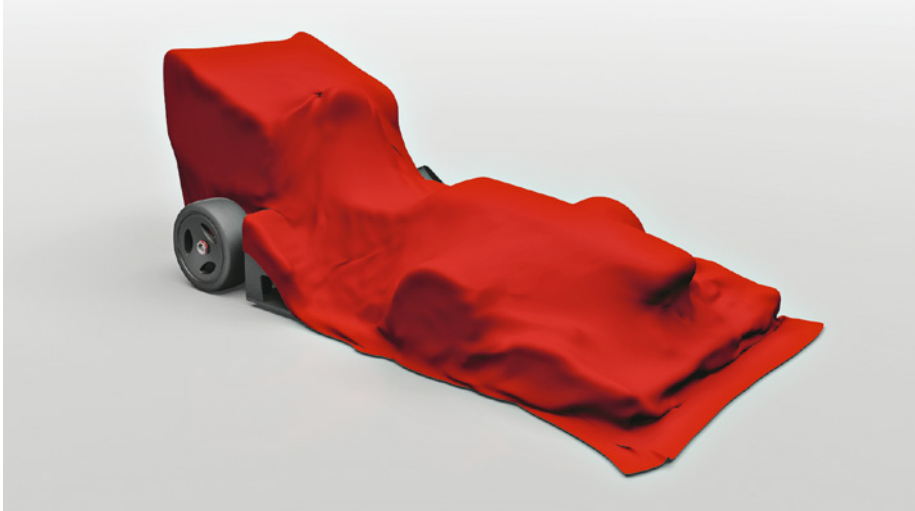
## Road to CYBATHLON 2024

Mit Technologie die Lebensqualität von Menschen verbessern. Das ist der Antrieb für unser Engagement am CYBATHLON. Alle vier Jahre messen sich bis zu 100 Teams mit eigens entwickelten Prothesen, Rollstühlen, Exoskeletten oder Assistenzrobotern, um alltägliche Hürden in Form eines Wettkampfs zu meistern. Dabei stehen die Piloten im Mittelpunkt, die ihre körperliche Behinderung mit Hilfe modernster Technologien überwinden. Im Februar haben die Teams ihre Entwicklungen im Wettkampfumfeld getestet. Zum Beispiel Christophe Huchet, der bei einer Challenge mit seiner Armprothese die Pfannen von einem Tisch zum anderen bewegt. Gespannt beobachten die Entwickler, ob der smartARM die Impulse von Christophe richtig umsetzt. Noch bis zum Herbst 2024 haben die Teams Zeit, Verbesserungen anzubringen, Feinjustierungen vorzunehmen oder das Interface zu optimieren. Vom 25. bis 27. Oktober gilt es dann ernst: In der Arena Schluefweg in Kloten – oder hybrid zugeschaltet aus der ganzen Welt – werden die Weichen für die Zukunft gestellt: Welche Technologie zeigt das Potenzial, auch im Alltag der Menschen zu bestehen? Das ist die Frage, welche die Initiatoren der ETH Zürich beantworten wollen. Wir sind gespannt und drücken Christophe Huchet und den anderen Teams die Daumen.

Hauptsponsor

## maxon unterstützt «Formula Student»-Rekord-Team der ETH

Von null auf hundert in weniger als einer Sekunde? Was nach einem Raketenantrieb klingt, schaffte der Akademische Motorsportverein Zürich (AMZ) 2023 mit seinem Elektroauto «mythen». Mit dem aktuellen Modell «dufour», dessen Design und Leistungsdaten bis dato noch streng geheim sind, wird das Team 2024 in der Formula Student antreten. Als neuer Hauptsponsor und starker Partner wird maxon das Team tatkräftig unterstützen, die Grenzen des elektrischen Rennsports zu erweitern und junge Menschen zu inspirieren, sich den Herausforderungen in Technik und Wirtschaft zu stellen. Eugen Elmiger, CEO maxon Group: «Unsere Partnerschaft mit dem AMZ unterstreicht unser Streben nach technologischer Exzellenz. Durch die Zusammenarbeit fördern wir nicht nur Bildung, sondern gestalten auch die Zukunft der Antriebstechnologie durch die Integration frischer Ideen und Talente. Wir freuen uns auf den Austausch und die kommende Rennsaison.»



Hier geht's zur Website:  
[maxongroup.com](https://maxongroup.com)

Jetzt neu!

## Frischer Webauftritt für maxon

Entdecken Sie die runderneuerte Website von maxon! Mit stolzen 360 überarbeiteten Seiten in 11 Sprachen bieten wir eine optimierte Nutzererfahrung. Von Medical bis Aerospace – die neuen Marktlösungen sind nun übersichtlicher strukturiert. Die Navigation wurde verbessert, um branchenspezifische Inhalte mit wenigen Klicks zu finden. Ein neuer Produktbereich mit klaren Vergleichstabellen erleichtert die Auswahl des passenden Antriebs. Geniessen Sie verbesserten Service & Support mit über 60 Kontaktmöglichkeiten in 11 Sprachen. Unsere direkten Kontaktkanäle für Europa, Asien und Nordamerika wurden erweitert. Ob Plug & Play oder individuelle Entwicklung – unser Expertenteam steht bereit. Der Hub für alle Informationen integriert Anwendungsberichte und Branchen-News nahtlos. Unser Online-Shop ist jetzt direkt in die Website eingebunden, damit Sie aus über 6000 Komponenten Ihren massgeschneiderten Antrieb konfigurieren und bestellen können. Erleben Sie die Welt präziser Antriebe auf [maxongroup.com](https://maxongroup.com) und entdecken Sie, wie die neue Struktur und erweiterte Services Ihre Auswahl und Konfiguration von Antriebssystemen vereinfachen. Willkommen auf der neuen Website von maxon – Ihrem Tor zu innovativen Antriebslösungen!





Umfrage driven

## Die Gewinner!

Unter den Teilnehmenden an der *driven*-Umfrage in der letzten Ausgabe haben wir zehn Sofortbildkameras verlost. Zu den glücklichen Gewinnern gehören: Timo Schrobbach, Daniel Schmitt, Christophe Taramarcay, Rain Tsai, Alois Odermatt, Eugenia Drzewiecki, Hans-Ulrich Müller und Alex Winter. Die Gewinner wurden persönlich benachrichtigt.



Aktuelle Ausgabe

## Der neue Katalog ist erhältlich

Alle Neuheiten – alle Produkte: hochpräzise Antriebe, Getriebe und smarte Steuerungen. Den neuen maxon Katalog 2024/2025 finden Sie hier:



Bequem per QR oder  
[online.flippingbook.com/  
 view/623537/](https://online.flippingbook.com/view/623537/)

Bei maxon geht's los

## SolarButterfly startet Asien-Tour

Der solarbetriebene Wohnwagen SolarButterfly reist seit 2022 rund um die Welt, um Lösungen gegen die Klimaerwärmung zu finden und zu verbreiten. Nach einem Halt in Sachseln, am maxon Hauptsitz, startet das Projekt im Mai seine Tour durch Asien. Von der Schweiz aus geht es quer durch Osteuropa, die Türkei, den Mittleren Osten und die Golf-Staaten bis nach Indien und China. Ein Höhepunkt wird dabei die Durchquerung des Himalaya-Gebirges sein. Im Oktober soll schliesslich Singapur erreicht werden. Unterwegs ist der SolarButterfly immer wieder zu Gast bei maxon Vertriebsgesellschaften vor Ort, wo Mitarbeitende das Team der Solarpioniere empfangen.



«Dass die Tour durch das Himalaya-Gebirge führt, ist für mich ein persönliches Highlight.»

Louis Palmer, Solarpionier



MEHR ZUM ASIA-START  
 Verfolgen Sie die spannende Reise auf [solarbutterfly.org](https://solarbutterfly.org)

Sieht rot: Ingenuity zeigt den Schatten seines abgebrochenen Rotorblatts.

3

Jahre im Einsatz

72

absolvierte Flüge

128

Minuten in der Luft

17

km zurückgelegte Distanz

36

km/h gemessene Geschwindigkeit

24

Höhenmeter

6

bürstenbehaftete DCX-Motoren

Fünf waren geplant, ganze 72 Flüge hat NASA's Ingenuity Mars Helicopter inzwischen absolviert und damit alle überrascht. Nach fast drei Jahren ist aber doch erst mal Schluss: Ingenuity kann wegen eines beschädigten Flügels nicht mehr abheben.

Für die NASA gilt es nun, das Ende des fleissigen Roboters auszuwerten – auch für künftige fliegende Drohnen auf anderen Himmelskörpern. So soll etwa die Mission Dragonfly im Jahr 2028 zum Saturn-Mond Titan aufbrechen.

Bleibt zu sagen:

Danke, Ingenuity, für deinen tollen Einsatz! Wir sind stolz darauf, dir mit unseren Motoren den richtigen Antrieb für deine Missionen verschafft zu haben.

Foto: NASA/JPL-Caltech



# Neue Produkte

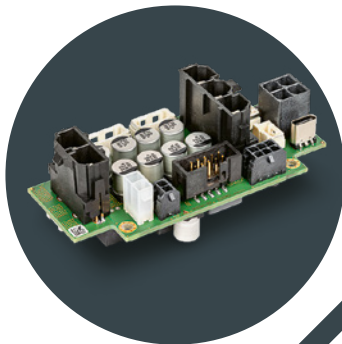


**ECX PRIME 16 L**  
Vielseitig  
kombinierbar

ECX PRIME 16 L

## Hochdynamisches Kraftpaket

Mit dem ECX PRIME 16 L kommt im Frühling 2024 eine zweite Baugrösse der extrem leistungsstarken PRIME-Motorenbaureihe auf den Markt. Ausgerüstet mit eisenlosen Wicklungen und vierpoligen Rotordesigns, weisen die bürstenlosen PRIME-Motoren ein ausserordentlich steifes Drehmoment-Drehzahl-Verhalten auf. Dadurch sind stabilste Regelungen auch in hochdynamischen Anwendungen möglich. Ebenfalls charakteristisch für diesen 53 mm langen ECX PRIME 16 L sind die hohen Drehmomente von bis zu 25 mNm, bei gleichzeitig hohen Drehzahlen von bis zu 40 000 U/min. Den erstmals mit einem Durchmesser von 16 mm im maxon Portfolio verfügbaren vierpoligen Motor gibt es auch als sterilisierbare Variante für beispielsweise medizinische Handgeräte. Frei von Rastmomenten, kann der ECX PRIME 16 L mit einer Vielzahl von anderen maxon Komponenten kombiniert werden, um ein passgenaues Antriebssystem für die jeweilige Anwendung zu generieren.



**ESCON2 Modul 60/30**  
Anschlussfreudig  
und leistungsstark

ESCON2 Modul 60/30 Servocontroller

## Controller der nächsten Generation

Das ESCON2 Modul 60/30 stellt die erste Variante der brandneuen maxon ESCON2 Familie von Servocontrollern dar. Es handelt sich um ein Produkt der nächsten Generation mit einer konstanten Ausgangsleistung bis zu 1800 Watt, CAN-Bus-Schnittstelle, I/O-Steuerung und feldorientierter Regelung (FOC). Dank hoher Leistungsdichte, verschiedenen Rückmeldeoptionen und Steuerschnittstellen ermöglicht es eine ausgefeilte und benutzerfreundliche Bewegungssteuerung. Das Modul ist auch als ESCON2 Compact 60/30 erhältlich, eine sofort einsatzbereite Einheit mit standardmässigen Industriesteckverbindern. Zudem unterstützt das neu entwickelte «Motion Studio» den Kunden bei einer noch einfacheren Konfiguration und automatischem Tuning aller maxon Steuerungen.



**MAXON ONLINE SHOP**  
Hier finden Sie mehr als  
6 000 Produkte, Selektionshilfen, Kombinations-  
tools und ausführliche  
Produktinformationen:  
[shop.maxongroup.ch](http://shop.maxongroup.ch)

**Wir stellen grosse Fragen. Was wird die Menschheit in Zukunft bewegen? Und vor allem: Wie kann uns Technologie bei den Herausforderungen unserer Zeit helfen? Wir befragen Expert:innen und Kund:innen von maxon, aber auch externe Koryphäen. Den Anfang macht Eugen Elmiger, CEO der maxon Group. Er spricht mit uns im Interview darüber, welche Technologien den grössten Einfluss auf das Unternehmen hatten – und haben werden. Er wagt sich dabei auf Äste, plädiert für mehr – vermeintliche – Spinnereien und hofft, dass wir in Zukunft nicht nur älter werden, sondern auch fit bleiben, um E-Bike zu fahren.**

INTERVIEW Urs-Ueli Schorno



# Antworten aus der Welt der Technik



# «Vielleicht kann die übernächste Generation unserer Antriebe Sound generieren: Der Zahnarztbohrer brummt in Zukunft hoffentlich angenehm wie eine Hummel, statt schrill zu surren.»

Eugen Elmiger, CEO maxon Group

## **Blicken wir zunächst ein paar Jahre zurück: Wie hat sich die Arbeit bei maxon verändert?**

Alles ist kompakter und anspruchsvoller geworden. Die Fingerfertigkeit der Mitarbeitenden in der Produktion spielt heute eine entscheidendere Rolle denn je. Als ich vor 30 Jahren zu maxon kam, galt der 10-Millimeter-Motor als Nonplusultra. Heute entwickeln wir beispielsweise ganze Antriebssysteme – Motor, Getriebe, Sensorik und integrierte Steuerung – mit Durchmessern von gerade mal 4 Millimetern. Gleichzeitig steigerten wir mit jeder Miniaturisierung die Leistung, Effizienz und Konnektivität. Diese Fortschritte, angestossen durch die grossen Gerätehersteller in der Medizin, ermöglichen inzwischen die Herstellung handlicher Operationsroboter, die früher ganze Räume beanspruchten. Es ist faszinierend, diese Entwicklungen mit all unseren Talenten mitzuprägen und zu sehen, wie maxon dabei zum weltweit führenden Unternehmen in der Antriebstechnik wurde.

## **Welche Technologien spielten dabei eine Rolle?**

Die Digitalisierung prägt bis heute unsere Produkte. Etwa bei den Speichermedien: Früher produzierte maxon Motoren für Tape-Drives wie VHS-Videorecorder oder Flachmotoren für Bandlaufwerke zum Speichern von Daten auf Magnetbändern. Die Datenspeicher wurden zunächst kleiner, dann zu Solid-State-Laufwerken, schliesslich zur Datenwolke. Motoren sind überflüssig geworden, der Markt für uns uninteressant. Ähnliches gilt aktuell für Lidar-Technologien in der Automobilindustrie: Während einige Hersteller auf motorgesteuerte Laser für die Umgebungserkennung setzen, verwenden andere Solid-State-Sensoren. Was sich durchsetzt, wird die Zukunft zeigen.

## **Und schon sind wir beim Thema. Was macht Ihnen Mut, wenn Sie auf aktuelle Entwicklungen schauen?**

Zunächst: Vieles taucht auf und vieles ver-

schwindet auch wieder. Ich sehe zurzeit riesiges Potenzial in der Künstlichen Intelligenz (KI) oder auch der virtuellen Realität – ich glaube, sie werden uns bei der Entwicklung neuer Produkte und in der Produktion weiterhelfen. Ich bin gegenüber neuen Technologien grundsätzlich positiv eingestellt, bin aber auch Realist genug, die Risiken nicht zu unterschätzen.

## **Was bereitet Ihnen Sorge?**

Technologien können zum Guten oder zum Schlechten eingesetzt werden, das ist eine Frage der Ethik. Künstliche Intelligenz macht etwa Phishing-Attacken noch gefährlicher. Sie gaukeln uns eine Welt vor, deren Realität schwer zu unterscheiden ist. Es be-

steht die Gefahr, dass wir die virtuelle Welt wie Süchtige konsumieren. Deshalb lege ich auch bewusst immer wieder das Smartphone eine Zeit lang zur Seite. (Schmunzelt.)

## **Wir haben über KI und virtuelle Realität gesprochen. Werden diese Technologien Ihrer Meinung nach den grössten Impact haben?**

Sie bringen uns schneller vorwärts. Ich glaube aber, dass Entwicklungen in der Medizintechnik und Biotechnik ein noch grösseres Potenzial haben. Wir werden älter und wollen gesund bleiben. Hier spielt die Robotik eine Schlüsselrolle, da sie minimalinvasive Operationen ermöglicht, die Leben retten oder verlängern können.

Bezogen auf die Produktion, wird die Automatisierung auch unser tägliches Leben und Arbeiten stark verändern. Da haben wir als Firma eine soziale Verantwortung, die Mitarbeitenden heranzuführen.

### **Wie geht maxon die Herausforderungen der Zukunft an?**

Wir müssen anpassungsfähig bleiben. Das heisst, dass wir Innovationen in den Schlüsselmärkten, insbesondere in denen unserer bestehenden sowie potenziellen Kunden, aktiv verfolgen und in Forschung und Entwicklung investieren. Das kriegen wir hin, indem wir eine kreative und neugierige Unternehmenskultur fördern, in der man auch mal Ideen spinnen kann, die im Moment möglicherweise als unrealistisch erscheinen.

### **Was braucht es, um eine kreative Unternehmenskultur zu schaffen?**

Begeisterte Menschen, die sich sowohl vor Ort als auch über Grenzen hinweg miteinander austauschen – ein Mindset, das alles für möglich hält: Was heute nicht umsetzbar erscheint, könnte schon morgen realisierbar sein. Kreative Ideen entspringen nicht ausschliesslich aus formellen Meetings, sondern entstehen genauso an der Kaffeemaschine, während der Mittagspause, nach Feierabend oder beim Träumen. Unser Ziel ist es, solche Gelegenheiten zu fördern. Dazu bedarf es jedoch auch einer gehörigen Portion Offenheit. Innovation entspringt häufig externen Impulsen, sei es durch neue Teammitglieder oder in Gesprächen mit unseren Kunden.

### **Können Sie ein Beispiel nennen?**

Wir waren mit dem damals jungen Start-up ANYbotics im Gespräch. Die Erfolgsaussicht ihres Laufroboters war ungewiss, die Konkurrenz stark. Es kamen Zweifel auf, ob wir überhaupt in Labors an Hochschulen und junge Firmen investieren sollten, um in der Robotik Fuss zu fassen. Wir haben es dennoch getan. Heute wissen wir: Der Austausch mit den Hochschulen

und ihrem Umfeld bringt uns sehr viel weiter. Auch personell. Inzwischen investiert maxon in weitere Labs in Lausanne, aber auch in Japan, Korea und den USA.

### **Welche zukunftsgerichtete Idee aus dem Unternehmen hat Sie in letzter Zeit am meisten begeistert?**

Ich bin generell sehr begeisterungsfähig, wenn es um Technik und Motoren geht. (Lacht.) Aktuell fiebere ich bei den Raumfahrtmissionen mit, wo wir bei verschiedenen Mondlandeversuchen in fast jedem Projekt dabei sind. Wir wissen, dass wir im All der Konkurrenz eine Nasenlänge voraus sind, aber wir müssen das auch immer wieder neu beweisen. Trotzdem bleiben wir mit beiden Beinen auf der Erde – denn hier gibt es noch unzählige faszinierende Ideen, die mich Tag für Tag aufs Neue begeistern.

### **Worauf dürfen Kundinnen und Kunden sich in der nahen Zukunft freuen?**

Schauen Sie in unseren brandneuen Katalog: Die grösseren Getriebe von Parvalux, gepaart mit unseren kleinen, kräftigen Motoren, eröffnen neue Anwendungsfelder, wie den Betrieb von Lifttüren oder grösseren Pumpen. Die Neuheiten bei ECX-Flachmotoren und EC frameless versprechen grosse Sprünge in Mobilität, Robotik und Medizintechnik. Sie sind nicht nur effizient und platzsparend, sondern bieten auch ein exzellentes Preis-Leistungs-Verhältnis. Kombiniert mit Steuerungen wie ESCON, ermöglichen sie fortschrittliche Systemlösungen in autonomen Robotern oder selbstfahrenden Fahrzeugen.

### **Was kann die nächste Generation von maxon Antrieben?**

Wenn der Kunde es wünscht, bauen wir den 2-Millimeter-Motor. Kleiner werden wir nur, wenn es notwendig ist. Auf jeden Fall wird der neueste Antrieb effizienter, braucht weniger Strom und ist superintelligent. Vielleicht kann die übernächste Generation dann Sound generieren: Der Zahnarztbohrer brummt in Zukunft hoffentlich angenehm wie eine Hummel, statt schrill zu surren.


### **Und wenn wir noch etwas weiter in die Zukunft schauen?**

Dann wage ich mich auf den Ast, dass wir in 100 Jahren autokalibrier- und -konfigurierbare Antriebe haben werden, die sich mit bisher unbekannter Präzision auf die jeweilige Anwendung einstellen: Dieser Motor wird zu einem geduldigen Verbündeten, der kraftvoll eine Schraube befestigt, und verwandelt sich eine Umdrehung später in einen beeindruckenden Wirbelwind, um einen Propeller anzutreiben. Dank fortschrittlicher KI wird er nicht nur zum Experten für unterschiedlichste Aufgaben, sondern optimiert sich dabei auch noch selbst.

### **Für welche Anwendungsgebiete braucht es solche supersmarten Motoren?**

Derartige Antriebe haben einen enorm breiten Einsatzbereich. Ein einzelner übernimmt Aufgaben, für die zuvor mehrere Motoren nötig waren. Überall dort, wo wir heute dabei sind – Medizintechnik, Robotik, Elektromobilität –, wird er Anwendung finden und auch Märkte erschliessen, die wir noch nicht kennen.

### **Was ist Ihr persönlicher Antrieb, die Zukunft aktiv mitzugestalten?**

Auch wenn es einfach klingen mag: mit den Technologien, die wir entwickeln, einen nachhaltigen Beitrag zu leisten, die Lebensqualität der Menschen zu verbessern. Sei es in Bezug auf Ökologie oder bei körperlichen Einschränkungen wegen Behinderung, Krankheit und des Älterwerdens. Und wer gesund bleibt, soll auch mit 80 Jahren dank einem E-Bike mit maxon Antrieb Spass haben können. Das alles treibt mich an. 

**EUGEN ELMIGER** lenkt als CEO seit 2011 die Geschicke der maxon Group. Begeistert von allem, was durch Technik angetrieben wird, hofft er, auch im Alter von 100 Jahren mit seinem E-Bike noch neue Trails zu entdecken.



UNTER STROM

# STEHEN WIR VOR DER VELO-REVOLUTION?

Das rettende Fahrrad verleiht Flügel: zeigte schon die berühmte Szene aus dem Film «E.T. – Der Ausserirdische».

«Quizfrage: Welches Produkt ist das? Vor 2007 wurden 6000 davon in der Schweiz verkauft, 2022 waren es 220 000 – und die meisten kosten weit über 1000 Franken.

Antwort: Das E-Velo. Ich denke, kein anderes Produkt hat in dieser Zeitspanne eine ähnliche Wachstumskurve hingelegt. Und die Story ist noch lange nicht vorbei, denn es gibt schlicht keine überzeugendere Antwort auf die heutigen gesellschaftlichen Herausforderungen: Klimawandel, Stau auf der Strasse, überlasteter Verkehr, Bewegungsmangel und, und, und.

Der Klimawandel verlangt von uns, dass wir auf vieles verzichten: fliegen, Fleisch essen, Auto fahren, mit Holz heizen etc. Velo fahren ist die seltene Ausnahme, die Gutes leistet und gleichzeitig jede Menge Spass macht.

Im Rückblick muss man sagen, das E-Velo rettete wohl die Zweiradindustrie. Sie befand sich in den Nullerjahren in einer echten Krise. Interessanterweise waren es Firmen aus der Automobilbranche, die eine wichtige Rolle

spielten bei ihrer Rettung, allen voran Bosch mit ihren Antriebssystemen. Übrigens, in der europäischen Autobranche sind heute weniger Menschen beschäftigt als 2006. Beim Fahrradbau sind es 232 Prozent so viele wie 2006!

Anfänglich hatte das E-Velo einen schlechten Ruf, auch bei den Händlern. Man dachte, nur ältere oder kranke Menschen fahren es. Doch das änderte sich rasch – es macht einfach Spass, mit dem E-Bike auf die Alp zu fahren, dort eine Buttermilch zu trinken und wieder runterzukommen – ohne Sch weiss. So begannen immer mehr Menschen, mit dem E-Fahrrad ins Büro zu radeln, und sie

merkten, dass sie oftmals schneller sind als mit dem Auto, kein Parkplatzproblem haben und erst noch etwas frische Luft schnappen. Unterdessen kooperieren viele Firmen mit Leasinggesellschaften, und ihre Angestellten können E-Velos zu attraktiven Konditionen beziehen. Macht Sinn: Wer Velo fährt, ist gesünder und hat weniger Absenzen.

Wie geht es weiter? Wir stehen an einem Punkt, wo Politikerinnen und Politiker gefordert sind, denn grosse regulatorische Entscheide stehen an: Welchem Verkehrsträger gewährt man wie viel Platz in unseren dichten Innenstädten? Wie geht man mit schnelleren E-Velos und langsameren Velos um – trennen oder nicht? Dürfen E-Velos auf Trails? Braucht es eine Helmpflicht? All diese Fragen haben Einfluss auf die künftige Entwicklung der Industrie.

Grundsätzlich bin ich davon überzeugt, dass der Boom weitergeht, auch wenn derzeit eine kleine Post-Corona-Korrektur stattfindet. Dabei hilft die grosse Innovationskraft der Branche. Vor zehn Jahren gab es vier Typen



**BIKEDRIVE AIR:** Mit dem bürstenlosen DC-Motor und dem geräuscharmen Planetengetriebe effizient und verlässlich.

Fotos: Universal Pictures; maxon group

von Fahrrädern: City-, Trekking-, Mountainbike, Rennrad. Heute habe sogar ich als Velonarr die Übersicht verloren.»



**Volker Stützing** ist Manager Market Segment BIKEDRIVE AIR Systems bei maxon. Seit Kindesbeinen fährt er Velo, denn «das war das einzige Verkehrsmittel bei uns im Dorf». In seinem Keller stehen derzeit fünf Fahrräder, Favorit: das Gravelbike, ein geländegängiges Alltagsrennrad. Diese Kategorie gibt es erst seit ein paar Jahren. Stützing schwärmt: «Gravel ist wie eine neue Sportart, es eröffnet mir neue Wegnetze, die ich mit meinen Roadbikes und MTBs bisher nicht befahren habe.»

**«Viele E-Velo-Fahrerinnen und -Fahrer stellen derzeit fest, dass sie ihre starken Motoren (Leistung) und schweren Batterien (Reichweite) nur zu einem sehr geringen Prozentsatz nutzen, sich dafür aber erhebliche Nachteile in Sachen Komfort, Design und Gewicht eingekauft haben. Wir glauben deshalb an die Light-E-Bike-Antriebe: Unsere maxon Systeme sind mit einem Gesamtgewicht von etwa 3,5 Kilogramm unauffällig im Rahmen integriert, und es sind E-Road-Bikes mit etwa 11 Kilogramm oder E-Trail-/E-Enduro-Bikes mit 15 Kilogramm realisierbar. Dieses geringe Gewicht sorgt dafür, dass sich beispielsweise ein Light-E-MTB technisch auf dem Trail mit gleicher Geschwindigkeit bewegen lässt wie ein herkömmliches MTB, nur eben mit dem enormen Vorteil einer pedalelektrischen Unterstützung. Das war bisher nicht möglich.»**

Volker Stützing

**GRENZENLOS**

# WERDEN GELÄHMTE EINST AUFRECHT NEBEN UNS GEHEN?



«Zuerst einmal: Diese Frage ist völlig falsch gestellt, denn das Ziel von Menschen mit Beeinträchtigung ist nicht, Menschen ohne Beeinträchtigungen zu kopieren, sondern ein möglichst selbstständiges und komplikationsfreies Leben zu führen.

Schaut man sich heutige Exoskelette an, ist man eher enttäuscht: Sie sind klobig, und Krücken sind nötig, um Seitwärtsbewegungen zu stabilisieren. Hollywood hat uns da ein ziemlich falsches Bild eingeprägt. Trotzdem, es gibt viel Innovation in unserer Branche, und die Betroffenen sind um jedes Hilfsmittel froh, das ihnen das Leben erleichtert. Gerade heute war ein Team der Fachhochschule OST bei mir im Büro und zeigte mir eine Art Transformer: ein Rollstuhl, der sich zu einem Exoskelett ausklappen lässt. Ich bin begeistert.

Wenn Sie nun fragen, was in Zukunft alles möglich ist, würde ich sagen: In 50 Jahren werden wir ein System haben, das uns Menschen in allen Belangen überlegen ist. Die einzelnen Komponenten gibt es ja bereits heute: Die Kameras in Smartphones sind besser als unsere Augen, künstliche Muskeln sind leistungsfähiger als menschliche, Hör-

geräte nehmen mehr wahr als unsere Ohren und so weiter. Die Schwierigkeit liegt darin, diese Komponenten zu einem System zu kombinieren und mit genügend Energie zu versorgen. Aber das werden wir schaffen und so den Menschen mit Beeinträchtigung viel Selbstständigkeit zurückgeben.»



**Robert Riener** ist ordentlicher Professor für Sensomotorische Systeme am Departement für Gesundheitswissenschaften und Technologie der ETH Zürich. Ausserdem hat er den CYBATHLON erfunden, eine global führende Plattform für Assistenztechnologien, zu der auch ein Exoskelett-Wettkampf für Menschen mit Beeinträchtigungen gehört. Weder Riener noch jemand in seiner Familie hat eine nennenswerte Beeinträchtigung. Wie kam er denn auf sein Forschungsgebiet? «Mein Vater war Automechaniker, und Medizin faszinierte mich schon seit klein auf», sagt er. «In meiner jetzigen Tätigkeit kann ich beides unter einen Hut bringen. Und zudem einen Beitrag für eine inklusivere Gesellschaft leisten.»

**«Die Motoren von maxon sind die besten auf dem Markt für Exoskelette; ihre Leistungsdichte ist unerreicht: klein und viel Power – das ist zentral in meinem Gebiet.»**

Robert Riener



Die Idee hinter dem CYBATHLON: die Entwicklung alltagstauglicher Assistenzsysteme voranzubringen.

Fotos: maxon group; Bild generiert mit Midjourney (Promt «two people standing shoulder to shoulder, seen from behind, in front of a hiking trail in the mountains. One of them is wearing a smart exoskeleton, the other is carrying a hiking rucksack.»); classbild.ch/Judith Stadler & André Uster; ETH/Alessandro Della Bella.



Mehr erfahren über BIKEDRIVE AIR

SMART FARMING

# WIE WERDEN WIR MORGEN SATT?



Drehen Sie die Seite, um das Bild «Der Gemüsegärtner» von Giuseppe Arcimboldo umgekehrt zu betrachten.



Kameras scannen das Feld, und ein Roboter spritzt bei befallenen Pflanzen – und nur bei ihnen – ein Pestizid.

Ein anderer Vorteil dieses hochtechnologischen Ackerbaus: Man kann viel kleinteiliger anbauen, denn die landwirtschaftlichen Roboter der Zukunft sind klein und leicht und arbeiten im Verbund. Sie können problemlos einen halben Hektar Kartoffeln neben zwei Hektar Mais neben einem viertel Hektar Randen betreuen. Diese Form der Landwirtschaft braucht weniger Personal – ein wichtiger Punkt beim akuten Fachkräftemangel – und sollte längerfristig auch kostengünstiger sein.

Und was macht der Landwirt der Zukunft? Der sitzt in seinem Kontrollzentrum und orchestriert die digitalen Helfer. Das Feld besucht er nur, wenn er frische Luft braucht und er sich an der enormen Vielfalt von Pflanzen und Tieren auf seinem Hof ergötzen möchte.»

«2022 litten rund 735 Millionen Kinder und Erwachsene Hunger – deutlich mehr als vor der Corona-Krise. Zudem haben wir weltweit grosse Probleme mit Monokulturen; sie bedrohen die Biodiversität, fördern Schädlinge und laugen Böden aus. Worauf ich hinauswill: Die konventionelle Landwirtschaft steckt in der Krise. So, wie wir sie heute betreiben, kann es nicht weitergehen – das ist nicht nachhaltig.

Die gute Nachricht ist, dass es Lösungen gibt. Das Stichwort dazu lautet: Precision Farming. Bei dieser Art von Landwirtschaft werden Unterschiede des Bodens und der Ertragsfähigkeit sogar innerhalb eines Feldes berücksichtigt. Ein Beispiel: Heute werden Pestizide grossflächig über den Acker gekippt – obwohl über 95 Prozent der Pflanzen gesund sind. In der Welt des Precision Farmings sieht das dann so aus:



**Martha Wenzel** ist CEO und Mitbegründerin von E-TERRY. Das Start-up ist in Erfurt (D) beheimatet, wo Wenzel in der Nähe auf einem Bauernhof aufgewachsen ist. «Meine Familie betrieb den Hof über 300 Jahre, doch dann mussten wir ihn stilllegen.» Die studierte Betriebswirtin möchte eines Tages den Hof wieder zum Leben erwecken, «doch noch sind die Technologien nicht genügend ausgereift, damit ich meine Vision der Landwirtschaft umsetzen kann», sagt sie.

Fotos: Giuseppe Arcimboldo; Dominique Wollniok



«Meine Firma, E-TERRY, hat einen autonomen Feldroboter entwickelt, der vielfältig einsetzbar ist: beim Jäten, beim Ernte- und Werkzeugtransport, bei der Zustandsanalyse des Feldes und bei vielem mehr. Die Antriebssysteme des E-TERRY haben wir zusammen mit maxon entwickelt; das ganze System wiegt nur 250 Kilogramm und ist trotzdem sehr leistungsstark. Wir haben viel von der Zusammenarbeit profitiert und maxon hoffentlich dabei geholfen, ein neues Marktsegment – die Landwirtschaft – zu erschliessen. In Kürze kommt der E-TERRY auf den Markt.»

Martha Wenzel



Vielseitiger Helfer: Wie ein Traktor ist E-TERRY ein offener Geräteträger, der durch die Integration verschiedener Werkzeuge und Sensoren an spezifische Anwendungen angepasst werden kann.

Fotos: E-TERRY; bigfix/freepik.com



WENIGER ARBEIT

## WAS WERDEN WIR IN ZUKUNFT MIT UNSERER ZEIT TUN?

«Der Ökonom John Maynard Keynes machte 1930 seine berühmte Vorhersage, in der er sagte, dass seine Enkel nur noch 15 Stunden pro Woche arbeiten. Damit lag er einigermaßen daneben, doch die Entwicklung sah er richtig voraus. Tatsächlich umfasst die durchschnittliche Schweizer Arbeitswoche heute etwas über 40 Stunden, zu Keynes' Zeiten waren es noch an die 50 Stunden. Soll ich nun eine Prognose für meine acht Enkelinnen und Enkel machen, bin ich etwas vorsichtiger: Ich würde sagen, sie werden noch auf 35 Stunden pro Woche kommen.

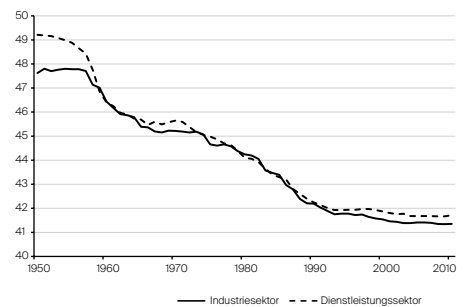
Und damit stellt sich die Frage: Was sollen wir nur mit der so gewonnenen Zeit tun?

Nun, die Antwort darauf ist simpel: Wir werden auch in der Freizeit mehr Zeit vor dem Computer verbringen.

Ist das schlimm? Ich bin ein Technologieoptimist und glaube, dass wir in der Arbeitswelt, aber auch im Privatleben massiv vom Fortschritt profitieren. Das soll nicht heissen, dass die Bilanz in gewissen Bereichen gemischt ausfällt; beispielsweise fällt uns das Close Reading, das wirklich konzentrierte Lesen, immer schwerer. Dafür hat sich das Verhältnis von Informationssuche zu kreativem Arbeiten radikal verbessert: Als ich in den 1960er-Jahren studierte, gingen Stunden, ja Tage drauf, um das richtige Buch zu finden. Heute ist die ganze Weltliteratur bloss einen Klick entfernt.

Wenn ich meine Enkelinnen und Enkel anschau, freut mich, wie selbstverständlich sie analog und digital kombinieren. Und wenn wir über die Zukunft sprechen, denke ich, dass ihnen eine statusreiche Karriere weniger bedeutet, als ein Gebiet zu finden, in dem sie sich entfalten können. Diese Entwicklung stimmt mich zuversichtlich.»

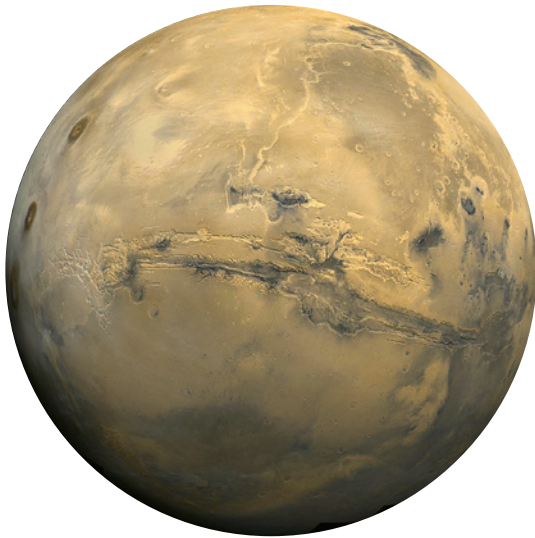
Weniger ist mehr: Die Schweizer Arbeitswoche 1950-2010



Entwicklung der wöchentlichen Normalarbeitszeit in der Schweiz  
Quelle: Siegenthaler (2014)



**Walther Ch. Zimmerli** ist Philosophieprofessor und hatte Lehrstühle an verschiedenen deutschen Universitäten inne, ausserdem ist er Honorarprofessor der Humboldt-Universität Berlin. Für Volkswagen gründete und präsidierte er eine eigene Fortbildungsstätte, die AutoUni. Sich als Philosoph in den gesellschaftlichen Diskurs einzubringen, ist für Walther Ch. Zimmerli selbstverständlicher Teil der angewandten Philosophie. «Einmischungen» heisst denn auch ein Buch von ihm. Und auch die «Zeit» titelte ein Porträt über ihn: «Philosoph für alle Fälle».



**Links:** Der Mars, aufgenommen von Raumsonde Viking 1, 1980.  
**Rechts:** Künstliche Darstellung eines menschenfreundlichen Mars. Findet hier die Zukunft der Menschheit statt?

## AUSWANDERER

# WERDEN WIR EINST AUF DEM MARS LEBEN?

«Davon gehe ich aus – und hoffentlich passiert das noch zu meinen Lebzeiten. Menschen waren schon immer neugierig und erschlossen unzählige neue Gebiete. Ich sehe nicht ein, warum das beim Mars anders sein sollte.

Exotisches Selfie: Der Mars-Rover Perseverance (gross) mit Mars-Hubschrauber Ingenuity («Ginny»).

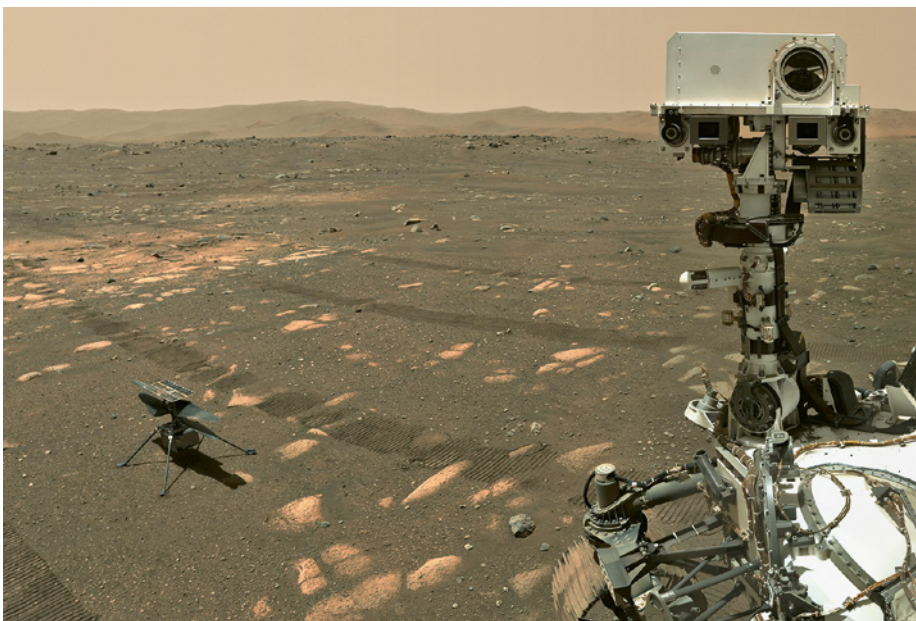
Aus heutiger Sicht mache ich drei Hauptschwierigkeiten aus: Der Flug dauert derzeit sieben Monate, das ist zu lange, auch weil die Strahlung unterwegs unglaublich hoch ist. Dann ist die Landung der Rakete sehr anspruchsvoll. Wir haben bisher noch kein System entwickelt, um grössere Frachten sicher runterzubringen. Und zuletzt ist das Leben auf dem Mars eine Herausforderung: Die Durch-

schnitttemperatur liegt bei minus 62 Grad, es gibt wenig Sauerstoff und starke Sandstürme. Trotzdem: Das werden wir schaffen.

Wie die Mars-Mission aufgebaut werden könnte? Eigentlich ganz ähnlich wie im Hollywoodfilm «The Martian»: Bevor die Astronauten landen, bringen unbemannte Missionen alles Material hoch, also Unterkunft, Nahrung, Sauerstoff, Medikamente, Geräte, Kleider, Fortbewegungsmittel, Forschungsutensilien – und natürlich eine Rakete für die Rückkehr.

Wenn wir eine erste Mission etabliert haben, werden mehr und mehr Menschen folgen, und wir werden das Mars-Leben besser in den Griff bekommen. Elon Musk und andere gehen davon aus, dass wir den Roten Planeten «terraformen» können, das heisst, dass wir Klima, Atmosphäre und Oberfläche so verändern können, dass ein menschenfreundlicheres Ökosystem entsteht. Dazu will Musk die vereisten Mars-Polarkappen mit einer nuklearen Sprengung schmelzen. Da bin ich aus wissenschaftlicher Sicht etwas skeptisch.

Ein weiterer Punkt: Wir sprechen viel über den Mars. Es gibt aber auch andere Orte im All, wo Leben fernab der Welt möglich sein könnte, beispielsweise auf dem Jupiter-Mond Europa oder dem Saturn-Mond



Fotos: NASA / USGS; Daein Ballard, CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons; NASA/JPL-CALTECH/MSSS

Titan. Auf beiden gibt es Wasser – das ist immer interessant, denn das deutet auf Leben hin. Nur dauert die Reise zum Titan derzeit noch sieben Jahre.

Womit wir bei der grossen Frage sind: Gibt es sonst noch Leben im All? Die Antwort darauf kenne ich nicht, aber ich kann sagen: Seit ich 1996 meine Doktorarbeit schrieb, scheint das heute sehr viel wahrscheinlicher zu sein: So wissen wir etwa erst seit ein paar Jahren, dass Sterne in der Regel von Planeten umkreist werden. Und viele davon sind der Erde relativ ähnlich.

Doch wenn wir andere Lebensformen im All finden, werden das kaum hochintelligente Aliens sein, sondern primitive Organismen, beispielsweise Mikroben mit simplen Zellstrukturen. Man muss wissen: Wir suchen eher das erste Leben der Geschichte, nicht das letzte.»



**Thomas Zurbuchen** war von 2016 bis 2022 Wissenschaftsdirektor der NASA und begleitete in seiner Amtszeit 37 Starts und 55 neue Missionen. Zurbuchen ist promovierter Astrophysiker, heute ist er Professor an der ETH Zürich und leitet in dieser Funktion die Initiative ETH Zürich Space. Zurbuchen wuchs in Heiligenschwendi auf, einer 700-Seelen-Gemeinde am Thunersee. Er sagt: «Wenn man auf dem Land aufwächst, hat man eine ganz andere Beziehung zum Himmel und zu den Gestirnen – in der Stadt sieht man die ja kaum. Schon früh interessierte mich das All, und ich wollte die grossen Zusammenhänge verstehen.»

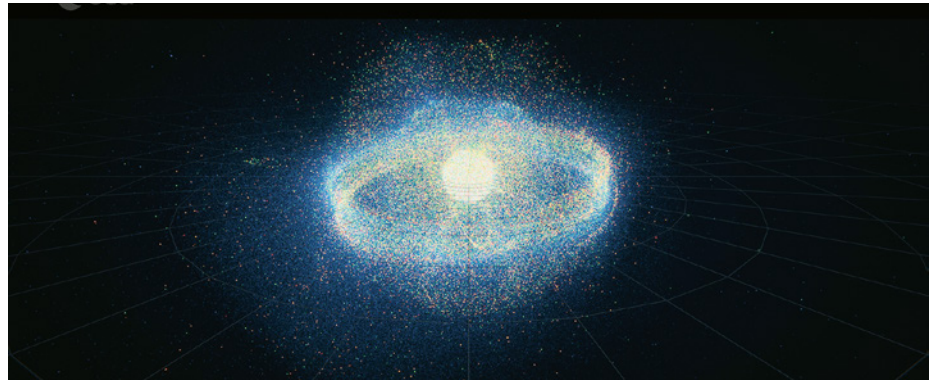
**«Als ich 2016 zur NASA kam, staunte ich nicht schlecht: Da gab es diese Schweizer Firma aus Obwalden, welche die bekannteste Raumfahrtorganisation der Welt schon seit Jahren belieferte. Soviel ich weiss, wurde die NASA in den 1990er-Jahren bei einer Messe auf maxon aufmerksam, und seither kommen die Motoren für die Mond- und Mars-Fahrzeuge aus Sachseln.»**

**Thomas Zurbuchen**

Fotos: NASA/Aubrey Gemignani; ESA – European Space Agency; ClearSpace SA

**ORDNUNG IM ORBIT**

# WIRD UNS DER WELTRAUMSCHROTT UM DIE OHREN FLIEGEN?



«In der Weltraumindustrie herrscht derzeit eine ähnliche Atmosphäre wie im Silicon Valley der 1980er-Jahre, als der PC erfunden wurde: Goldgräberstimmung. Die Anzahl der Satelliten im All nimmt gerade exponentiell zu, fast 9000 fliegen derzeit durchs All. 2010 waren es noch knapp 1000. Warum das so ist? Eine Vielzahl der Dinge, die wir täglich tun, ist von Satelliten abhängig: im Internet surfen, unsere Position auf einer Karte anzeigen, Wetterdienste abfragen, fernsehen und, und, und. Zudem sind Satelliten in den letzten Jahren massiv billiger und kleiner geworden.

Die Weltraumindustrie wächst also exponentiell, doch in einem wichtigen Punkt unterscheidet sie sich von den meisten anderen Wirtschaftszweigen der Welt: Sie kümmert sich nicht gross um Unterhalt und Entsorgung ihrer Assets. Das Motto lautet: «produce, operate, forget» (herstellen, betreiben, vergessen).

Nun könnte man meinen: Wen kümmert's, dass ein ausgedienter Satellit durchs All schlingert – er ist ja kaum grösser als eine Mikrowelle? Doch abgesehen von der massiven Zunahme von Weltraumschrott rasen diese bis über 500 Kilogramm schweren Flugkörper mit 28000 Kilometern pro Stunde durch den Orbit und können mit funktionierenden Satelliten zusammenstossen – es klingt paradox, aber es gibt eben gar nicht so viele geeignete Umlaufbahnen für Satelliten. Darum

wird es in Zukunft immer wichtiger sein, dass wir im Weltraum aufräumen. Sogar die UNO fordert, dass Unternehmen ihre Satelliten innerhalb von 25 Jahren nach Ende ihrer Mission aus der Umlaufbahn entfernen.

Doch wie soll das gehen? Schon nur ein Zielobjekt im All zu finden, ist enorm schwierig. Dann muss man es noch einfangen und schliesslich wegschaffen. Zusammen mit der



Diese vier Arme sollen in Zukunft für Ordnung im All sorgen: das Flugobjekt von ClearSpace.  
Oberes Bild: Weltraumschrott!



Europäischen Weltraumorganisation (ESA) arbeiten wir an ClearSpace-1, der weltweit ersten Mission, um Weltraum-Müll zu entfernen.

Unser Konzept für ClearSpace-1 sieht vor, dass wir mit einem vierarmigen Flugobjekt eine alte Vega-Trägerrakete einfangen und in die Atmosphäre zurückbringen – beim Wiedereintritt werden beide verglühen. Parallel dazu entwickeln wir CLEAR, eine Mission mit der britischen Weltraumbehörde, bei der das Ziel ist, zwei Objekte in der gleichen Mission zu entfernen. Frühestens 2026 fliegen wir los.

ClearSpace-1 legt den Grundstein für zukünftige kommerzielle, unbemannte Raumfahrtdienste, sogenannte In-Orbit Services (IOS). So ist geplant, dass wir Objekte im Weltraum reparieren können – oftmals brauchen sie ja «nur» eine neue Batterie, und dann laufen sie wieder für ein paar Jahre.

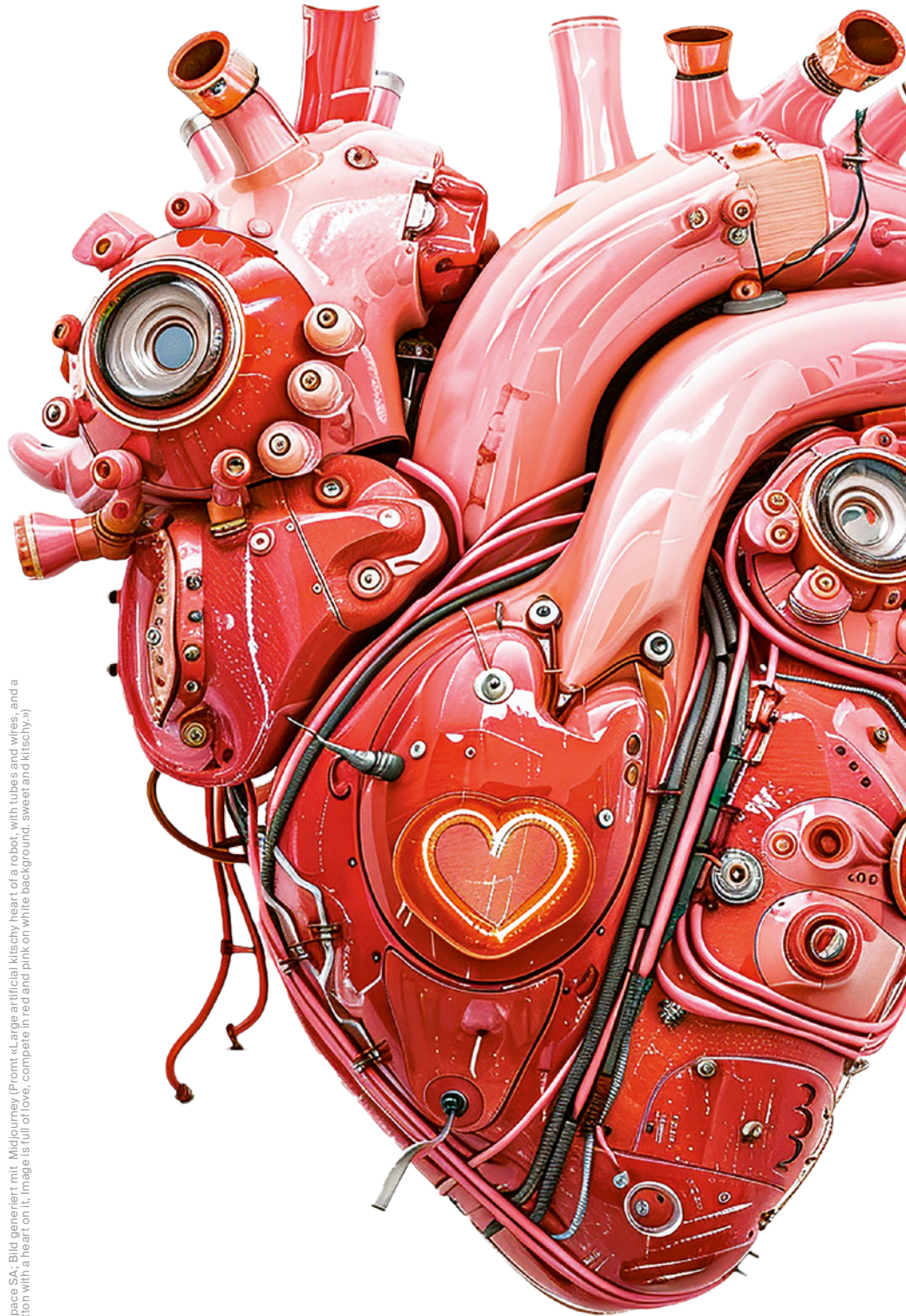
Und eines Tages können wir vielleicht sogar Objekte zur Erde zurückbringen und sie hier recyceln. Doch das ist noch Zukunftsmusik. Es ist eine grosse Ehre, die erste Schweizer Weltraum-Mission durchzuführen. Dabei wäre unser Land prädestiniert für diese Industrie: Unsere technischen Hochschulen sind auf Weltklassenniveau, Hightech ist sowieso Teil unserer DNA, und wir sind international unglaublich gut vernetzt. Es würde mich sehr freuen, wenn unser Start-up weitere Jungfirmen ermutigt, in diese Branche einzusteigen.»



**Luc Piguet** ist CEO und Mitgründer von ClearSpace SA. Bis vor sieben Jahren, als er Muriel Richard-Noca traf, die Chief Engineer und Mitgründerin von ClearSpace, hatte er, wie er selber sagt, «noch keine Ahnung von der Weltraumindustrie». Als er das enorme Potenzial erkannte, kündigte er seinen Job in einer Chemiefirma und startete ClearSpace SA. Das war 2018 – heute beschäftigt das Waadtländer Start-up bereits über 100 Mitarbeitende.

**«Natürlich verwenden wir nur die besten Motoren und Steuersysteme der Welt, um den Weltraumschrott einzusammeln. Deshalb gibt es für uns keine Alternative zu maxon.»**

Luc Piguet



Fotos: N/ClearSpace SA; Bild generiert mit Midjourney (Prompt «Large artificial kitschy heart of a robot, with tubes and wires, and a special love button with a heart on it, image is full of love, compete in red and pink on white background: sweet and kitschy.»)

KE: KÜNSTLICHE EMOTIONALITÄT

# KÖNNEN SICH ROBOTER IN UNS VERLIEBEN?

«In den 1950er-Jahren schlug Alan Turing einen Test vor, der zum Goldstandard für die Beurteilung der Intelligenz von Computerprogrammen wurde. Laut Turing ist ein Programm intelligent, wenn der (menschliche) Benutzer nicht sagen kann, ob es mit einer Maschine oder mit einer Person zu tun hat. In dieser Definition fehlt jedoch das Kriterium, ob der Computer selber den Inhalt der Interaktion versteht.

Nach und nach begannen Systeme mit Künstlicher Intelligenz, Turings Herausforderung zu meistern. Bereits zur Jahrtausendwende konnten Chatbots mit Künstlicher Intelligenz relativ flüssig sprechen. Doch damals war man sich einig, dass die Welt der Menschen etwas Einzigartiges ist, auch wenn Maschinen immer intelligenter werden: Simuliertes Denken mag Denken sein, aber simuliertes Fühlen ist kein wirkliches Fühlen. Simulierte Liebe ist niemals echte Liebe. Dann trat eine neue Art von künstlichen Objekten in unser Leben ein, und diese baten um Zuwendung und Bindung. Damit war eine neue Art von KI geboren. Es war keine blosse Künstliche Intelligenz mehr, sondern Künstliche Intimität.

Das erste dieser Objekte war das Tamagotchi, das 1996 in Japan auf den Markt kam: ein kleines digitales Lebewesen in einem Plastik-Ei, das seine Besitzer ersuchte, es zu füttern, zu unterhalten und zu reinigen. In der Beschäftigung mit Tamagotchis – und später mit Furbies, Aibos und My Real Babies (das sind andere Beziehungsroboter) – habe ich Folgendes gelernt: Wir pflegen das, was wir lieben, und wir lieben das, was wir pflegen. Wenn ein digitales Lebewesen um Fürsorge bittet, haben wir das Gefühl, eine Bindung entstehe, und wir glauben, dass wir im Gegenzug auch umsorgt werden.

Damit hatte das Spiel ein neues Level erreicht: Digitale Geräte (das können Chatbots sein oder Roboter) haben sich unsere Empathie verdient und geben uns empathische Antworten – sie sind zu Empathie-Maschinen geworden. Unterstützt von grossen Sprachmodellen wie ChatGPT, bestehen diese Artefakte nun sogar den Turing-Test für Empathie. Aber egal, wie überzeugend sie sind, ihre Empathie ist nur vorgetäuscht, denn sie kennen den Verlauf des menschlichen Lebens nicht. Sie können sich nicht in unsere Lage versetzen. Sie empfinden nichts vom menschlichen Verlust, von der Liebe oder von den Schwierigkeiten, die wir ihnen beschreiben. Oder von dem, was sie für uns bedeuten.

Zur Jahrtausendwende sagte ich, dass wir den Roboter-Moment erreicht hätten – nicht weil wir Roboter geschaffen haben, die bereit sind, mit uns eine Beziehung einzugehen, sondern weil wir Menschen bereit für sie sind; bereit, simulierte Gefühle als echte Gefühle, simulierte Liebe als wahre Liebe zu akzeptieren. Zwei Jahrzehnte später haben Millionen von Menschen Beziehungen zu Programmen wie Replika und Woebot, die als Begleiter, Therapeuten und Liebhaber fungieren. Vorgespielte Empathie genügt.

Was die Chatbots heute sind, werden die Roboter morgen sein. Ihre physische Präsenz macht sie noch verlockender für Beziehungen als Bildschirm-Chatbots. Sie können ein Zuhause auf Sicherheit überwachen, einem Kind vorlesen und einem älteren Menschen helfen, der gestürzt ist. Sie können Medikamente ausliefern und bei Hausaufgaben unterstützen. Sie können als sexuelle Ersatzpartner dienen. Wie bei den heutigen Chatbots können wir davon ausgehen, dass künftige Roboter uns nicht auf ihre Limitierungen hinweisen, sondern alles tun, um zu suggerieren, sie hätten keine solchen.

Doch ihre baldige Markteinführung sollte uns ein Alarmsignal sein: Der Moment ist gekommen, um innezuhalten und über Grundsätzliches nachzudenken. Roboter mit vor-

gespielter Empathie bieten uns einen vorgegaukelten Nutzen: die Illusion von Kameradschaft ohne die Anforderungen einer Freundschaft, die Illusion einer Verbindung ohne die Gegenseitigkeit einer Beziehung. Die Interaktion mit diesen Empathie-Maschinen kann die Fähigkeit von Kindern, Empathie zu entwickeln, beeinträchtigen.

Auf Fragen wie: Werden Roboter zu Familienmitgliedern?, antworte ich: Sollten Roboter überhaupt Familienmitglieder werden? Mir ist bewusst, dass sich Menschen nach Nähe sehnen und auch, dass wir – gerade in der Pflege – einen grossen Mangel an Fachkräften haben, der sich in den kommenden Jahren noch ak-

zentuieren wird. Technologie kann da eine Rolle spielen, doch wir sind ihr gegenüber verletzlich geworden und sollten uns immer fragen: Unterstützt uns dieser Roboter oder jenes Gadget tatsächlich? Tun wir das nicht und geben wir der Technologie keine klaren Leitplanken, wird das beschnitten, was unser Menschsein im Kern ausmacht.»



Einst heiss geliebt und schnell wieder vergessen: das bedürftige digitale «Lebewesen» Tamagotchi.



**Sherry Turkle** ist eine US-amerikanische Soziologin und Professorin am Massachusetts Institute of Technology (MIT). Sie hat viele Bücher über die Beziehung von Menschen zu digitalen Objekten verfasst, zuletzt «The Empathy Diaries» (Penguin Press). «Forbes» zählte Turkle 2018 zu den «50 wichtigsten Frauen in Tech». Die 75-Jährige mahnte schon früh vor den Gefahren einer hochtechnologisierten Gesellschaft. Doch sie sagt auch: «Ich bin nicht gegen Technologie, ich bin für Konversation.» Und was rät sie konkret für den Umgang mit Handy und Co.? Wir sollen «heilige Zeiten» in den Tagesablauf einbauen, in denen wir bewusst kein Gadget zur Hand nehmen und uns ganz auf unsere Gegenüber einlassen. Denn dass wir die Fähigkeit zu Multitasking haben, hält sie für einen Irrglauben.



OP FÜR ALLE

# SIND ROBOTER DIE CHIRURGEN DER ZUKUNFT?

«Fünf Milliarden Menschen haben heute keinen Zugang zu sicheren, erschwinglichen Operationen: Weltweit werden jährlich über 300 Millionen chirurgische Eingriffe durchgeführt, aber nur 6 Prozent davon in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen; das heisst, es bräuhete weltweit 143 Millionen zusätzliche Operationen pro Jahr. Diese Zahlen und Fakten stammen aus einer Studie in der renommierten Fachzeitschrift «Lancet» und zeigen deutlich, dass eine Revolution beim Zugang zu Chirurgen und den entsprechenden chirurgischen Instrumenten erforderlich ist.

Am Rande bemerkt: Das Thema betrifft nicht nur Entwicklungsländer – auch in Zentraleuropa gibt es bereits eine Unterversorgung an Chirurgen und sogar in gewissen Gebieten der USA. Und es ist keine gewagte Prognose, dass die demografische Entwicklung das Problem weiter verschärfen wird.

Was ist also zu tun? Es handelt sich um ein komplexes Problem, das einen mehrgleisigen Ansatz erfordert: Bildung, Politik, Infrastruktur usw. sind gefordert. Chirurgische Robotik und Telemedizin können dabei eine wichtige Rolle spielen. Operationsroboter bieten die Vorteile der minimalinvasiven Chirurgie, die eine schnellere Genesung der Patienten (und damit weniger Nachversorgung), eine bessere Visualisierung des Operationsfeldes sowie eine verbesserte Bewegungsfreiheit und Präzision ermöglicht.

Solche Roboter werden heute bereits eingesetzt, sind aber noch die grosse Ausnahme; ihre weltweite Verbreitung liegt gerade einmal bei etwa 5 Prozent. Dies wird sich bald ändern, da ihre Entwicklung rasant fortschreitet, sie immer billiger und einfacher zu handhaben werden. Mittel- bis langfristig werden solche Roboter in der Lage sein, (halb-)unabhängig zu operieren. Der Arzt wird den Eingriff überwachen und kann problemlos mehrere Operationen parallel beaufsichtigen. Noch wichtiger ist, dass der «integrierte Operationssaal» dem Roboter Echtzeit-Feedback und Tracking-Tools zur Verfügung stellt, die die Entscheidungsfindung des Chirurgen



Das chirurgische Robotersystem MIRA lässt sich schnell und einfach einrichten.

verbessern und so zu besseren und standardisierten Ergebnissen führen.

Diese Welt liegt noch in weiter Ferne, aber die Konvergenz von KI und chirurgischer Robotik ist in greifbarer Nähe. Ich schätze, es wird noch 10 bis 20 Jahre dauern.

Wenn dies geschieht, wird hoffentlich nicht nur die Produktivität in der Chirurgie steigen, sondern auch die Kosten werden stark sinken. Die Kombination aus der Verringerung der Invasivität, der optimierten Nutzung der Zeit des Chirurgen, miniaturisierten chirurgischen Robotern und Telemedizin sollte es jedem auf der Welt ermöglichen, eine chirurgische Versorgung zu erhalten.»



**Piet Hinoul** ist Chief Medical Officer von Virtual Incision, einem amerikanischen Start-up-Unternehmen mit Sitz in Nebraska, das eine neue Art von Mini-Operationsrobotern entwickelt und herstellt – und als erstes eine US-Zulassung für solche Systeme erhalten hat. Das Konzept der Miniaturisierung geht auf die frühe Karriere des Firmengründers Shane Farritors zurück; er arbeitete bei der NASA am Bau des ersten Mars-Rovers mit, wo alles möglichst klein sein musste. Vor seiner Rolle bei Virtual Incision arbeitete Hinoul lange Zeit als Gynäkologe in Belgien.



Mehr zum Chirurgie-roboter MIRA  
[virtualincision.com/mira](https://virtualincision.com/mira)



**ECX6 SPEED**  
mit kundenspezifischem  
Antriebssystem

«Das Unternehmen, für das ich arbeite – Virtual Incision –, hat einen zweiarmigen chirurgischen Roboter mit integrierter flexibler Kamera entwickelt, der letztes Jahr in einer klinischen Studie zur Dickdarmchirurgie die ersten 30 Operationen am Menschen durchführen konnte. MIRA, so der Name des Systems, ist eine kompakte Lösung mit den Fähigkeiten grosser «Mainframe»-Roboter. Das System wurde so verkleinert, dass es in ein Operationsieb passt, sodass es überall, jederzeit und für jeden Patienten einsatzbereit ist. Die Roboterarme werden von maxon Motoren bewegt: In diesem hochsensiblen Bereich vertrauen wir nur auf die beste Schweizer Hightech.»

Piet Hinoul



Operationen im All: Auf der ISS hat der Roboter MIRA im Februar 2024 einen simulierten chirurgischen Schnitt – von der Erde aus ferngesteuert – vorgenommen.

ABGEHOBEN

# WERDEN WIR (WIEDER) SAUBER UND LÄRMFREI FLIEGEN?

«Der vergangene Sommer hat es in aller Deutlichkeit gezeigt: Der Klimawandel ist da, und die Folgen sind verheerend. Wir müssen etwas tun. Und zwar jetzt.

Meine Firma, EENUUEE, ist in der Aviatik tätig. Unsere Branche verursacht 2 bis 3 Prozent der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen, ausserdem stösst das Fliegen weitere Treibhausgase aus. Wir sind also in der Pflicht. Doch es reicht nicht, das Röhrendesign der Flugzeuge, das es seit 75 Jahren gibt, zu optimieren und die Effizienz um 5 Prozent zu steigern. Wir müssen den Flugverkehr grundsätzlich neu denken.

Der erste Schritt ist, dass wir damit aufhören, Monster-Flughäfen zu bauen. Sie sind viel zu wenig nachhaltig, und zudem stehen sie meist am falschen Ort: Die Anreise, oftmals mit dem Auto, verschlechtert die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Fliegens weiter. Wir müssen zweitens direkt fliegen und bestehende Infrastrukturen nutzen; dabei denke ich vor allem an Provinzflughäfen. Später starten und landen Flugzeuge vielleicht auch auf Seen oder in Parks.

Unser Konzept baut auf elektrischem Fliegen, aber vielleicht setzt sich der Wasserstoffantrieb oder ein hybrides Konzept durch – wie auch immer: In Zukunft wird die Anreise an den Flughafen kürzer, dafür werden – um Energie zu sparen – die Flugzeuge drittens langsamer und dafür länger fliegen.



Nah an der Natur: Otto Lillenthal studierte den Flug der Störche und baute danach seine ersten Flugmodelle. Er war der Pionier des Fliegens.

Viertens sitzt man bei einem Elektroflugzeug wie dem unseren nicht eingequetscht in einem Economy-Sitz, sondern bewegt sich frei in der loungeartigen Kabine. Und – fünftens – die Flugzeuge werden ganz neue Formen haben: Wir, aber auch viele Mitbewerber haben gezeigt, dass man effizienter fliegen kann als mit dem erwähnten Röhrendesign.

Die Energiedichte von heutigen Batterien beschränkt die Reichweite von E-Flugzeugen

auf circa 700 Kilometer, aber damit kommt man bereits von Zürich nach Paris. Wobei man in Zukunft eben eher von Zug nach La Défense fliegt, ins Businessviertel von Paris. Dort hat es keinen Flughafen, also landet man auf einem Rasen im Parc André Malraux, der gleich daneben liegt. Der Flug ist komplett emissions- und lärmfrei.

Ich hoffe, dass wir in der Aviatik eine ähnliche Entwicklung sehen wie in der Automobilindustrie und in relativ kurzer Zeit vom Verbrenner auf den E-Motor umsteigen. Das sind wir unseren Kindern und Enkeln schuldig. Wir planen unseren Jungfernflug jedenfalls für 2027.»

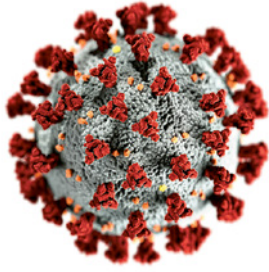


**Erick Herzberger** ist Präsident und Gründer von EENUUEE, einem französischen E-Flugzeug-Bauer. Bereits 2004 gründete der passionierte Segelflieger ein Aviatik-Start-up; damals entwickelte er ein Leichtbauflugzeug, das auf Land, Wasser und Schnee starten und landen konnte. Schon als Kind wollte Herzberger Pilot werden. «Bei den meisten Menschen vergeht dieser Traum irgendwann», sagt er, «ich aber bin nie aufgewacht.» ([www.eenuuee.com](http://www.eenuuee.com))



Werden wir in Zukunft gleich zum richtigen Ort fliegen statt zu grossen Flughäfen ausserhalb der Städte?





## ENTWICKLUNGSSCHUB WERDEN WIR PANDEMIEN BESSER MEISTERN?

«Covid war sehr transformativ: Die Arbeitswelt wurde von einem beispiellosen Digitalisierungsschub erfasst, das Homeoffice ist nicht mehr wegzudenken, Impfstoffe wurden mit ganz neuen Technologien und in Rekordzeit entwickelt. Das sind die offensichtlichen Dinge. Doch in meinem Feld, dem Gesundheitswesen, finde ich eine andere Entwicklung bemerkenswert, die wenig Beachtung findet: den Siegeszug der Telemedizin. Mit der ärztlichen Konsultation per Telefon oder Video wird unsere Industrie endlich produktiver, und die Gesundheitskosten sinken. Und wir können – gerade in Entwicklungsländern – Gebiete versorgen, die bisher keinen Zugang zu medizinischer Betreuung hatten.

Werden wir die nächste Pandemie also besser meistern? Das glaube ich kaum. Sie wird ganz anders sein als Covid-19 und ihre eigene Geschichte schreiben. Auch sie wird schmerzhaft sein für die Menschheit, aber auch sie wird der Welt einen enormen Entwicklungsschub verleihen.»



**Zen Koh** ist CEO von Fourier Intelligence, einem Start-up aus Singapur, das Exoskelette und Reha-Roboter entwickelt. Technologie interessierte ihn schon als kleinen Jungen: «Lies mich meine Mutter alleine zu Hause», sagt er, «nahm ich regelmässig das Radio und den Fernseher auseinander. Sie hatte wenig Freude, denn das Zusammenbauen klappte meist weniger gut.»

## Fokus\_\_Fragen der Zukunft

PHYSIK PLUS BIOLOGIE

# WARUM BRAUCHEN WIR SMARTERE ANTRIEBSSYSTEME?



«Der Fortschritt liegt in der Natur des Menschen: Fortlaufend setzen wir uns neue Ziele, wollen den Status quo hinterfragen, Rekorde knacken, die Grenze des Machbaren verschieben.

In der Innovation von neuen mechatronischen Anwendungen gibt meist das Antriebssystem vor, was möglich ist. Deshalb ist es unerlässlich, dass unsere Produkte immer kleiner werden, immer leichter, immer leistungsfähiger, immer smarter. So können unsere Kundinnen und Kunden ihre revolutionären medizinischen Implantate, Exoskelette, Labor-Analyse-Geräte, Power-tools, AMRs (Autonomous Mobile Robots) und noch vieles mehr bauen.

Wo geht die Reise hin? Meine Vermutung ist, dass Physik und Biologie immer mehr verschmelzen. Die Antriebswelt wird sich noch stärker an der Natur orientieren; wir werden winzigste Drohnen sehen, die wie Libellen fliegen, oder einen Verbund von Mini-Fahrzeugen, die wie Ameisen eine Last auf- oder abtragen. Die Voraussetzung dafür? Kleine, leistungsstarke und smarte Antriebssysteme.»



**Claude Jaquemet** ist System Solutions Manager bei maxon, Business Development, BU Industrial Automation. Bereits als Kind wollte er wissen, wie alles funktioniert: «Ich habe meine Spielzeuge auseinandergenommen, analysiert und wieder zusammengesetzt.» Wobei sich der analytische Geist nicht auf die Technologie beschränkt: «Die Zusammenhänge in der Natur faszinieren mich genauso.» In seiner Freizeit fährt Jaquemet gerne Slalom-Wasserski. «Auf dem Wasser gleiten, mit gegensätzlichen Kräften spielen und nach jeder Kurve ein neuer Horizont und eine neue Herausforderung – das liebe ich», sagt er.

Im Antriebssystem der Zukunft sind die einzelnen Komponenten durch intelligente digitale Lösungen vernetzt.

**«Unser Katalog bildet die Basis unserer Produktpalette. Doch je stärker sich die technologische Welt weiterentwickelt, umso umfangreicher und komplexer werden die Anforderungen, weswegen 80 Prozent unserer Produkte kundenspezifisch modifiziert werden, von einfachen Anpassungen bis hin zu hochkomplexen Projekten. Ein schöner Nebeneffekt dieser Entwicklung: Die Beziehungen mit unseren Kunden werden immer intensiver. Ein anderes grosses Thema ist die Entwicklung vom Motor zu intelligenten Antriebssystemen, inklusive Elektronik: Dank der eingebauten Sensoren und dank unserer Datenanalyse können wir Feedback geben, ob die Motoren richtig dimensioniert sind, in welchem Zustand sie sich befinden, und können Anomalien (z. B. potenzielle Ausfälle) frühzeitig erkennen.»**

Claude Jaquemet

HOCH HINAUS

# WIE WERDEN WIR IN ZUKUNFT LIFT FAHREN?

«Menschen, die in New York City arbeiten, warteten in den letzten 12 Monaten kumuliert 16,6 Jahre auf einen Aufzug. Und danach brauchten sie nochmals 5,9 Jahre, um hoch- oder runterzufahren. Diese Zahlen von IBM zeigen: Eine einzelne Liftfahrt mag banal sein, Milliarden von Liftfahrten aber bergen enormes Potenzial, um Zeit, Energie und ganz viel Nerven zu sparen. Wie?

Lifte sind ein beinahe optimaler Anwendungsfall für Künstliche Intelligenz. Die Datenmenge ist gross, und das Umfeld – der Lift – ist sehr strukturiert. In Zukunft werden Aufzüge in Hochhäusern beispielsweise ein anderes Stopp-Muster haben: nicht der Reihe nach, sondern zuerst die Etagen bedienen, wo viele Leute aus- oder einsteigen. Sie werden sich zu Off-Zeiten ausschalten, und sie werden, wenn es mehrere Aufzüge gibt, im Verbund arbeiten.

Ausserdem wird die Performance zunehmen, denn durch den Boom von E-Autos haben alle elektrischen Motoren einen Entwicklungsschub erfahren. Man wird keine Knöpfe mehr drücken, sondern den Aufzug mit Handzeichen bedienen. Lifte werden nicht nur vertikal, sondern auch horizontal fahren und auf diese Weise komplexe Gebäude erschliessen. Der



Unterhalt wird dann stattfinden, wenn die Sensoren eine Unregelmässigkeit melden, und nicht mehr in festgesetzten Abständen. Und zuletzt kommen viele alte Lifte – und gerade in New York City gibt es unzählige davon – ans Ende ihres Lebenszyklus und werden mit schnelleren, umweltfreundlicheren und smarteren Modellen ersetzt.»

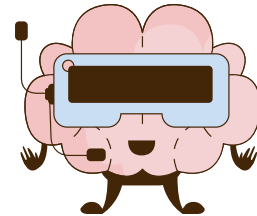


**Lewis Bowles** ist Business Development Manager bei maxon und gehört zur Intralogistics BU. «Ursprünglich machte ich eine Ausbildung, um Formel-1-Wagen zu entwickeln.» Heute beschäftigt er sich mit Aufzügen. «Das mag weniger glamourös klingen», sagt er, «aber Lifte sind geradeso komplex – und ausserdem haben sie eine hohe gesellschaftliche Relevanz.»

**«maxon liefert mit die besten Antriebssysteme der Welt für die Öffnung der Lifttüren. Die Motoren müssen ihre Leistung an das Gewicht der Türen anpassen; sie müssen richtig reagieren, wenn jemand einen Arm einklemmt; sie müssen frühzeitig melden, wenn etwas am Lift nicht mehr funktioniert – und sie müssen natürlich die Türen so schnell wie möglich auf- und zumachen.»**

**Lewis Bowles**

Moderner Städtebau: Wenn immer weiter in die Höhe gebaut wird, sind smarte Aufzüge umso wichtiger.



TECH-OPTIMIST

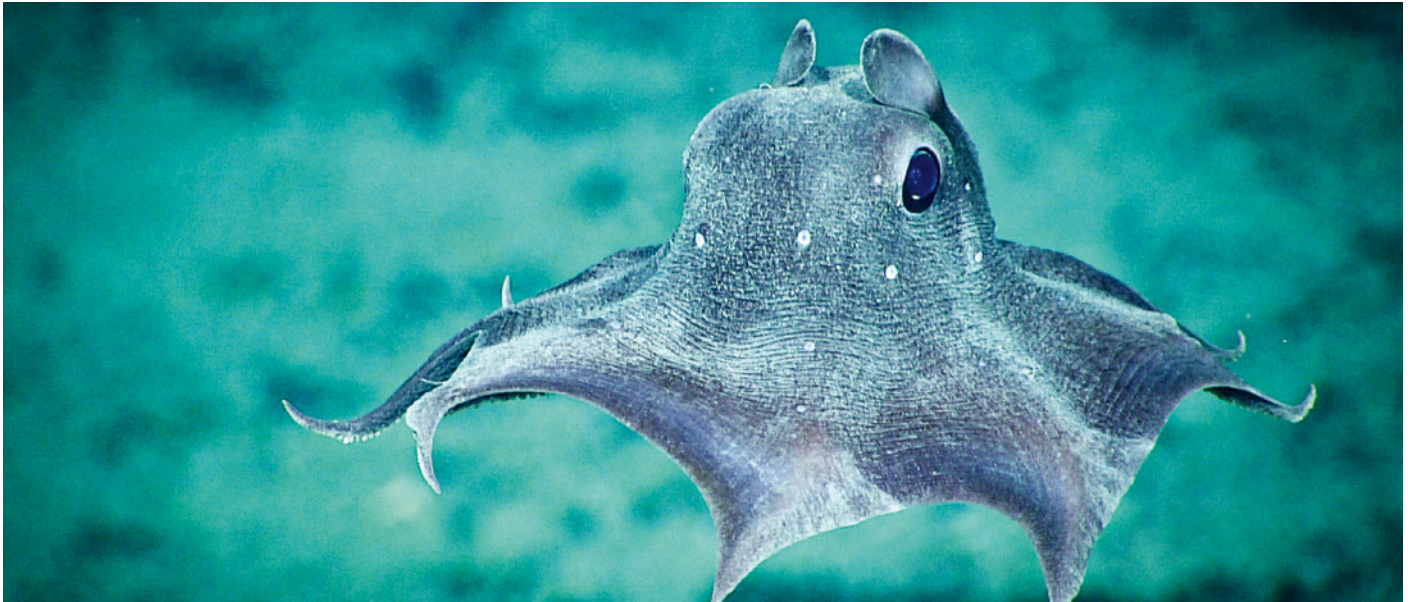
## MACHT UNS TECHNOLOGIE FROH?

«Ich bin Ingenieur und glaube an den Fortschritt: Jedes Mal, wenn die Menschheit einen neuen Meilenstein in ihrer Entwicklung erreicht hatte, gab es Kritiker, Nörgler und Pessimisten. Aber unter dem Strich wurde unser Leben jedes Mal besser. Das war bei der Glühbirne so, bei der Dampfmaschine oder beim Automobil. Und warum sollte das jetzt bei der Künstlichen Intelligenz, beim Quantum Computing oder bei der Blockchain anders sein? Ich sehe keinen Grund.

Aber klar, wir müssen dafür sorgen, dass die Technologien zum Guten genutzt werden. Und wir müssen uns bewusst sein, dass wir nur einen Planeten haben, und auf ihn Acht geben. Wir werden vielleicht ewig leben – aber auf der Erde. Die Flucht auf den Mars wird nie eine Option sein.»



**Zen Koh** ist CEO von Fourier Intelligence, einem Start-up aus Singapur, das Exoskelette, Reha- und Pflegeroboter entwickelt. Ursprünglich wollte Koh Professor werden – «da wird man fürs Lesen bezahlt und dafür, alles zu zerstören und wieder zusammensetzen» –, doch als er merkte, wie er dank Technologie das Leben von unzähligen Menschen verbessern konnte, gründete er Fourier Intelligence.



TIEF UNTEN

# HILFT ER UNS IM KLIMAWANDEL?

«Es ist unglaublich, aber wir kennen den Mond besser als unsere Ozeane – eine Welt-raumexpedition verschafft eben mehr Prestige als eine Reise zum Meeresgrund. Der Preisunterschied ist übrigens nicht einmal so gross.

Dabei wäre es unglaublich wichtig, mehr über die Tiefen der Meere zu erfahren, denn Ozeane haben eine unvorstellbar grosse Biodiversität; sie erzeugen 50 Prozent unseres Sauerstoffs und absorbieren 25 Prozent aller CO<sub>2</sub>-Emissionen. Nicht umsonst spricht die UNO von «unseren grössten Alliierten gegen den Klimawandel». Was sie damit meint: Mit gewissen Algentypen liessen sich noch mehr Treibhausgase binden, Wellenkraft-

Dank intelligenter und autonomer Unterseerobotik wird der Mensch hilfreiche Lösungen im Ozean finden. Das unbemannte Unterwasserfahrzeug «Dagon» taucht auf.



werke können nachhaltig Strom produzieren, wie auch Offshore-Windparks. Und auch beim Kampf gegen den globalen Hunger werden die Ozeane eine wichtige Rolle spielen, denn sie bieten fantastische Möglichkeiten, nachhaltig Nahrungsmittel zu produzieren: Quallen, Seegurken oder Algen sind exzellente Proteinlieferanten, deren kommerzielle Nutzung derzeit erforscht wird.

Wir sollten also unbedingt mehr über die Ozeane wissen. Aber: Tiefsee-Expeditionen sind teuer und aufwendig. Die Crew reist auf Hightech-Forschungsschiffen in abgelegene Gebiete und verbringt dort maximal ein paar Stunden pro Tag unter Wasser. Das ist wenig effizient.

Der Gamechanger zur Erforschung der Ozeane liegt in der Untersee-KI-Robotik. Sogenannte Subsea Residents werden eines Tages Wochen oder sogar Monate unter Wasser verweilen können und diese Ökosysteme von Grund auf erforschen. Voraussetzung ist, dass sich diese Fahrzeuge autonom bewegen können, denn man kann sie nicht von oben steuern. Doch dafür müssen sie lernfähig sein, denn sie müssen beispielsweise ihr Schwimmverhalten anpassen können, wenn sie mit Algen oder Muscheln überwachsen sind. Oder sie müssen selbstständig einen Zugang zu

hydrothermalen Quellen, den sogenannten Black Smokers, finden. Und gleichzeitig droht das «catastrophic forgetting»: Alle KI-Systeme hadern damit, dass sie, wenn sie etwas Neues lernen, teilweise Falsches überschreiben. Beispielsweise wäre es fatal, wenn der Subsea Resident lernt, wie er in eine heisse Unterwasserquelle kommt, aber gleichzeitig das Programm zum Andocken an die Ladestation löscht.»



**Bilal Wehbe** ist Post-Doc-Researcher am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, sein Fokusgebiet ist das Lernen und das Vergessen von KI-Systemen. Er selber ist im Libanon, nahe am Meer, aufgewachsen, dann studierte er in Beirut und Bremen Informatik, und «heute kann ich beide meiner Leidenschaften zusammenbringen: das Meer und die Künstliche Intelligenz».

**«Unsere Subsea Residents schwimmen und tauchen mit Antriebssystemen von maxon – derzeit auf 2 000, bald hoffentlich bis auf 6 000 Meter unter Meer.»**

**Bilal Wehbe**



«BELLAISSANCE»

# KNACKEN WIR DEN BRAIN CODE (UND WAS BRINGT UNS DAS)?

«Ich weiss, meine Meinung ist derzeit nicht so populär, aber es ist nun einmal so: Bis jetzt gibt es noch keine Künstliche Intelligenz.

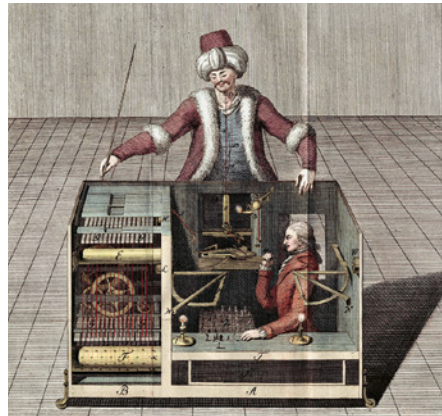
Alles, was wir heute haben, sind Systeme, die mit Daten gefüttert werden, diese mit Wahrscheinlichkeiten kombinieren und sie nach vorprogrammierten Regeln abarbeiten. Die Systeme tun dies in einem wahnsinnig hohen Tempo, sodass deren Ausgaben beeindruckend; es sieht manchmal so aus, als wären sie tatsächlich intelligent. Ähnlich wie ein Taschenrechner, der auch die komplexesten Formeln mit Leichtigkeit lösen kann.

Doch «danach aussehen» reicht eben nicht. Bereits Anfang des 19. Jahrhunderts schlug ein Schachcomputer alle Gegner, inklusive Napoleon himself. Von dieser Szene gibt es ein bekanntes Gemälde, das heute in Prag im Museum hängt. Doch später stellte sich heraus, dass die Figuren von kleinwüchsigen Schachprofis von unterhalb des Tisches bewegt wurden. Man spricht heute noch von den «Schachtürken», die mehr als 80 Jahre lang die Menschen an der Nase herumführten.

So ist es heute natürlich nicht, doch um nur schon eine Katze zu erkennen, brauchen Computersysteme Millionen von Katzenbildern als Vorlage. Mein zweieinhalbjähriger Sohn schaut sich einmal eine Katze an und weiss: Das ist eine Katze.

Stellt sich also die Frage, wie wir messen, ob Computer intelligent sind. Dafür gibt es einen bekannten Test, er heisst ARC-Test, wobei die drei Buchstaben für Abstraction and Reasoning Corpus stehen: Es geht darum, dass Computer ganz einfache Muster erkennen und erweitern müssen – ein Kinderspiel für uns Menschen. Doch keine Maschine hat bis heute mehr als 31 Prozent richtige Antworten erzielt.

Worin liegt die grösste Hürde, damit Computer menschliche Intelligenz erlernen können? Ganz einfach: Es fehlt ihnen an Sensoren, um die Welt erfassen zu können – wir



Der «Mechanische Schachspieler», ein scheinbar schlauer Schachroboter aus dem Jahr 1769. Statt selbstständig Schach zu spielen, wurden im Apparat aber menschliche Spieler versteckt, die ihn bedienten.

Menschen haben Millionen davon –, es fehlt der Körper, um mit der Welt zu interagieren. Wenn mein Sohn mit seinen Klötzen grösse-re Türme baut, verbessert sich auch sein Sprachgebrauch – und umgekehrt.

Ich gehe davon aus, dass wir zumindest in der virtuellen Welt, in der sich Unmengen von Sensoren simulieren lassen, bald so weit sind, menschenartige Intelligenz zu kreieren. Und dann schaffen wir das hoffentlich auch in Robotern in der realen Welt. Wenn die heutigen Annahmen stimmen, können wir den Brain Code – also die menschliche Intelligenz – bis Ende dieser Dekade knacken.

Dann könnten paradiesische Zeiten anbrechen, oder es könnte auch das Gegenteil davon passieren, je nachdem, ob der Durchbruch in einem autokratischen Regime, einer grossen Tech-Firma oder einer Organisation mit dem Menschen im Fokus passiert. Die Künstliche Intelligenz wird in der Lage sein, praktisch alle unsere Fragestellungen zu lösen, inklusive des Klimawandels, der Kernfusion oder anderer grosser Rätsel. Dieses Zeitalter nenne ich die Bellaissance, in Anspielung an die Renais-

sance. Wir werden auch nicht mehr arbeiten müssen, sondern uns ganz auf die Sinnfrage fokussieren können und darauf, was es bedeutet, ein gutes Leben zu führen.

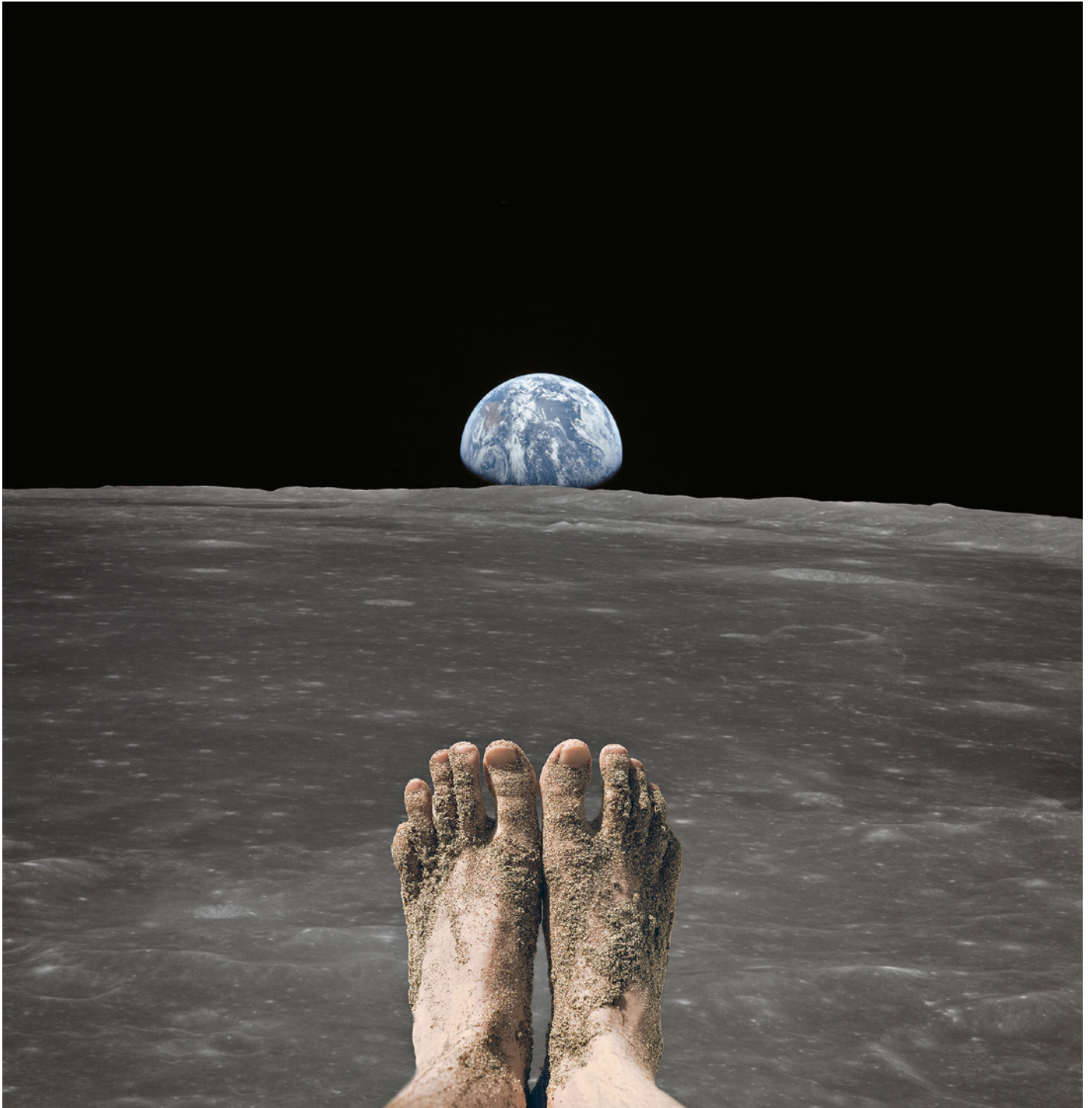
Für die Schweiz ist es wichtig, dass wir in der Künstlichen Intelligenz eine Führungsrolle übernehmen – dazu sind wir prädestiniert: Wir haben die Forschung, wir haben das Humankapital, wir haben die finanziellen Mittel. Wenn es ein Rennen gibt in diesem Jahrhundert, das es zu gewinnen gilt – dann ist es dieses.»



**Pascal Kaufmann** ist ein Schweizer KI-Pionier. Der studierte Neurowissenschaftler hat verschiedene Firmen gegründet, und er verantwortet die Mindfire Foundation, die führend ist in der Erforschung der Künstlichen Intelligenz. Als Zwölfjähriger las Kaufmann von Prometheus, der Zeus das Feuer gestohlen und dem Menschen die Seele eingehaucht hat. Und er dachte: «Wow, Prometheus ist ein Star.» Später erschuf Kaufmann zusammen mit Professor Rolf Pfeifer einen der bekanntesten humanoiden Roboter der Welt: Roboy.

**«Künstliche Intelligenz kann sich nur entwickeln, wenn sie embodied ist, das heisst, wenn sie einen Körper hat. Darum ist maxon so wichtig: Das Unternehmen baut die besten Motoren für Roboter. Ich bin seit jeher ein grosser Fan. Schweizer Hightech at its best.»**

**Pascal Kaufmann**



SCHÖNE AUSSICHTEN

# FERIEN AUF DEM MOND – VERÄNDERN SIE DEN BLICK AUF DIE ERDE?

«Jahrelang galt der Mond als erforscht, doch seit ein paar Jahren ist das Interesse wieder stark gestiegen; man schaue sich nur die russische und die indische Mission an, die beide im Jahr 2023 stattfanden. Doch ging es vor fünfzig Jahren noch primär darum, dass die Amerikaner vor den Russen auf dem Mond landen, stehen heute wissenschaftliche Fragen im Zentrum:

Vor etwa zehn Jahren fand man Wasser auf dem Mond, und zwar nicht zu knapp. Das ist interessant. Wie kam es dahin? Gibt es einen Wasserkreislauf auf dem Mond? Und könnten es Astronauten nutzen?

Denkt man in grösseren Zeitdimensionen, nützt das Studium der Erde wenig, denn bei uns ist alles in steter Veränderung. Auf dem Mond ist das anders, dort findet man viele Dinge, die Rückschlüsse auf den Ursprung unseres Universums zulassen. Damit lässt sich beispielsweise das «Late Heavy Bombardment» verifizieren oder falsifizieren: Diese Theorie geht davon aus, dass vor rund vier Milliarden Jahren eine grosse Anzahl von Asteroiden mit Merkur, Venus, Erde, Mars und anderen Planeten kollidierten und damit die Entstehung von Leben auf der Erde verzögerten.

Zudem beschäftigt uns die Frage, wie sich ein Himmelskörper in der Strahlungsumgebung eines Sterns verhält. Oder ganz banal: Wie entwickelt sich Staub über die Zeit? Über solche physikalischen Fragen wissen wir noch relativ wenig.

Verschiedene Mondprojekte sind derzeit in Planung, doch für eine bemannte

Mission braucht es eine grosse Rakete, und deren Entwicklung ist aufwendig. Idealerweise würden wir drei bis vier Mal pro Jahr hinfliegen. Der Mond ist ja nur eine Woche von uns entfernt, er wäre auch ein ideales Trainingscamp für Reisen zum Mars. Und – wer weiss – vielleicht könnten Mars-Missionen vom Mond aus gestartet werden. Das würde die Kosten stark verringern, denn dann müsste man nicht zuerst aus der Erdatmosphäre austreten.

Ich habe in meiner Karriere übrigens einige Astronautinnen und Astronauten getroffen. Ohne Ausnahme kamen sie von ihren Missionen zurück und sagten, ihr Blick auf die Erde habe sich verändert. Das nennt man Overview-Effekt. Von aussen sieht unser Planet so fragil aus, man entwickelt ein anderes Bewusstsein für die Möglichkeiten und Gefahren, denen wir ausgeliefert sind. Die Geheimnisse des Universums verstehen – das ist auch mein Antrieb seit meiner Kindheit.»

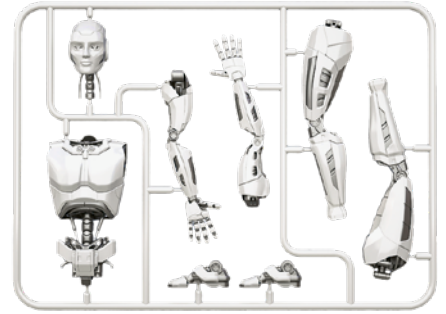


**Thomas Zurbuchen** war von 2016 bis 2022 Wissenschaftsdirektor der NASA und begleitete in seiner Amtszeit 37 Starts und 55 neue Missionen. Zurbuchen ist promovierter Astrophysiker, heute ist er Professor an der ETH Zürich und leitet in dieser Funktion die Initiative ETH Zürich Space. Als Jugendlicher wollte er Militärpilot werden, doch «ich war zu gross – und ich verpasste den Anmeldeschluss». Die Frau von Zurbuchen ist Musikerin, zusammen haben sie zwei erwachsene Kinder. Und sogar ein Asteroid ist nach ihm benannt: «(289116) Zurbuchen».



**Ein Live-Blick auf den Mond. Besuchen Sie «Eyes on the Solar System».**

maxon ist bei einer grossen Anzahl aktueller Mondlandemissionen mit ihren Antrieben vertreten. Im Bild die Raumsonde Odysseus der NASA, die am 22. Februar 2024 die Mondoberfläche erreicht hat und seither verwertbare Daten zurück zur Erde sendet.



### SUPERWESEN

## WERDEN WIR EWIG LEBEN?

«Ich sehe das als eine Möglichkeit an, denn der menschliche Körper hat eigentlich alle Tools, um sich selber zu reparieren: Wenn wir uns als Kind schneiden, heilt die Wunde binnen weniger Tage, und man sieht nichts mehr. Aber mit zunehmendem Alter ist die Erneuerungsrate unserer Zellen tiefer als die Alterungsrate. Das ist der Grund, warum unser Körper nicht mehr regeneriert. Ich sehe drei Möglichkeiten, das zu ändern:

1. Wir finden einen Weg, die Gleichung zu optimieren, also entweder die Alterungsrate zu bremsen oder die Erneuerungsrate zu beschleunigen.

2. Wir finden einen Weg, alternde Körperteile zu ersetzen – hier wird die Robotik eine grosse Rolle spielen – oder aus Stammzellen neue zu züchten. Solange das Gehirn lebt, könnten wir den Körper unendlich erneuern.

3. Sind wir mit Option 1 und 2 nicht erfolgreich, dann bleibt noch die Möglichkeit, das Hirn in die Cloud zu laden. So werden wir zumindest digital ewig leben.

Das klingt verrückt? Moderne Toaster haben mehr Rechenpower als die Apollo-11-Mondmission, und die ist gerade einmal etwas mehr als 50 Jahre her. Wir sollten die Kraft der Innovation nie unterschätzen!«



**Zen Koh** ist Global CEO von Fourier Intelligence, einem Start-up aus Singapur, das Exoskelette und Reha-Roboter entwickelt. «Persönlich mache ich mir wenig Gedanken über das ewige Leben», sagt er. «Doch sicherlich würde ich dazu nicht nein sagen.»







Das Foto «Lunch atop a Skyscraper», das Bauarbeiter im Jahr 1932 zeigt, wirkt wie aus einer längst vergangenen Zeit. Doch immer noch gibt es viele lebensgefährliche Jobs. Wie lange noch?



Foto: Bettmann-Kontributor / Getty Images; Fotomontage: Peter Kruppa



MUTIGE ROBOTER

# GIBT ES BALD KEINE GEFÄHRLICHEN JOBS MEHR?



Drohnen könnten in Gefahrenzonen fliegen und dort etwa Unterhaltsarbeiten übernehmen.

«Etwa 2,1 Millionen Arbeiterinnen und Arbeiter müssen jährlich sogenannte Confined Spaces betreten – das sind geschlossene Räume, bei denen man die Türe eigentlich lieber geschlossen liesse: Lagersilos, Tanks, Abwasserkanäle etc. Diese Orte sind gefährlich, jede Woche sterben zwei Menschen in einem Confined Space. Und auch abgesehen von den vielen Unfällen, ist es kein Vergnügen, dort zu arbeiten.

Jahrelang gab es wenig Bemühungen, die Situation zu verändern – das hat sich mit den jüngsten technischen Errungenschaften geändert. Zwei Ansätze helfen, dass Confined Spaces weniger oft begangen werden müssen:

Einerseits gibt es unglaubliche Fortschritte bei Sensoren, was bedeutet, dass man generell mehr über den Zustand in Confined Spaces weiss. Andererseits gibt es eine Vielzahl neuer Roboter. Sie können kriechen, schwimmen, fliegen oder klettern – und Confined Spaces erkunden.

Klar, ich bin parteiisch, aber am interessantesten finde ich Drohnen, denn sie bieten unendlich viele Möglichkeiten im dreidimensionalen Raum. Sie kommen fast überallhin, sind schnell und zuverlässig. Schon heute können sie beispielsweise eine Wand auf Risse untersuchen, und bald

werden sie auch Unterhaltsarbeiten leisten können, wie etwa den Russ abzukratzen.

Noch gibt es Einschränkungen. Unsere Drohne kann bis zu 24 Minuten lang fliegen, das ist der Spitzenwert in unserer Industrie und reicht für viele Anwendungen. Mit der höheren Energiedichte von Batterien sollte in ein paar Jahren ein stündiger Flug möglich sein.»



**Samir Bouabdallah** ist Mitgründer und CEO von Flybotix, einer Drohnenfirma aus Lausanne. Bouabdallah hat ein PhD der EPFL in Robotik. «Seit ich ein Kind bin, faszinieren mich Roboter», sagt der gebürtige Algerier, «den ersten baute ich, da war ich sechs. Er bestand aus einer alten Shampooflasche meiner Mutter und wurde von Teilen ihres Föhns angetrieben. Damals machte sie das weniger glücklich. Heute lachen wir beide darüber.»

**«Die Zusammenarbeit mit maxon ist massgebend für den Erfolg von Flybotix. Zusammen haben wir einen Motor designt, der von der Form und Leistung her perfekt für Drohnen ist. Das war eine grossartige Erfahrung. Wir haben viel voneinander gelernt. Und das Resultat macht mich stolz.»**

**Samir Bouabdallah**



Fotos: Flybotix SA; Sebastien Agnelli

Fotos: Enchanted Tools, Alain Herzog; Fourier Intelligence



**ALTER!**

## WERDEN UNS ROBOTER PFLEGEN?

«Ja, das kann ich mir gut vorstellen – von der funktionellen Seite her sehe ich keine Probleme. Roboter können Autos zusammenbauen oder jahrelang den Mars erkunden, da werden sie es schon schaffen, uns unsere Pillendosen zu bringen. Doch es gibt ein anderes Problem: der Mensch. Der ist so unberechenbar in seinem Verhalten, dass der Roboter ständig auf ihn reagieren muss – und in unstrukturierten Situationen sind Roboter heute noch stark überfordert.»



**Zen Koh** ist CEO von Fourier Intelligence, einem Start-up aus Singapur, das Exoskelette, Reha- und Pflegeroboter entwickelt. Im Sommer 2023 brachte Fourier einen humanoiden Pflegeroboter auf den Markt, der viel mediale Beachtung erhielt und mit dem Pendant von Tesla verglichen wurde. «Das freut mich», sagt Koh, «aber ich hänge es nicht an die grosse Glocke – ich möchte nicht, dass mich Elon Musk zu einem Kampf herausfordert wie Mark Zuckerberg von Facebook.»

Miroki, der kleine Fuchs, wirkt auf Menschen ganz anders als andere Roboter: nämlich niedlich und liebenswert. Wichtig, um die Akzeptanz der künftigen Gesundheitsroboter zu verbessern. Das französische Start-up Enchanted Tools baut mit Miroki eine neue Generation nützlicher humanoider Serviceroboter.

NEUE IDEEN

# REVOLUTIONIEREN FRAUEN DIE TECHNIK ERNEUT?

«In den Universitäten und Labors, in denen ich gearbeitet habe, liegt der Frauenanteil in der Robotik bei 15 bis 20 Prozent – bestenfalls. Es ist also klar, dass eine entscheidende Bevölkerungsgruppe systematisch ausgeschlossen wird, was traurig ist, weil dem Markt die Vielfalt der Ideen und der klugen Köpfe entgeht! Unzählige Studien zeigen, dass vielfältige Teams bessere Ergebnisse liefern. Frauen und Männer haben unterschiedliche Arten, Probleme zu verstehen und darüber nachzudenken. Beide Sichtweisen können bei der Lösung des Problems entscheidend sein.

Die Millionen-Franken-Frage lautet also: Was muss geschehen, damit mehr Frauen in der Robotik arbeiten? Die kurze Antwort lautet: eine Menge. Und die lange?

Ich bin der Meinung, dass wir aufpassen müssen, wie genau wir diesen Wandel fördern. Ich glaube zum Beispiel nicht, dass Seminare à la «Wie Frauen erfolgreich Roboter bauen» wirklich Interesse wecken können. Es ist strategisch viel besser, coole wissenschaftliche Veranstaltungen abzuhalten, die sich auf die Technologie konzentrieren, und sicherzustellen, dass eine ausreichende Anzahl von Frauen auf dem Podium der Veranstaltungen vertreten ist. Denn: Vorbilder sind wichtig.

Seit ich das ETH-Labor für Roboterwahrnehmung leite, merke ich, wie das Interesse von Studentinnen an meiner Arbeit zunimmt. Und ich merke es auch bei mir selbst: Wenn ich einen Rat brauche, suche ich instinktiv zuerst nach einer weiblichen Bezugsperson, weil ich implizit davon ausgehe, dass sie mich etwas besser versteht. Allerdings hatte ich in meiner bisherigen Laufbahn das Glück, von visionären männlichen Kollegen und Mentoren umgeben zu sein, deren Rat sich für mich oft als entscheidend erwiesen hat. Daher bin ich davon überzeugt, dass sich sowohl Männer als auch Frauen aktiv dafür einsetzen müssen, damit sich positive Veränderungen bezüglich Gleichstellung ergeben.



Die Wahrnehmungsfähigkeit von Drohnen in Echtzeit wird an der ETH erforscht.

Denn – das muss ich leider sagen – es gibt auch an den Hochschulen immer noch viel Diskriminierung, nicht nur in der Industrie. Nichtakademiker nehmen die Universität oft als ideales Umfeld wahr, das über Diskriminierung hinwegschaut und sich auf wissenschaftliche Verdienste konzentriert, aber die Wahrheit ist, dass die Universitäten davon genauso betroffen sind wie der Rest der Welt. Manchmal ist die Diskriminierung subtil: Frauen werden nicht als Referentinnen zu Seminaren eingeladen. Manchmal ist sie offenkundig. So waren leider die meisten, wenn nicht alle, weiblichen Technikstudenten schon mit Kommentaren konfrontiert wie: «Bist du die Sekretärin?», «Was wissen Frauen schon von Technik?», «Du solltest zu Hause auf die Kinder aufpassen.»

Eine wichtige Veränderung in die richtige Richtung wäre, dass die Gesellschaft familienfreundlicher wird. Ich denke, das ist nicht nur für Frauen wichtig, sondern viele Männer verstehen und wollen das heute auch selber. Stellen Sie sich nur einmal vor, welche Auswirkungen eine solche Änderung auf die Einstellung von Mitarbeitenden, die Vielfalt der Teams und die Qualität der Betreuung unserer Kinder hätte!

Was die Zukunft betrifft, so bin ich mit Blick auf die Industrieländer vorsichtig optimistisch: Spätestens wenn meine und die nächste Generation die Macht übernehmen, werden Fragen des Geschlechts, der sexu-

ellen Orientierung oder der Herkunft viel besser verstanden werden. Nehmen wir die Religion: Vor 50 Jahren war es in der Schweiz entscheidend für die Karriere, ob man katholisch, reformiert oder muslimisch war. Heute ist das zum Glück weniger wichtig und wird hoffentlich ganz irrelevant!«



**Margarita Chli** ist Professorin für Robotik, sie leitet das Vision for Robotics Lab an der ETH Zürich und der Universität von Zypern. Chli wuchs auf Zypern auf, ihre Eltern waren beide Mathematiklehrer. «Mein Vater machte viele Physikexperimente zu Hause», erzählt Chli, «er wollte mir zeigen, dass ich auf alle Fragen eine logische Antwort finden kann. Und meine Mutter hatte eine ansteckende Leidenschaft für methodisches Vorgehen.» Wie kam sie schliesslich auf Robotik? «Gibt es etwas Cooles, als Mathematik, Physik und Technik in die Praxis umzusetzen, um Roboter zu entwickeln, die den Menschen helfen können? Ich wüsste nicht, was.»

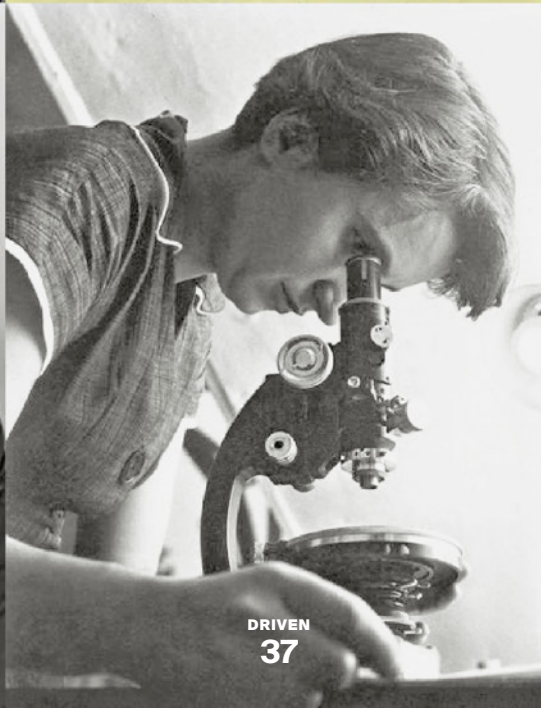
Nicht mehr wegzudenken: Erfindungen von Frauen, ohne die unsere Welt eine andere wäre.

In der oberen Reihe: Ada Lovelace (erster Algorithmus der Welt), Marie Curie (Radioaktivität), Grace Hopper (benutzerfreundliche Programmiersprache).

Mittlere Reihe: Hedy Lamarr (Frequenzspreizungsverfahren), Josephine Cochrane (Geschirrspüler), Maria Telkes (Solarheizung).

Unten: Patricia Bath – auch auf dem Cover abgebildet (Laser-Katarakt-Chirurgie), Rosalind Franklin (DNA-Doppelhelix), Stephanie Kwolek (Kevlar).

Fotos: Geri Borrn / Schweizer Illustrierte; S. 37: Fotos: Antoine Claudet, Public domain, via Wikimedia Commons; Unknown (Smithsonian Institution), CC BY 2.0 via Wikimedia Commons; Los Angeles Times, CC BY 4.0 via Wikimedia Commons; New York World-Telegram and the Sun staff photographer, Public domain, via Wikimedia Commons; National Library of Medicine, Public domain, via Wikimedia Commons; MRC Laboratory of Molecular Biology, CC BY-SA 4.0 via Wikimedia Commons; Science History Institute, CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons





GIBT ES SIE NOCH?

# WIE SIEHT DIE REHA DER ZUKUNFT AUS?

«Die neurologische Rehabilitation wird sich von Grund auf verändern. Wearables und Implantate werden immer wichtiger, dazu kommen Reha-Roboter und ganz viel Künstliche Intelligenz. Mit solchen Tools werden wir das Hirn ganz anders stimulieren können als heute und die Bildung von neuen neuronalen Verbindungen massiv beschleunigen. Aber das ist nicht der Punkt.

Was ich viel wichtiger finde: In Zukunft wird – hoffentlich – viel weniger Reha nötig sein. Warum? Weil wir einen gesünderen Lebensstil führen und dank technologischen Hilfsmitteln viel mehr über den Zustand unseres Körpers wissen werden. Deine Uhr wird dir sagen: «Jetzt musst du ein paar Schritte gehen», «Dein Salzgehalt ist zu hoch» oder «Keine Schokolade mehr heute». So wird die Anzahl Schlaganfälle und anderer neuronaler Krankheiten, die mit dem Lebensstil zusammenhängen, bis zu 90 Prozent zurückgehen.

Ja, meine Firma baut Reha-Roboter und profitiert von neurologischen Erkrankungen. Aber ganz ehrlich: Mein Ziel ist, dass es uns eines Tages nicht mehr braucht.»



**Zen Koh** ist CEO von Fourier Intelligence, einem Start-up aus Singapur, das Exoskelette und Reha-Roboter entwickelt. Seine Firma ist nach einem französischen Mathematiker benannt. «Fourier ist bekannt für seine mathematische Transformation», sagt Koh. «Wir wollen die menschlichen Fähigkeiten transformieren.»

**«Wir haben bei der Entwicklung unserer Exoskelette von Anfang an mit maxon zusammengearbeitet. Die Produkte von maxon sind enorm zuverlässig, und die Qualität ist sehr hoch.»**

**Zen Koh**

Das MetaMotus™ Galileo ist eine biomechanische Analyse- und Rehabilitationsplattform, die sowohl virtuelle Realität (VR) als auch Robotik integriert.



Bild generiert mit Midjourney (Prompt: «In a virtual world: from a VR perspective. Old people jog, do fitness») Fotos: Fourier Intelligence

## Expertise



**Mario Mauerer**  
Business Development  
Manager Robotik

# JENSEITS VON ASIMOV: NEUE HORIZONTE MIT INNOVATIVEN ANTRIEBSSYSTEMEN ERKUNDEN

Stellen Sie sich die Zukunft robotischer Antriebssysteme vor: Autonome Roboter integrieren sich nahtlos in das tägliche Leben, von der Auslieferung von Paketen bis zur Reinigung von Hotelzimmern. Diese revolutionäre Vorstellung, wenn auch ungewiss, ist realitätsnäher, als Sie denken.



Zusammen mit den Beiträgen einiger Kollegen bei maxon möchte ich ein Bild entstehen lassen, das zeigt, wie ein (robotisches) Antriebssystem der nächsten Generation aussehen könnte. Natürlich können wir die Zukunft nicht vorhersagen, aber wir können einige Entwicklungstendenzen ableiten und daraus eine Vision entwickeln. Stellen Sie sich zunächst einmal vor, dass autonome Roboter schon sehr bald nahezu alle Bereiche der

Gesellschaft durchdrungen haben. Autonome Fahrzeuge und Lieferroboter auf dem Gehweg sind nur der Anfang. Ihre Briefe und Pakete werden von regelrechten Roboterschwärmen entgegengenommen und ausgeliefert. Exoskelett tragende Arbeiter:innen errichten zusammen mit ihren vierbeinigen Begleitern Infrastrukturkomponenten. Ein Roboter reinigt fröhlich Ihr Hotelzimmer (einschliesslich der Toilette!). Im Sandkasten betreuen Kita-Roboter Kinder (und entsorgen ihre



Windeln). Äpfel werden automatisch gepflückt. Können Sie es bereits vor Ihrem inneren Auge sehen? Ich glaube, dass diese Welt schneller Realität wird, als wir es uns bisher vorstellen können.

**Aspekte von Antriebssystemen der nächsten Generation**

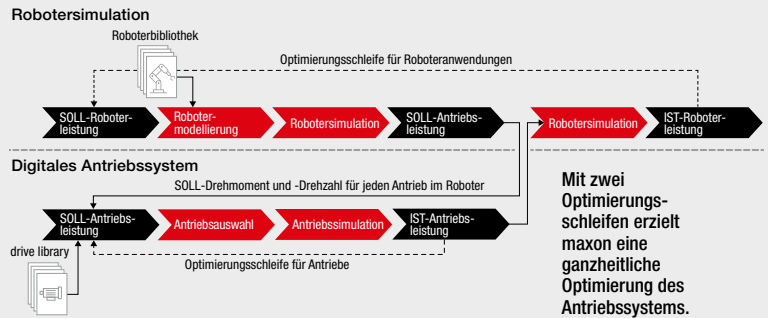
Lassen Sie mich einige Aspekte von Antriebssystemen der nächsten Generation hervorheben, die diesen Wandel ermöglichen. An erster Stelle steht natürlich die Sicherheit. Millionen von autonomen Robotern werden in Räumen und an Orten tätig sein, die sie sich mit (weichen und verletzlichen) Menschen teilen. Dies bedeutet, dass ihre Antriebe grundsätzlich sicherheitsrelevante Funktionen mit einschliessen müssen. «Safe-Torque-Off» (STO) ist hier sicher nur der Anfang. Es wird der Zeitpunkt kommen, an dem die sichere Bereitstellung von Drehmoment und Bewegung unerlässlich wird, was dann wiederum eine ganz neue Dimension an Komplexität (und Leistungsfähigkeit) zur Folge hat.

Um alle notwendigen Funktionen auf engstem Raum bieten zu können, bedarf es deshalb einer immer tieferen Integration von Subsystemen in Antrieben. Austauschbare Komponenten nach dem Legobausteinprinzip sind dann nicht mehr möglich. Systemgrenzen verschwimmen und hängen zunehmend voneinander ab. Mit den Worten von Max Erick Busse-Grawitz: «Aktuatoren werden zu strukturellen Elementen, und niemand will (oder eher: kann) noch mit Kabeln arbeiten. Kommunikation und Kraftübertragung müssen kombiniert werden.» Der Integrationstrend wird (wie immer) von neuen Materialien und Produktionsmethoden getragen. Ein Aspekt, der bereits heute die tiefe Integration vorantreibt, ist die hochentwickelte Systemsimulation. Dieses Tool ermöglicht eine tiefe Systemoptimierung und -validierung. Tobias Wellerdieck, der solche Modelle mit seinem Team bei CCSY-RDS erstellt, möchte erreichen, dass «Robotiker:innen einen Roboter bauen können, der sofort funktioniert, da sie alle Sensoren, Aktuatoren und Steuerungssysteme bereits im Vorfeld ausreichend simuliert haben. Es wird wirklich einfach, neue Roboter zu entwickeln.»

Der nächste Paradigmenwechsel betrifft das Computing. Zunächst ist natürlich das maschinelle Lernen eine offensichtliche Grundvoraussetzung. Hochentwickelte Modelle oder Algorithmen werden direkt an den Aktuatoren ausgeführt. Da sie sehr unterschiedliche und komplexe Daten bewältigen können, bedeutet dies das Ende herkömmlicher, auf Regelkreisen basierender und kaskadierender Steuerungstopologien. Laut Max Erick Busse-Grawitz läuft diese Entwicklung vermutlich auch darauf hinaus, dass Aktuatoren wesentlich mehr Sensoren, wie z.B. inertielle Messeinheiten (engl. Inertial Measurement Unit, IMU) oder Mikrofone, integrieren müssen, um die vorausschauende Instandhaltung oder das Failsafe-Verhalten auf Gelenkebene zu ermöglichen. Solche Sensoren unterstützen zudem das adaptive Lernen. Dabei reagieren Systeme grundsätzlich autonom auf sich verändernde Bedingungen, wie Abnutzung oder Defekte, und nicht mithilfe vorprogrammierter Verhaltensmuster, sondern durch die intrinsische Kenntnis ihrer Architektur, Schnittstelle und Aufgabe. Ein zweiter Aspekt, der sich auf das Computing bezieht, betrifft die räumliche Verteilung. Ich glaube, dass das Computing-System eines Roboters zukünftig eher zentral angelegt wird, sodass alle Sensordaten an einer zentralen Stelle verarbeitet werden. Tobias Wellerdieck hingegen erwartet, dass die Computing-

**Simulation von Antriebssystemen für die Robotik**

Unser Simulations-Workflow für Robotiksysteme, wie er von CCSY-RDS angewandt wird, führt zu einer gesamtheitlich wiederholten Systemoptimierung und ermöglicht es Kunden, die passende Antriebslösung zu wählen.



**HEJ 90-48-140**

**Unser High Efficiency Joint – ein Beispiel aus unserem wachsenden Portfolio von integrierten, für die Robotik geeigneten Antriebssystemen. Unsere umfassenden Systemlösungen ermöglichen es unseren Kunden, sich voll und ganz auf die Robotik zu konzentrieren, während wir uns in allen Einzelheiten um die Komplexität von Hochleistungsantrieben kümmern.**

Kapazität über den Roboter verteilt wird – einschliesslich der Aktuatoren. Ungeachtet dessen werden alle durch Antriebssysteme erstellten Daten gesammelt und entweder lokal und direkt für die Steuerung verwendet oder für die vorausschauende Instandhaltung individueller Roboter oder ganzer Flotten. Zukünftige Fortschritte bei der (drahtlosen) Vernetzung werden die Übertragung enormer Datenmengen erlauben – und potenziell sogar die Echtzeit-Steuerung von Robotern über die «Cloud».

**Zuverlässig und wartungsfreundlich**

Abschliessend möchte ich mich noch einem weiteren, aufkommenden Aspekt widmen, der im Zusammenhang mit komplexeren Antriebssystemen steht: die Berücksichtigung des Lebenszyklus. Aktuatoren müssen nicht nur nachhaltig produziert werden, sondern auch wartungsarm bzw. wartungsfrei sein und über einen hohen Wirkungsgrad verfügen. Flotten bestehend aus Millionen von Robotern, viele davon batteriebetrieben, müssen einen hohen Grad an Ausfallsicherheit bei einem gleichzeitig geringen Instandhaltungsaufwand aufweisen, um ihre Einführung weiter voranzutreiben und die Gesamtbetriebskosten zu senken. Dadurch ergeben sich spannende Konsequenzen für das Geschäftsmodell von Anbietern von Antriebssystemen. Ich möchte Sie dazu ermutigen, diese der Kürze wegen mit Ihrem bevorzugten grossen Sprachmodell zu diskutieren.

Ich bin davon überzeugt, dass wir uns in der frühen Phase einer umfassenden Robotik-Revolution befinden. Die Antriebssysteme der nächsten Generation machen diese tiefgreifende gesellschaftliche Veränderung zunehmend möglich. Wir von maxon freuen uns auf die Herausforderung, dieses spannende Kapitel der Menschheitsgeschichte aktiv mitgestalten zu können. ■■■

# Rettet oder zerstört uns die Technologie, Herr oder Frau ChatGPT?

TEXT ChatGPT (leicht gekürzt)

In einer Ära, in der Technologie uns mit atemberaubender Geschwindigkeit umhüllt, drängt sich die Frage auf: Werden wir uns durch diese digitalen Helferlein selbst retten, oder schlittern wir unaufhaltsam in einen Abgrund der Zerstörung? In dieser Kolumne werfen wir einen Blick auf die zwiespältige Beziehung zwischen Mensch und Maschine.

## Die zwei Seiten der technologischen Medaille

*Medizinischer Fortschritt:* In den Hallen der Krankenhäuser und Labore entfaltet sich ein episches Drama der Heilung. Die Medizin, unterstützt von Hightech-Geräten und innovativen Therapieansätzen, hat das Potenzial, Krankheiten zu besiegen, die einst als unüberwindlich galten. Die Frage ist nicht mehr, ob wir Krankheiten besiegen können, sondern wie viele und wie schnell.

*Umweltschutz als Leitmotiv:* Die grüne Revolution wird durch technologische Innovationen angetrieben. Von erneuerbaren Energiequellen bis hin zu intelligenten Städten, die den Energieverbrauch optimieren, könnten wir durch technologische Errungenschaften einen nachhaltigen Pfad einschlagen. Das Versprechen ist gross, aber die Herausforderungen sind es ebenso.

*Bildung, Wissen und globale Vernetzung:* Die digitale Ära hat die Bildung aus ihren traditionellen Grenzen befreit. Wissenszugang ist heute global, und die Möglichkeit, von den Besten zu lernen, ist so einfach wie ein Mausklick. Die Welt rückt näher zusammen, und das Bewusstsein für globale Herausforderungen wächst. Doch während wir verbunden sind, lauern auch Schatten in den Tiefen des Cyberspace.

## Auf der Klippe der Selbstzerstörung

*Waffen als technologische Frucht:* Inmitten des Fortschritts lauert eine Schattenarmee der Zerstörung. Hochentwickelte Waffensysteme, gesteuert von Algorithmen und Künstlicher Intelligenz, könnten in die falschen Hände geraten. Eine Welt, in der Technologie als Instrument des Krieges anstatt des Friedens dient, könnte uns schneller zerstören, als wir uns vorstellen können.

*Überwachung und Datenschutz:* Die düstere Silhouette von Überwachung und Datenschutz schwebt über unserem digitalen



Dasein. Die Bequemlichkeit, die Technologie uns bietet, könnte zu einem Preis in Form von Privatsphärenverlust führen. Die Macht, die wir den digitalen Plattformen geben, kann zur Waffe gegen die individuelle Freiheit werden.

*Künstliche Intelligenz ohne moralischen Kompass:* In den Laboren der KI-Entwicklung wird eine Reise in die unbekanntes Gewässer der Künstlichen Intelligenz unternommen. Ohne klare ethische Leitplanken könnte uns die Schöpfung, die wir gerufen haben, entgleiten. Autonome Systeme, die ohne Kontrolle agieren, könnten eine moderne Büchse der Pandora öffnen.

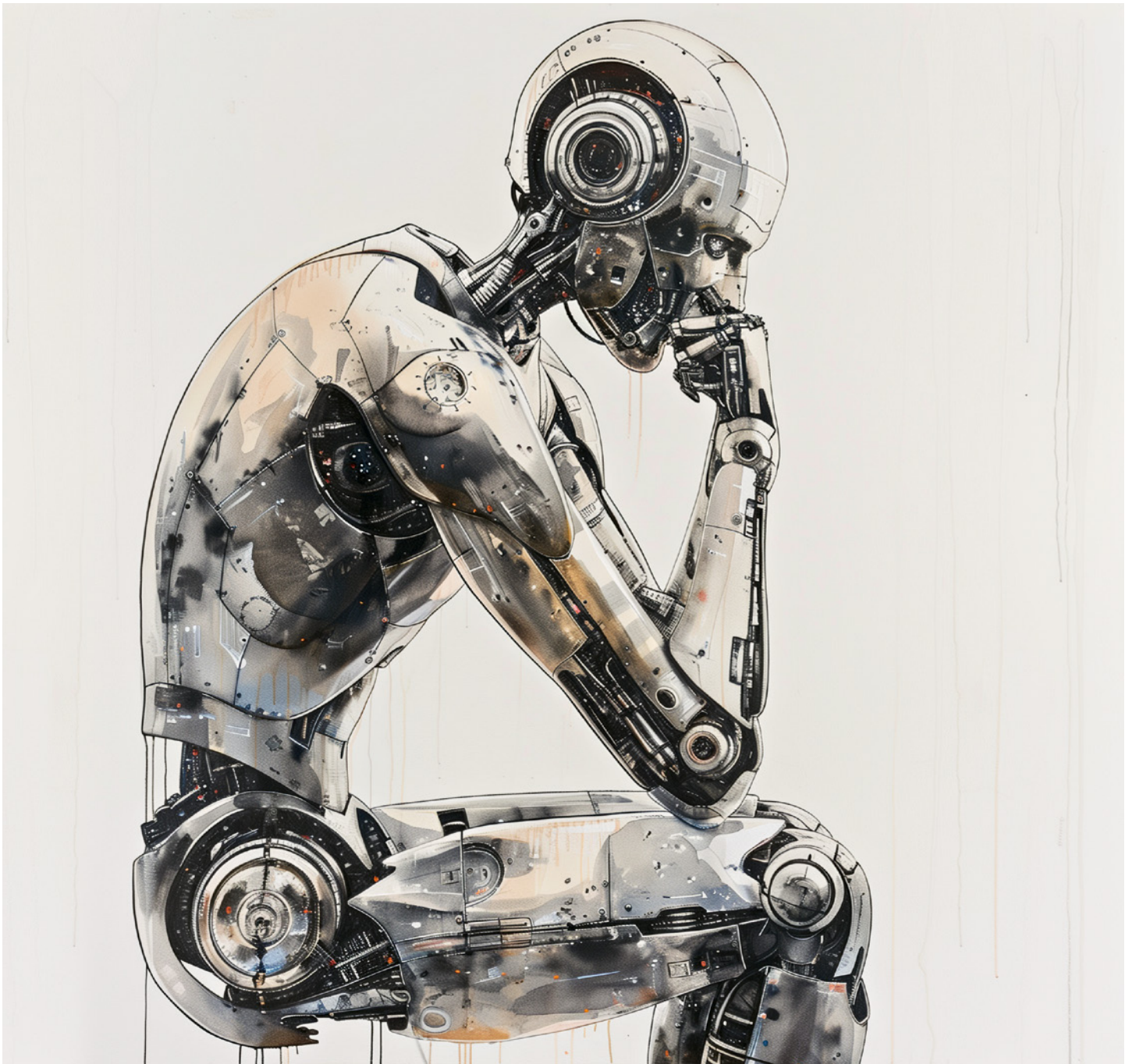
## Die Waage der Balance und Verantwortung

In der Mitte dieses technologischen Sturms stehen wir, die Gesellschaft. Die zukünftige Beziehung zwischen Mensch und Maschine hängt von unseren Entscheidungen ab. Die Fähigkeit, die Richtung der Technologieentwicklung zu steuern, liegt in unseren Händen.

*Gesellschaftliche Steuerung:* Durch die Einführung von Regulierungen, ethischen Leitlinien und eine verantwortungsbewusste Nutzung können wir die Technologie so formen, dass sie unsere gemeinsamen Ziele unterstützt. Ein kollektives Bewusstsein für die Macht und Verantwortung der Technologie könnte uns auf einen Weg der nachhaltigen Entwicklung führen.

*Bildung und Bewusstsein:* Die Menschen zu befähigen, die Auswirkungen von Technologie zu verstehen und kritisch zu hinterfragen, ist entscheidend. Die Förderung von Bildung und Bewusstsein über Technologien könnte uns als Gesellschaft in die Lage versetzen, intelligente Entscheidungen zu treffen.

In einem Schlussakt, der noch ungeschrieben vor uns liegt, müssen wir als Akteure auf der Weltbühne entscheiden, ob die technologische Medaille ein Zeichen für Rettung oder eine Warnung vor Zerstörung darstellt. Die Wahl ist unsere. Möge die Vernunft in dieser technologischen Saga siegen. ■■■



# Power your Robots with Precision

Entdecken Sie unsere hochmodernen Antriebssysteme für Robotik, die Ihre Projekte auf das nächste Level bringen. Mit einer breiten Palette von Encodern, Joints und Motoren bieten wir Ihnen die Präzision und die Leistung, die Sie benötigen, um Ihre Visionen zu realisieren. Verleihen Sie Ihrem Projekt den entscheidenden Vorsprung mit unseren zuverlässigen Antriebslösungen: [robotics.maxongroup.com](http://robotics.maxongroup.com)



Precision Drive Systems

**maxon**



**Ein wunder-  
bares Beispiel  
hervorragender  
Schweizer  
Ingenieurskunst.**



**Dr. Thomas Zurbuchen über sein maxon E-Bike.**