



ESSENTIAL

FREUDENBERG SEALING TECHNOLOGIES



MENSCH
oder Maschine?

GAR NICHT FUTURISTISCH

Interview mit der Robotik-Professorin Selma Šabanović.

NATUR ALS BLAUPAUSE

Faszinierende Roboter ahmen die Bewegungen von Lebewesen nach.

EINFACH MACHEN

Was hinter „Automatisierung für alle“ von Kuka steckt.

das magazin **2_21**

ZUM TRAILER



DAS MAGAZIN online unter:
www.fst.com/de/corporate/magazin



IN FÜNFZIG WORTEN



Roboter faszinieren. Sie stehen seit jeher für Hoffnungen, aber auch für Ängste. Einst große Maschinen in Fabriken, demnächst Kollegen, Fahrzeuge, winzig oder virtuell! Autonome Helfer erobern Branchen und Lebensbereiche. Doch was ist ein Roboter? Was soll er können? Auf der Suche nach Intelligenz und Interaktion, nach Mechanik, Ethik und Emotionen.



Mensch oder Maschine?

Von Claus Möhlenkamp, Chief Executive Officer,
Freudenberg Sealing Technologies

Der Traum vom Roboter ist alt – sehr alt. Schon die Griechen der Antike erzählen die Sage der belebten Bronzestatue Talos, im buddhistischen Indien stellte man sich vor dreitausend Jahren Automaten als Grabwächter vor. Ingenieure aus Rom, Athen oder Ägypten konstruierten bereits vor langer Zeit Maschinen und Statuen, die sich täuschend echt bewegten, wenn auch vermutlich mit Hydraulik und Drähten. Seit Jahrtausenden sinnieren die Menschen darüber, ob nicht intelligente Mensch-Maschinen unsere Arbeit übernehmen könnten. Und überlegen gleichzeitig, welche Chancen und Risiken darin stecken. Roboter faszinieren.

Nun waren die Automaten der antiken Sagen und die frühen Apparate noch keine „richtigen“ Roboter. Der berechtigte Einwand führt uns allerdings direkt zur Frage, was genau das eigentlich ist, ein „richtiger Roboter“. „Ich kann nicht genau sagen, was ein Roboter ist“, wird Joseph Engelberger zitiert, einer der Pioniere industrieller Robotik: „Aber ich weiß, dass es

einer ist, wenn ich einen sehe.“ Engelberger verstarb 2015, und vielleicht käme selbst er heute beim zweiten Satz ins Schleudern: Roboterhunde, autonome Fahrzeuge, Chatbots, der Mars-Rover, Mähroboter, einarmige Industriemaschinen – die Vielfalt an Robotern und autonomen Geräten ist immens geworden. Und gerade unter Experten wird darüber gestritten, wo die Definition des Roboters anfängt.

So sind Software-Bots auf den ersten Blick weit entfernt von Robotik, schließlich existieren sie nur virtuell. In dem, was sie tun, sind sie autonomen Maschinen aus Metall und Kunststoff aber erstaunlich ähnlich: eigenständig arbeiten, selbstständig hinzulernen, mithilfe von künstlicher Intelligenz auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren. Die Fortschritte in der Informationstechnologie haben uns komplett neue Möglichkeiten eröffnet. In den USA verfügt jeder Haushalt statistisch bereits über sechs intelligente und vernetzte Geräte, vom Smartphone über das Auto bis zum Staubsauger. Noch sind viele dieser Geräte keine Roboter, aber sie beginnen bereits damit, Informationen über uns zu sammeln, diese zu interpretieren und im wahrsten Sinne des Wortes mit uns zu interagieren. Bis zu dem, was die meisten von uns „Roboter“ nennen würden, ist der Schritt gar nicht mehr so weit. Gleichzeitig wirkt die steigende Vernetzung intelligenter Geräte wie ein Katalysator für das gesamte Segment der Serviceroboter, die so auf noch mehr Informationen zugreifen können und sich leichter per Endgerät steuern lassen. Serviceroboter erobern alle Branchen: Logistik, Sicherheit, Bildung, Einzelhandel oder Medizin und Pflege. Die aktuelle Ausgabe der ESSENTIAL wirft Schlaglichter auf einige dieser Branchen und Einsatzmöglichkeiten.

Roboterhunde, autonome Fahrzeuge, Chatbots – die Vielfalt an Robotern ist immens geworden.

Bewegung ist auch längst in den Markt der Industrieroboter gekommen, auch hier lernen die Maschinen hinzu, sollen immer selbstständiger arbeiten oder sich fortbewegen und mit menschlichen Mitarbeitern kommunizieren. Mensch und Maschine heißt es hier. Sehr alt ist auch die damit verbundene Angst der Menschen, dass Roboter einmal intelligenter sein werden als wir – und am Ende gar die Weltherrschaft übernehmen. Diese Angst fußt zum Teil auf einem Missverständnis von Intelligenz: Maschinen können Begriffe benutzen oder interpretieren, ohne jemals zu verstehen, was der Begriff tatsächlich bedeutet. Intelligenz ist nicht nur Rechenleistung, sondern umfasst Sinne, Emotionen und Vorstellungskraft. Themen, von denen selbst modernste Roboter noch sehr weit entfernt sind oder die sie möglicherweise niemals beherrschen können.

Tatsächlich sollten wir nicht vergessen, dass die Geschwindigkeit des Fortschritts in der Robotik häufig auch überschätzt wurde. Als die Anfänge der künstlichen Intelligenz in den 1950er Jahren entwickelt wurden, erwartete man innerhalb eines Jahrzehnts, menschliche Sprache interpretieren zu können – bis heute haben Roboter damit ihre Probleme. Es gilt noch immer das in den 1980er Jahren formulierte Paradox von Hans Moravec: Die schwierigsten Herausforderungen für Roboter sind oft diejenigen, die uns Menschen am einfachsten fallen. Dazu zählen vor allem unsere Wahrnehmung und unsere Motorik. Trotz Innovation in der Sensorik nehmen viele Maschinen bis heute ihre Umgebung noch immer nicht gut wahr und scheitern daran, Gegenstände vom Boden aufzuheben. Je nach Maßstab lernen Kleinkinder zehn- bis tausendmal

schneller als das modernste Neuronennetzwerk. Es wird auch in Zukunft Entwicklungen geben, die uns überraschen – und andere, die nicht so schnell Realität werden wie erwartet.

Klar ist: Der Robotermarkt wird weiter wachsen. Und es werden auch Fortschritte in der Mechanik hinzukommen. Noch präziser arbeitende Gelenke, die noch mehr Branchen und Einsatzbereiche erobern, teilweise unter Extrembedingungen, von der Arktis bis zur Tiefsee. Das alles bedeutet, dass die Ansprüche an Dichtungen steigen – und damit die Chance für uns als Freudenberg Sealing Technologies, unser Know-how und unsere Qualitätsansprüche auszuspielen. Auch dazu haben wir Beispiele in der aktuellen Ausgabe der ESSENTIAL gesammelt. Wir sind neugierig auf diese Zukunft und wir sind überzeugt, unseren Beitrag dazu leisten zu können. Die Roboter des 21. Jahrhunderts werden keine versteckten Drähte mehr haben wie ihre Vorgänger aus der Antike – aber sehr viele von ihnen werden Dichtungen besitzen. ©

Die schwierigsten Herausforderungen für Roboter fallen uns Menschen oft am einfachsten.

Inhalt

14

Interview

Robotik-Professorin Selma Šabanović im Interview über technischen Fortschritt und Emotionen.



03

In fünfzig Worten
Roboter: Mensch oder Maschine?

04

Essay
Warum der Roboter uns Menschen so fasziniert.

08

Bilderstrecke
Roboter entspringen Comics, unterstützen Muskeln und erkunden Unerforschtes.

20

Automatisch autonom?
Wie unsere Sicht auf das Auto den Blick auf autonome Fahrzeuge prägt.



27

Zahlencheck
Vor 101 Jahren erblickte der Begriff Roboter das Licht der Welt.

28

Zwei Arme und drei Sterne
Vollautomatische Restaurants und Küchenhelfer sind auf dem Vormarsch.

30

Greifen oder Denken
Warum es so schwierig ist, die menschliche Hand zu imitieren.

33

Essenziell – Sensoren
Ein kleines Bauteil ist entscheidend für Innovation in der Robotik.



40

Infografik
Die Robotik ist weltweit auf dem Vormarsch: im Industrie- wie im Servicesektor.

22

„Tupfer bitte, Doktor Roboter“

Wie Roboter Medizin und den Ärztealltag verändern.

34

Einfach machen

Was hinter der Kuka-Strategie „Automatisierung für alle“ steckt.

48

Android an der Tafel

Wo können Roboter in der Pädagogik eine sinnvolle Rolle spielen?



42

Kein Tropfen Öl
Neue Roboter-Arbeitsbereiche: Andere Anforderungen an Dichtungen.

46

Herz und Drehzahl
In Weinheim werden Getriebe, Schmierstoffe und Dichtungen getestet.

52

Mähst du noch?
Mähroboter müssen auch unter rauen Bedingungen dauerhaft funktionieren.



59

Jetzt erzähle ich
Künstliche Intelligenz hilft uns im Alltag. Dabei agiert sie logisch ... und stupide.

60

Nicht mehr wegzudenken
Zwei Protagonisten berichten, wie ihre Firmen und Länder von Robotern profitieren.

64

Organisierte Ameisen
Autonome Roboter bringen Güter sicher und präzise ans Ziel.

68

Wissenswert
Neues aus der Welt von Freudenberg Sealing Technologies.

54

Copyright by nature

Der Mensch lässt sich von der Natur inspirieren. Auch bei der Robotik.



Deep Deep Down

In die Sphären, in die der Mensch nicht vordringen kann, entsendet er Roboter. So gelingt es ihm, sich ein Bild von unbekanntem Welten zu machen und sein Wissen zu mehren. Doch nicht nur auf weit entfernten Planeten vertrauen Forschende auf die High-tech-Maschinen. Auch auf der Erde erkunden sie Orte mit deren Hilfe. Etwa die Tiefsee. Selbst mit Spezialtauchbooten drang der Mensch noch nicht bis an die tiefste Stelle im pazifischen Marianengraben vor. Das gelang bislang nur Robotern. Zuletzt im März 2021 einem Softbot der Universität von Hangzhou. Bestimmte Tauchroboter können inzwischen Tieren autonom folgen und so deren Lebensweise dokumentieren. Das hier abgebildete Exemplar wird zur Inspektion von Öl- und Gasleitungen im Südchinesischen Meer genutzt. ©





Stabiles Korsett

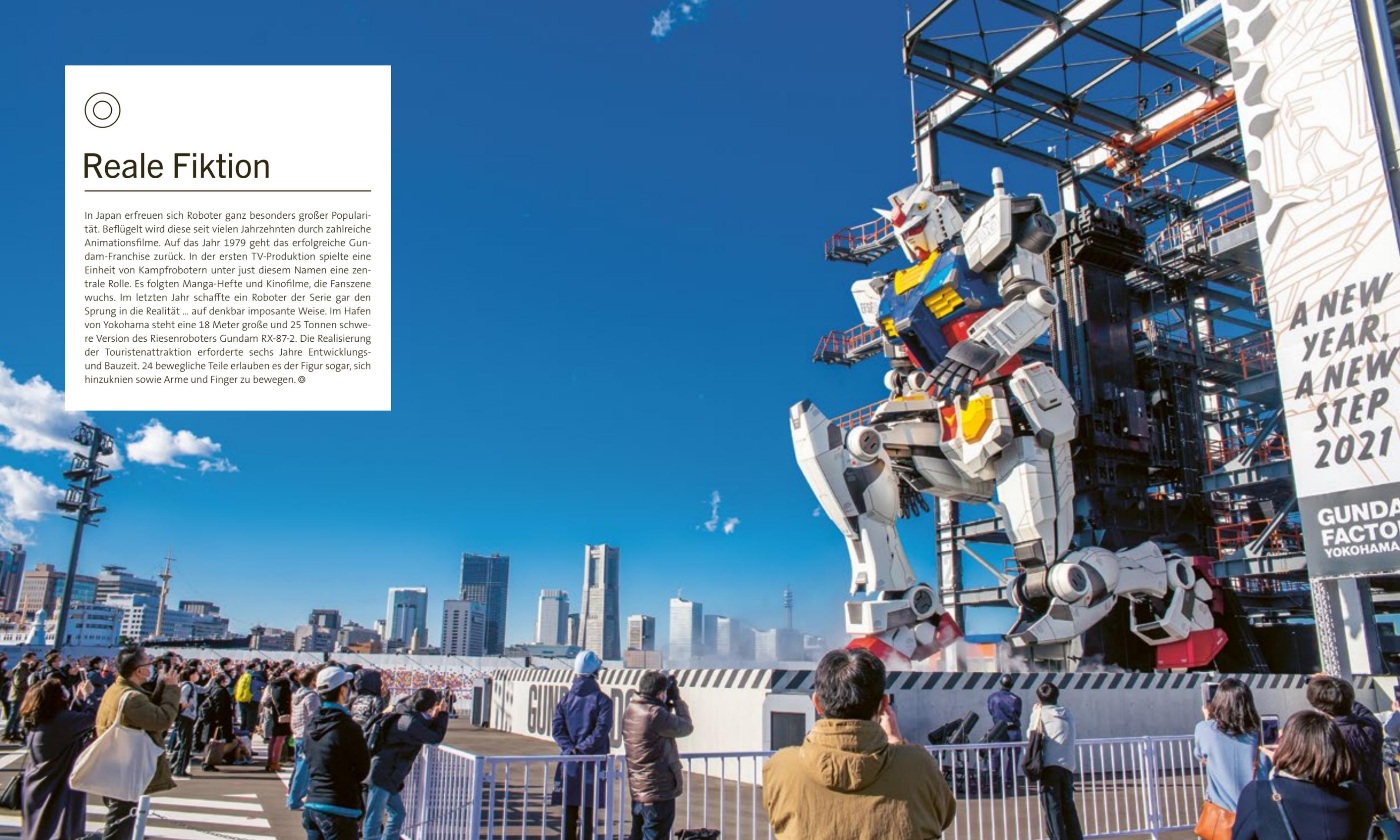
Krebstiere und Insekten besitzen ein Exoskelett. Es schützt und stützt – wie es das bei diesen Zikaden getan hat – den Körper mit seiner verstärkenden äußerlichen Struktur. Der Mensch hat sich davon inspirieren lassen. Schon in den 1960er Jahren gab es Versuche, das Heben schwerer Lasten durch maschinelle Hilfe zu erleichtern. Heute sind Exoskelette funktional und leicht. Die tragbare Robotik registriert, wenn Muskeln angespannt und Bewegungen ausgeführt werden, und unterstützt diese automatisch. Exoskelette helfen in der Produktion und Logistik beim Heben schwerer Gegenstände sowie bei Überkopf- und Überschulterarbeiten. Auch die Medizin macht sich Exoskelette zunutze. Dort ermöglichen sie älteren und gehbehinderten Menschen, wieder auf eigenen Beinen zu stehen und eigenständig kurze Strecken zu gehen. ©





Reale Fiktion

In Japan erfreuen sich Roboter ganz besonders großer Popularität. Beflügelt wird diese seit vielen Jahrzehnten durch zahlreiche Animationsfilme. Auf das Jahr 1979 geht das erfolgreiche Gundam-Franchise zurück. In der ersten TV-Produktion spielte eine Einheit von Kampfrobotern unter just diesem Namen eine zentrale Rolle. Es folgten Manga-Hefte und Kinofilme, die Fanszene wuchs. Im letzten Jahr schaffte ein Roboter der Serie gar den Sprung in die Realität ... auf denkbar imposante Weise. Im Hafen von Yokohama steht eine 18 Meter große und 25 Tonnen schwere Version des Riesenroboters Gundam RX-87-2. Die Realisierung der Touristenattraktion erforderte sechs Jahre Entwicklungs- und Bauzeit. 24 bewegliche Teile erlauben es der Figur sogar, sich hinzuknien sowie Arme und Finger zu bewegen. ©





„Wir sprechen über Robotik, als läge das in der Zukunft“

Roboter und Mensch werden künftig immer enger interagieren. Die Wissenschaftlerin Selma Šabanović von der Indiana University argumentiert sogar: Robotik ist längst in unserem Alltag angekommen – wir nehmen sie nur nicht wahr. Ein Gespräch über Emotionen und kulturelle Sichtweisen und warum ausgerechnet Staubsaugerroboter so erfolgreich sind.



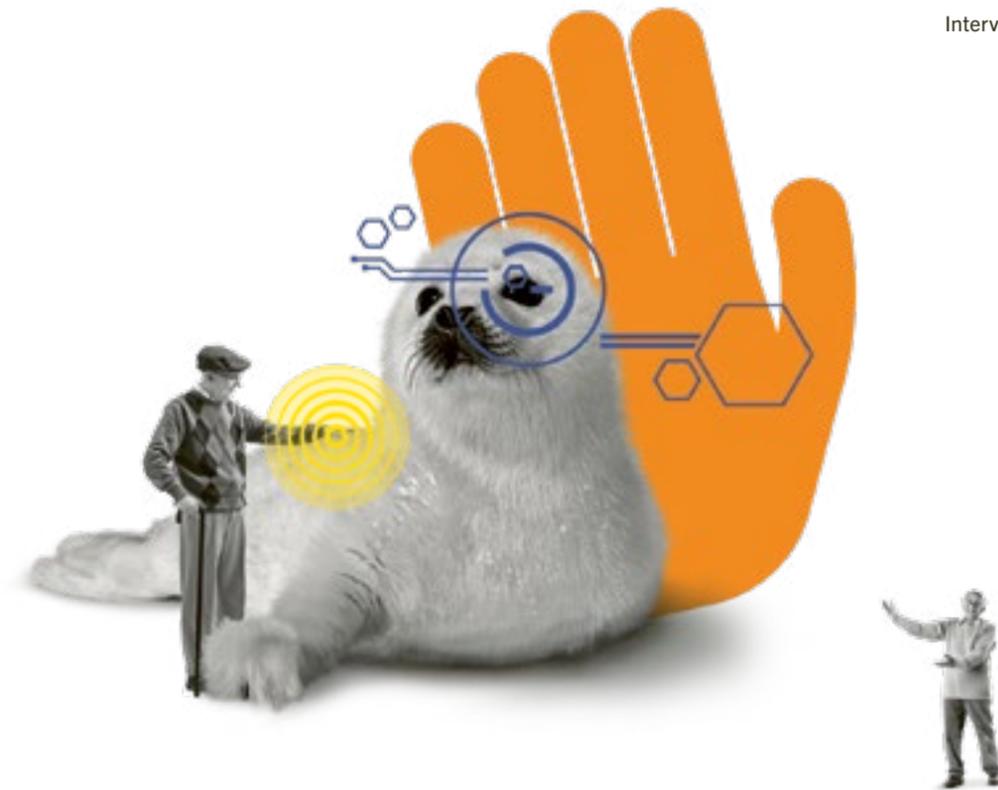
Dr. Selma Šabanović

Außerordentliche Professorin für Informatik und kognitive Wissenschaft an der Indiana University, Bloomington, USA. Sie leitet dort das R-House Human-Robot Interaction Lab, das sie selbst gegründet hat. Ihre Forschung kombiniert Studien zu Design, Nutzung und Konsequenzen von sozial interaktiven und assistierenden Robotern. Šabanović ist Chefredakteurin der Zeitschrift ACM Transactions on Human-Robot Interaction und Co-Autorin des Buchs „Mensch-Roboter-Interaktion: Eine Einführung“. Das Buch richtet sich insbesondere an Studierende und alle, die sich einen Überblick über den Forschungsstand verschaffen wollen. Die Themen reichen von den Teilbereichen der Mechanik bis hin zu ethischen Fragen. Auf Deutsch 2020 erschienen bei Hanser.





Aber sobald sie Sensoren haben, werden sie zu Robotern. Erst der Sensor bewirkt, dass Maschinen planen und ausführen können.“



FRAU ŠABANOVIĆ, WO FÄNGT ROBOTERSEIN AN? WAS IST EIN ROBOTER?

Das ist die große Frage, die viele immer wieder stellen. Und es wird auch jeder Experte eine leicht andere Antwort haben. Für mich hat das etwas mit Embodiment zu tun. Also einem Körper mit physischer Interaktion. Roboter können ihre Umwelt wahrnehmen und sie können mit ihrer Umwelt interagieren. Das würde zum Beispiel Smart Speaker ausschließen, die zwar künstliche Intelligenz besitzen, aber sich nicht bewegen. Wobei ein sozialer Roboter wie „Jibo“ im Grunde nicht sehr anders ist – er kann sich nur eben im Raum bewegen, also mit der Umgebung interagieren.

SMART SPEAKER WIE ALEXA ODER ECHO KÖNNEN LICHT ANSCHALTEN ODER ROLLLÄDEN BEWEGEN.

Richtig, in dem Sinne wären sie als Teil eines Smart Homes sehr wohl Roboter.

WO BEGINNT DER UNTERSCHIED ZWISCHEN AUTOMATISIERUNG UND ROBOTERN?

Dort, wo die Maschine ihre Umwelt wahrnimmt und auf sie adaptiv reagiert. Industrieroboter, die das gleiche Teil am selben Ort bearbeiten, sind Automatisierung. Aber sobald sie mithilfe von Sensoren dynamisch reagieren können, werden sie zu Robotern. Erst der Sensor bewirkt, dass Maschinen planen und ausführen können und auf Änderungen ihrer Umwelt ansprechen.

WAS IST MIT DEM AUTONOMEN AUTO?

Auch das ist ein Roboter. Denken Sie an Einparkhilfen oder Abstandskontrolle. Das sind Funktionen, die alle Parameter für Robotik erfüllen. Unser Auto steuert selbstständig, basierend auf den eigenen Sensoren. Ehrlich gesagt ist das sehr spannend: Wir sprechen häufig über Robotik, als läge das in der Zukunft. Dinge, die bereits existieren, akzeptieren wir als gegeben. Mit „Roboter“ verbinden wir etwas Futuristisches, aber in gewisser Weise sind sie längst Teil des Alltags.

MAN HAT HÄUFIG DAS GEFÜHL, MENSCHEN HABEN ANGST VOR ROBOTERN. WOHER KOMMT DAS?

Die Angst existierte schon, bevor es den Begriff Roboter gab. Es gibt alte Mythen von Maschinen, die so menschenähnlich aussehen, dass sie uns täuschen. Das hat mit einer zentralen Frage zu tun, die uns als Menschen umtreibt: Was bedeutet Menschsein? Woran macht man das fest – am Aussehen, am Verhalten, an der Seele? Und ist der menschliche Körper nicht auch nur eine Maschine? Das beschäftigt uns bis heute.

DAZU KOMMT DAS THEMA ARBEITSPLATZVERLUST ...?

Ja, wann immer wir Maschinen erfunden haben, hat das die Arbeit von Menschen verändert. Aber eigentlich ging es oft viel mehr um die Frage, wie die Technologie in die Gesellschaft integriert wurde. In westlichen Industriestaaten hat Automatisierung zu Entlassungen geführt. In Japan hingegen, wo früher noch der Grundsatz galt, dass du dein Leben lang im selben

Unternehmen arbeitest, wurden die Mitarbeitenden umgeschult. Das war ein Unterschied. Den spüren wir bis heute.

INDEM IN JAPAN ROBOTER POSITIVER GESEHEN WERDEN?

Denken Sie an die herausragenden Vertreter der Popkultur. Im Westen sind es Figuren wie der Terminator. In Japan eher Figuren wie der Android Astro Boy, der Krieg und Unrecht entgegentritt. Das heißt nicht, dass jeder Japaner Robotik positiv sieht. Aber es gibt Unterschiede, wie sich Geschichten und Archetypen im Bewusstsein etabliert haben.

STAMMEN DAHER AUCH DIE GLOBALEN UNTERSCHIEDE IN DEN ANWENDUNGSFELDERN?

Das hat häufig mit der Forschungsfinanzierung zu tun. In den USA zum Beispiel investiert die Armee viel in Robotik. In Japan war es zunächst die Industrie, dadurch wird mehr im Konsumentenbereich entwickelt. Wobei insgesamt das Wachstum des Segments im Servicebereich nicht ganz so schnell ist, wie man dachte. Der Staubsaugerroboter Roomba ist eine Erfolgsgeschichte, die relativ einzigartig geblieben ist.

WIESO AUSGERECHNET EIN STAUBSAUGERROBOTER?

Weil er einen klar definierten Nutzen hat. Er macht das, was er tun soll, und die Nutzer erwarten von ihm auch kein unglaublich fortschrittliches Verhalten. Die Lehre daraus für alle Entwickler muss folgende Frage sein: Wo lassen sich existierende



Paro-Roboter

Der Paro ist ein robbenähnlicher Roboter, dessen Sensoren erkennen können, wenn er hochgenommen oder gestreichelt wird. Er reagiert mit Geräuschen und Bewegungen. Studien belegen, dass er damit nicht nur das Gefühl von Einsamkeit verringert, sondern auch die Beziehungen zwischen Bewohnern von Pflegeheimen stimuliert. Er ist seit 2006 in Japan und seit 2009 in den USA erhältlich.



Wir werden künftigen Generationen beibringen müssen: Diese Maschinen sind keine Menschen, auch wenn sie Emotionen simulieren!“



technische Fähigkeiten gut verknüpfen mit dem, was der Mensch gerade benötigt? Schon vor Jahrzehnten hatte man in der Logistik die Vision der Lights-out-Fabrik, der roboter-gesteuerten Fabrik – das wird vermutlich so nicht kommen.

STATTDESSEN ARBEITEN MENSCH UND ROBOTER HAND IN HAND.

Die entscheidende Herausforderung ist immer: Wie verheiraten wir die Stärken eines Roboters mit denen eines Menschen? Kollaboration wird das Stichwort der Zukunft.

DAFÜR ABER MÜSSEN ROBOTER LERNEN, MENSCHEN KORREKT ZU INTERPRETIEREN ...

Smart Speaker verstehen Kinder oft nicht, weil Kinder anders sprechen als Erwachsene. Wir haben am Institut gerade ein Forschungsprojekt für Robotereinsätze mit älteren Menschen, also zum Beispiel zum Einsatz in der Pflege. Auch Senioren sprechen anders als junge Erwachsene. Ingenieure und Entwickler müssen da umdenken. Früher wurden Roboter an den zehn Mitarbeitenden im Labor getestet. Aber damit entwickelt man möglicherweise an der Zielgruppe vorbei. Wenn wir von Roboter-Mensch-Interaktion sprechen, sollten frühzeitig die richtigen Fragen gestellt werden: Was soll der Roboter können? Was sind die Ziele? Die Limits? Und aus welchen Daten speist der Roboter sein Wissen? Sonst besteht die Gefahr, dass ganze gesellschaftliche Gruppen ausgeschlossen werden.

BRAUCHT DER ROBOTER EMOTIONEN, UM KOMMUNIZIEREN ZU KÖNNEN?

Das ist eine spannende Frage, weil wir Menschen ständig und unterbewusst Emotionen in Dinge interpretieren. Wenn ein Roboter darauf programmiert ist, auf eine Lichtquelle zuzusteuern, reagieren Beobachter mit Sätzen wie: „Oh, er mag Licht!“ Wenn Roboter also Emotionen zeigen, hilft das bei der Interaktion mit Menschen. Ein Lieferroboter, der langsamer wird, wenn er auf Sie zukommt, demonstriert dadurch Vorsicht. Menschen verstehen solche Signale. Wir müssen aber auch nicht alles reproduzieren, was Menschen können. Vielleicht hilft es in bestimmten Situationen auch, wenn Roboter eben keine Emotionen haben.

IST ES EIN PROBLEM, DASS WIR ROBOTERN EMOTIONEN ZUSCHREIBEN?

Das kommt darauf an. Wenn ältere Menschen, die allein sind, ihrem Haustierroboter „Paro“ Gefühle zuschreiben, halte ich das nicht für schlimm. Dafür sind sie ja entwickelt worden: für den positiven Effekt, Freude zu teilen. Dass wir Dinge vermenschlichen, ist ein Reflex, der uns hilft, sozial zu sein. Ein Problem wird es aber zum Beispiel, wenn Soldaten ihre Roboter, die für die Bombenentschärfung vorgeschickt werden, vermenschlichen. Und sich dann selbst in Gefahr bringen. Solches Verhalten wurde schon beobachtet. Da werden wir künftigen Generationen beibringen müssen: Diese Maschinen sind keine Menschen, auch wenn sie Emotionen simulieren!

HAT UNSERE GESELLSCHAFT EINE FALSCH VORSTELLUNG VON DER ZUKUNFT DER ROBOTER?

Es gibt auf jeden Fall sehr verschiedene Vorstellungen. Die eine ist geprägt von Filmen und Büchern. Eine Zukunft, in der Roboter als Individuen herumlaufen. Aktuell sind sie aber sehr limitiert. Die Eingangsfrage, mit der wir gestartet sind, beschreibt ja eine komplexe Herausforderung: die Interaktion mit der Umwelt. Wir werden noch lange nicht so weit sein, dass Roboter in Menschengestalt herumlaufen und mit den unzähligen Unsicherheitsfaktoren eines Stadtzentrums interagieren können. Es gibt aber eine Zukunft, in der Robotertechnologie in vielen Alltagsdingen implementiert ist, und die ist quasi schon da. Wir haben keine Roboter wie aus dem Film „I, Robot“. Aber Lieferroboter – die sind real.

IHRE VISION FÜR DIE ROBOTERZUKUNFT?

Heiter, hoffentlich. Und dass der Fokus dabei auf uns Menschen und der Gesellschaft liegt. Was wollen wir mit der Technologie bewirken? Das ist wichtig, damit wir darauf Gesetze und Regeln aufbauen können. Und wie kann uns Robotik helfen, unser Leben zu verbessern? Sozial, wirtschaftlich, psychologisch. Dazu sollte Technologie da sein. Nicht zum Selbstzweck. ©



Nicht automatisch autonom

Autonome Fahrzeuge scheinen eine ganz besondere Roboterspezies darzustellen. Doch der Unterschied ist weder technisch noch kaufmännisch zu begründen, er liegt vielmehr in unserer Sicht auf das Autofahren.

In jenem Moment, da sich Herbie nachts von der Brücke stürzen will, weil er gegen einen roten Lamborghini eingetauscht werden soll, leidet auch der härteste Autofeind mit. So absurd diese Szene ist: Der mehr als 50 Jahre alte Disney-Film „Ein toller Käfer“ beantwortet visionär die grundlegende Frage, wie wir mit einem Roboterauto umgehen werden. Wir werden gar nicht anders können, als mit ihm zu sprechen und zu versuchen, uns in das Artefakt aus Stahl und Computerplatinen hineinzudenken. Und wir werden Gefühle entwickeln, mehr als jenen Robotern gegenüber jedenfalls, die in den Fabriken neben uns arbeiten oder uns den Rasen mähen.

Warum ist das so? Aus technischer Sicht unterscheidet ein ohne jeden menschlichen Eingriff fahrendes Fahrzeug nichts Grundlegendes von einem mobilen Industrieroboter. Es ist zwar mit umfangreicherer Sensorik und leistungsfähigeren Rechnern ausgestattet, aber das regelnde Grundprinzip ist das gleiche: erkennen, berechnen, handeln. Der eigentliche Unter-

schied liegt aber gar nicht darin, was das Roboterfahrzeug tut, sondern in unserer Sicht auf die Tätigkeit. 24 Stunden am Tag die immer gleiche Schweißnaht aufzubringen oder jeden Morgen für eine Stunde den Rasen zu mähen sind aus unserer Sicht monotone Tätigkeiten, die wenig Intelligenz erfordern und keine starken Emotionen hervorrufen. Autofahren ist hingegen eine kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit, zumindest so lange wir nicht stundenlang geradeaus mit gezügelter Geschwindigkeit durch den Westen der USA fahren. Wenn etwas Technisches uns ersetzen kann, dann soll es sich wenigstens um eine ganz besondere Maschine handeln. Alles andere würde unser Selbstbild bedrohen.

Gestützt wird diese These von Umfragen zur Akzeptanz des autonomen Fahrens. Sie ist in jenen Märkten besonders hoch, in denen autofahrerisches Können eher gering geschätzt wird. So ergab eine Mobilitätsstudie des Zulieferers Continental, dass in China 89 Prozent aller Autofahrenden die Entwicklung



Autonom transportieren lassen? Die Bereitschaft dazu ist global unterschiedlich. Der französische Hersteller Navya aus Lyon hat bereits verschiedene Modelle von Kleinbussen entwickelt – die größten Marktchancen sieht er aktuell in Asien.

autonomer Fahrzeuge für sinnvoll halten. Wer wirklich etwas auf sich hält, lässt sich im Reich der Mitte ohnehin auch schon heute von einem Chauffeur fahren. Im Autoland Deutschland liegt die Zustimmung hingegen nur bei 52 Prozent.

Enormer Fortschritt, keine Serie

Trotzdem stehen deutsche Autohersteller mittlerweile technologisch wieder ganz vorn, wenn es um die Entwicklung autonomer Fahrzeuge geht. Aufgeschreckt durch die 2012 veröffentlichten Bilder eines von Google programmierten Toyota Prius starteten die Premiumhersteller milliardenschwere Entwicklungsprogramme. Der technische Fortschritt war in den letzten zehn Jahren enorm, selbst komplexe Verkehrssituationen in Innenstädten sind überwiegend zu meistern. Und sogar die Gesetzgebung bewegte sich rasch, als erstes Land der Welt verabschiedete Deutschland verbindliche Regeln für den Einsatz voll automatisierter Fahrzeuge ohne Überwachungsfahrer im öffentlichen Straßenverkehr.

Doch warum gibt es dann immer noch kein einziges selbstfahrendes Auto zu kaufen? Der Grund ist in einer Fehlkalkulation zu suchen. Die ganze Technik, die ein Roboterauto mitbringen muss, macht es Zehntausende Euro teurer. Für einen privaten Pkw ist schlicht das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu gering. „Wir sehen im Pkw auf absehbare Zeit eher Assistenzsysteme mit erweiterten Funktionen“, sagt etwa Thorsten Gollewski, für die autonomen Mobilitätssysteme beim Automobilzulieferer ZF Friedrichshafen verantwortlich. „Ein höheres Level an Automatisierung ist derzeit vor allem für Lkw und People Mover interessant.“ Hintergrund ist das Geschäftsmodell: Im Güterverkehr machen Lohn- und Nebenkosten in entwickelten Ländern rund ein Drittel der gesamten Lebenszykluskosten aus, die Abschreibung auf die Fahrzeugkosten schlägt hingegen nur mit rund neun Prozent zu Buche. Letztendlich entscheidet rationales Kalkül über den Einsatz von autonomen Fahrzeugen – und das eint den Roboter-Lkw mit seinem Kollegen in der Fabrikhalle. ©



©
 „Tupfer bitte,
 Doktor Roboter!“

Können Roboter präzisere Schnitte setzen als menschliche Chirurgen? Theoretisch ja. Trotzdem werden wir bis auf Weiteres nicht von autonomen Maschinen operiert. Medizin-Roboter sind aber längst präsent im OP-Saal – und vielleicht demnächst in unserer Blutbahn.

Bereits Anfang der 1990er Jahre arbeitete erstmals ein Roboter im OP-Saal. Das System „Robodoc“ sollte die Chirurgie revolutionieren. Es war in der Lage, Knochen präziser und gleichmäßiger zu fräsen als die menschliche Hand. Wichtig zum Beispiel bei der Implantation künstlicher Hüftgelenke. Je exakter der Schnitt, desto passgenauer sitzt die Prothese – desto schneller und besser ist sie später belastbar. Robodoc basierte auf einem eigens angepassten Industrieroboter.

„Das war auch wirklich sehr präzise“, sagt Dr. Beat Müller, Leiter der Sektion für minimalinvasive Chirurgie und roboterassistierte Chirurgie am Universitäts-

linikum Heidelberg. Was damals erst verspätet auffiel: „Der Roboter hat vereinzelt auch die Muskulatur weggefräst“, fasst es Müller zusammen. Und selbst bei den Knochen konnte es zu Abweichungen kommen, die ein menschlicher Chirurg vermutlich im Laufe der OP bemerkt hätte – der Roboter aber nicht. Ein „Lehrstück deutscher Medizingeschichte“ nannte es 2009 in der Rückschau das deutsche Magazin Der Spiegel. Und meinte damit: Der Glaube an den Segen moderner Technik habe damals manchen Arzt und auch Patienten geblendet. Vielleicht kam er einfach zu früh.

Rund 30 Jahre später arbeiten mehr und mehr Roboter in den OP-Sälen. Sie



Prof. Dr. med. Beat Müller

Beat Müller absolvierte 1997 seine Approbation in Zürich und wechselte neun Jahre später an das Universitätsklinikum Heidelberg. Seit Anfang seiner Karriere interessiert er sich für die minimalinvasive Chirurgie. Seit 2010 leitet er in Heidelberg die „Sektion für Minimal Invasive und Roboter-assistierte Chirurgie“, die unter ihm mit „Exzellenzstatus“ ausgezeichnet wurde.

heißen anders und sehen anders aus. Müller begrüßt die Robotik. Er ist außerdem ein Anhänger der sogenannten „minimalinvasiven Chirurgie“, einer Chirurgie, die so wenig Gewebe wie möglich verletzen will. Das erfordert eine andere Herangehensweise und wurde vor 30 Jahren ebenfalls skeptisch beäugt. Vielleicht ist Müller deswegen gegenüber Innovationen so aufgeschlossen: „Ich wollte immer das Neue ausprobieren, ich habe damit gute Erfahrungen gemacht.“ Die moderne Generation an OP-Robotern vereint beides: Ärzte können mit Roboterunterstützung leichter minimalinvasiv operieren.

Müller stellt allerdings direkt klar, dass es sich bei den maschinellen Helfern nicht um autonom agierende Roboter handelt. Das „Da-Vinci-System“, der heute am häufigsten installierte OP-Roboter (etwa 5.000 Exemplare weltweit), ist unter dem Strich nichts anderes als ein verlängerter Arm des Chirurgen. „Er macht nichts, was der Arzt nicht macht“, sagt Müller. Nur dass der Arzt eben nicht mehr direkt neben dem Patienten steht, sondern an einem Display sitzt und dort mit einem Hebel die Operation steuert. „Das ist ergonomisch besser, und man hat gewissermaßen ein Mikroskop im Bauch des Patienten“, beschreibt es Müller. Damit sind Schnitte möglich, die eine menschliche Hand in dieser Präzision wohl kaum leisten könnte.

Echte Automatisierung im Operationsaal ist insofern knifflig, als dass der menschliche Körper sehr komplex ist, vor allem was weiches Gewebe angeht – wie der „Robodoc“ eindrücklich bewiesen hat. „Dort, wo er wirklich stabil ist, ließe sich leichter automatisieren“, sagt

Müller. Bei einer Biopsie durch die Schädeldecke zum Beispiel. Er weiß aber auch von erfolgversprechenden Forschungsprojekten für automatisiert gesetzte Darmnähte und autonome Kameraführung in der minimalinvasiven Chirurgie. Attraktiv ist robotergestützte Medizin auf jeden Fall – allerdings auch teuer. „Ich habe das lange Zeit unterschätzt; der Markt ist zu klein, also ist er für Entwickler weniger attraktiv als Roboter im Konsumentenbereich“, hat der Chirurg festgestellt.

Dennoch kommt Bewegung in die Branche. Dabei müssen Medizinroboter noch nicht einmal Arme haben oder Skalpelle führen. Im Mai 2020 veröffentlichte ein Team des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme (MPI-IS) einen Bericht über Mikroroboter von der Größe eines weißen Blutkörperchens. Der kugelförmige Roboter könnte so ins Blut eingeschleust werden und dort Medikamente genau an der Stelle abgeben, wo sie gebraucht werden. Der Mikroroboter kann sich aktiv gegen den Blutkreislauf bewegen und navigieren. „Unsere Roboter können selbstständig interessante Zellen erkennen, beispielsweise Krebszellen“, sagt Yunus Apan, Post-Doc in der Abteilung für Physische Intelligenz. „Und sie können Wirkstoffmoleküle während der Fahrt freisetzen.“ Allerdings: Von Tests in menschlichen Körpern sind diese Mikroroboter derzeit weit entfernt. Und für eine sinnvolle Medizinabgabe müssten ganze Schwärme zum Einsatz kommen. Forscher der Schweizer ETH Zürich stellten im November 2020 ein Konzept für „Mikrovehikel“ vor, das in eine ähnliche Richtung geht. Hier handelt es sich aber ebenfalls noch um Materialeexperimente.



„Mein Fokus war immer, Herangehensweisen weiterzuentwickeln“, sagt Dr. Beat Müller. Er ist offen für Neues.

„Es ist wie ein Mikroskop im Bauch des Patienten“: Das Da-Vinci-System (rechts) lässt sich aus der Ferne steuern.





Minimalinvasiv operieren:
Viele Chirurgen scheuen den Aufwand. Roboterunterstützung erleichtert den Schritt erheblich.

Klar ist: Auch außerhalb des Operationsaals werden Roboter in der Medizin künftig relevant und sollen Aufgaben übernehmen: „Roboter-Pflegekräfte“ könnten Patienten überwachen, Blut abnehmen oder bei der Hygiene helfen. Damit hätten die Menschen wieder mehr Zeit für etwas, das sie besser können als Roboter: Kommunikation und menschliche Nähe. 2018 entwickelte die amerikanische Rutgers University aus New Jersey den Prototyp eines Roboters, der Blut abnehmen und sogar direkt analysieren kann. „Jedes Jahr wird allein in den USA zwei Milliarden Mal Blut abgenommen“, erklärte Projektleiter Martin Yarmush dem Smithsonian Magazine. Seit 2017



5.000

Exemplare des Da-Vinci-Systems sind weltweit im Einsatz. Ursprünglich wurde es für Fernoperationen erfunden.

testet der britische National Health Service (NHS) wie er Ärzte bei Konsultationen entlasten kann, indem er Chatbots einsetzt, die über künstliche Intelligenz verfügen. Bei all diesen Einsatzfeldern ist die Logik die gleiche: Roboter können repetitive Aufgaben übernehmen, damit das Personal mehr Freiraum für jene Aufgaben hat, bei denen menschliche Intelligenz und Intuition gefragt sind. Denn bei Patientenfragen geht es oft um wiederkehrende Themen – idealerweise hätten die Ärzte also mehr Zeit für ausführliche Diagnosen oder Gespräche. „Hausroboter“ könnten in Zukunft kranke Menschen zu Hause begleiten und im Notfall Alarm schlagen – und so Krankenhäuser entlasten oder Älteren ein längeres Leben zu Hause ermöglichen. Für viele dieser Visionen sind entsprechende Prototypen längst entwickelt.

Chirurg Beat Müller in Heidelberg verfolgt interessiert die Innovationen rund um die Robotik. „Der Roboter nimmt dem Chirurgen nicht die Arbeit weg, sondern er macht ihn besser“, sagt Müller. „Ich empfinde das als eine sehr charmante Vision.“ Er hat auch nicht das Gefühl, dass Patienten von operierenden Robotern eingeschüchtert seien – eher im Gegenteil. „Roboter sind präziser als der Mensch, werden gesteuert durch Menschen, und der Mensch kann seine Flexibilität beisteuern, auf unterschiedliche Situationen zu reagieren“, fasst es Müller zusammen. Entscheidend sei eben, dass die Patienten verstehen, was genau der Roboter im Operationsaal macht. „Man darf nicht das Bild entstehen lassen, dass der Roboter Unfug mit den Patienten treibt, ohne dass es jemand merkt.“ ©



ZAHLENCHECK

101 Jahre



Der Begriff Roboter ist ein Internationalismus. Das heißt, er wird in zahlreichen Sprachen ähnlich geschrieben und mit der gleichen Bedeutung verknüpft. Das Wort Roboter blickt auf eine 101-jährige Geschichte zurück. 1920 veröffentlichte der tschechische Autor Karel Čapek das Schauspiel R.U.R. (Rossumovi Uni-verzálni Roboti), in dem ein gleichnamiges Unternehmen menschenähnliche Maschinen erschafft. Sie sollen den Menschen als Arbeitskräfte dienen und Wohlstand sowie sozialen Frieden herbeiführen. Die Sache nimmt jedoch eine dramatische Wendung. Die Maschinen begehren auf und übernehmen die Herrschaft über die Menschheit, bevor ihnen selbst das Ende droht.

Angeblich wollte Čapek den künstlichen Geschöpfen das englische Wort labor geben. Doch sein Bruder Josef überzeugte ihn von roboty. Es entstammt dem tschechischen Wort robota, das für Fronarbeit oder Schwerarbeit steht und auf das altslawische Wort rab (Sklave) zurückgeht. Im Jahr 1921 feierte R.U.R. im heutigen Tschechien Premiere und fand rasch seinen Weg auf internationale Bühnen. Roboty ging in andere Sprachen über und wird heute weltweit als Oberbegriff für Maschinen verwendet und verstanden, die bestimmte Funktionen eines Menschen ausführen können. ©



Zwei Arme und drei Sterne

Roboter punkten als Küchenhelfer mit Präzision und Hygiene. Noch sorgen voll automatisierte Restaurants oder Android-Kellner für Aufsehen. Der Trend zur Robotergastronomie hat aber nachvollziehbare Gründe.

Das vermutlich älteste Roboterrestaurant der Welt war kein Restaurant. „Robo Restaurant“ in Tokio besaß bereits 2012 Roboter, die tanzend auf der Bühne standen. Das Konzept war Show und Entertainment, nicht Küche. Extrem erfolgreich war das trotzdem, wenn auch als Touristenfalle verschrien. In jüngerer Zeit eröffnen weltweit immer mehr Läden, deren Anspruch es tatsächlich ist, Essen zu kochen und zu servieren – mithilfe von Robotern.

In Indien feiert die Kette „Robot Restaurants“ Erfolge mit Robotern, die den Gästen die Speisen an den Tisch bringen. Filialen existieren mittlerweile zum Beispiel in Chennai und dem indischen Technologiezentrum Bangalore. Gäste



120

Nudelgerichte in der Stunde kochen die Roboter im chinesischen Foshan.

bestellen am Tisch per Bildschirm, die Zulieferroboter servieren. Köche und Küchenchefs müssen angesichts dessen noch keine Angst haben, ihren Job zu verlieren: Es handelt sich letztlich nur um Logistikroboter. Einen Schritt weiter hingegen ist der „Roboterrestaurant-Komplex“ im chinesischen Foshan: Hier arbeiten 40 Roboter für bis zu 600 Gäste rund um die Uhr, auch in der Küche. Dabei brauche ein „Nudelroboter“ nur vier Quadratmeter Platz, könne aber 120 Nudelgerichte pro Stunde fertigen, rechnen die Betreiber vor.

Schneiden, zerkleinern, rühren

Für die Branchenexperten steht außer Frage, dass die Roboter bald vermehrt in die Küchen einziehen werden. Aus dem



Zwei Roboterarme, über 5.000 Rezepte. „Moley“ schafft auch komplizierte Gerichte.

gleichen Grund, weswegen sie bereits in der Lebensmittelindustrie verbreitet sind: Roboter können in sehr hoher Geschwindigkeit Routineaufgaben wie Schneiden, Zerkleinern oder Rühren übernehmen – und punkten dabei mit Hygiene und Präzision. Insbesondere für die Systemgastronomie mit ihren standardisierten Abläufen sind das verlockende Aussichten.

Das „Spyce“ Restaurant in Boston verfügt seit 2018 über eine voll automatisierte Küche. Dort werden die Zutaten vermischt und gerührt – die Köche sind nur noch dafür verantwortlich, die Rezepte vorzugeben und am Ende einen Spritzer Dressing auf die Schüssel zu geben. Tatsächlich sind es fast ausschließ-

lich Schüsseln und die Gerichte meist zusammengemixte, klein geschnittene Potpourris: Komplexere Menüs können die Automaten nicht handhaben. Das Restaurant wirbt mit Gerichten ab acht US-Dollar, die „in weniger als drei Minuten“ servierfertig seien.

Individuelle Zutaten: kein Problem

Das britische Start-up Moley wiederum präsentierte 2015 den Prototyp einer vollautomatischen Küche, mit zwei Roboterarmen, die von der Decke hängend Soßen rühren oder Gemüse schneiden und mehrere Kochplatten gleichzeitig bedienen können. Über 5.000 Rezepte beherrscht diese Robo-Küche, und sie ist seit diesem Jahr auf dem Markt erhältlich – für rund 300.000 Euro. Damit ist

das Versprechen real geworden, auch kompliziertere Gerichte und Zubereitungsschritte maschinell zu verwirklichen.

Die automatisierte Roboterküche trifft den Nerv einer Zeit, in der Kunden gleichzeitig Geschwindigkeit und Individualität erwarten: Ein Roboterkoch kommt nicht durcheinander mit Extrawünschen, egal ob es spezielle Zutaten sind, Erdnussallergie oder salzarme Küche. Knopfdruck genügt. Das Unternehmen Nala Robotics aus Illinois will noch 2021 ebenfalls ihr erstes automatisiertes Restaurant eröffnen, in dem eine Kombination aus einem Roboterarm mit künstlicher Intelligenz Tausende verschiedener Rezepte kocht. Über die Technologie dahinter schweigt man sich allerdings noch aus.

Der Robo-Chef kann nicht kosten

Wird in Zukunft das nächste Drei-Sterne-Restaurant von einem Chef mit Platine und Prozessor betrieben? Es ist zumindest nicht ausgeschlossen, dass die KI imstande sein könnte, dank Big Data und Deep-Learning-Methoden komplett neue Gerichte zu kreieren und in diesem Sinne „kreativ“ zu sein. An einem Punkt aber werden die Roboterköche bis auf Weiteres scheitern: Sie können ihre Gerichte weder abschmecken noch riechen. Sie wissen zwar, wie man salzarm kocht, aber nicht, wie „salzig“ schmeckt.

Das „Robo Restaurant“ in Tokio hat mittlerweile seine Türen für immer geschlossen: Die Pandemie hat der Unterhaltungsshow den Todesstoß versetzt, denn Gäste waren fast ausschließlich Touristen, keine Einheimischen. So lukrativ die Idee war – vielleicht hätten die Inhaber doch besser auf eine echte Roboterküche setzen sollen. ©



Greifen ist schwerer als denken



Während Rotobertechnik in einigen Bereichen erstaunliche Fortschritte macht, gibt es noch immer einen Körperteil, der den Ingenieuren Kopfzerbrechen bereitet: die Hand. Menschliche Babys können nach Gegenständen greifen – Roboter stoßen da an Grenzen. Eine Bestandsaufnahme.

Im Jahr 1996 schlug zum ersten Mal ein Computer einen amtierenden Schachweltmeister: Garri Kasparow verlor gegen das kleiderschrankgroße Rechenwunder mit dem Namen „Deep Blue“. Das Duell stand symbolhaft dafür, was Computer bald alles können würden. 25 Jahre später sind diese Erwartungen nur zum Teil eingetroffen – zumindest wenn man sich in einer kleinen Drogeriefiliale um die Ecke umsieht. Mehrmals am Tag werden hier Regale befüllt, mit der Zehnerpackung Toilettenpapier oder kleinen Schachteln mit Gesichtscrème. Und meist müssen das die Mitarbeitenden tun. Gerne würden viele von ihnen diese Arbeit an Roboter abgeben. Allerdings: Die Robotertechnik stößt da heute noch an ihre Grenzen. Große, kleine, weiche, feste Produkte hintereinander, die heute anders aussehen als morgen – das überfordert den Roboter. Wie lernt man greifen?

Sanfte Hand von der Uni

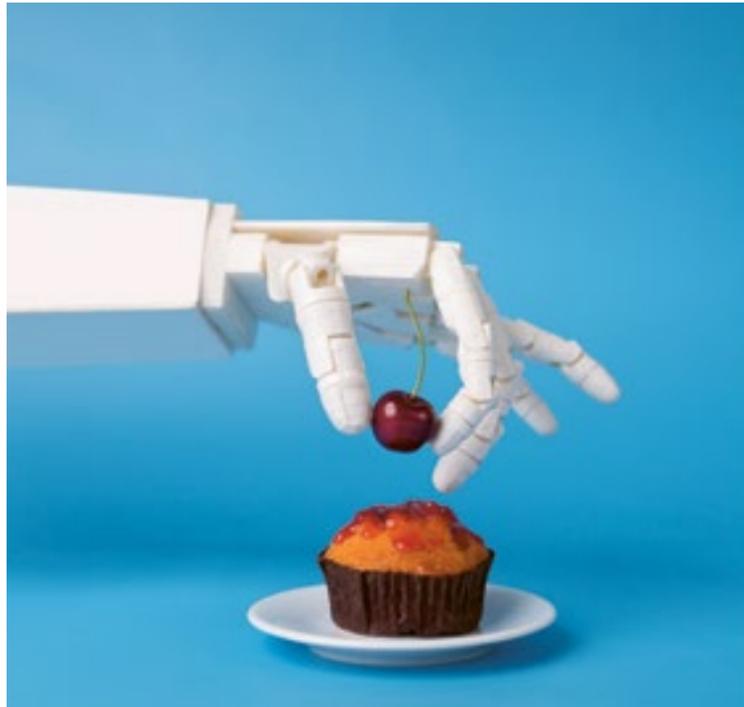
Ganz vorn dabei in der Forschung ist die Technische Universität in Berlin. Forscher Raphael Deimel beschrieb in einer Sendung des Westdeutschen Rundfunks ein zentrales Problem: „Man versucht, eine menschliche Hand nachzubauen, weiß aber nicht, was eigentlich das Wichtigste daran ist.“ Deimels Team ging der Frage nach und experimentierte seit Anfang der 2010er Jahre ausgiebig. Dabei stellten sie fest, dass sich beim Greifen die Finger ganz spontan dem Objekt anpassen, das sie anheben

wollen. Erst beim Zugriff selbst ergibt sich die letzte Position und der Druck, mit dem die Finger agieren.

Wie aber setzt man das für eine Maschine um? Die Berliner Forscher entwickelten eine weiche Roboterhand mit Fingern aus Silikon, die nur über Luftdruck bewegt werden. Damit passt sich die Hand dem Objekt an, ohne zuvor präzise für dieses Objekt programmiert worden zu sein – vom Handy bis zur Blumenvase, von der Banane bis zum Teddybär. Solch eine Hand – derzeit nur ein Prototyp – könnte gut in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt werden, um etwa Obst und Gemüse zu sortieren. Denn gerade diese Lebensmittel reagieren besonders empfindlich auf zu viel Druck.

Einsatz in der Pflege?

Auch für Roboter, die etwa in der Pflege arbeiten könnten, wäre solch eine Hand eine Option: Zwar gibt es bereits Roboter, die in diesem Bereich genutzt werden, aber der weitreichende Einsatz scheitert auch am Problem „Hand“. Der humanoide Roboter „Pepper“, ein französisch-japanisches Kooperationsprojekt von Aldebaran Robotics und Softbank, ist ein klassisches Beispiel: Er ist 120 Zentimeter groß, mit Armen und Plastikhänden mit Servoantrieb ausgestattet, kann sprechen, singen und seine Arme und Hände bewegen. Doch Dr. Karsten Schwarz, Mitarbeiter des FORMAT-Projekts an der Uni Halle, wo über den Einsatz



Wie viel Druck verträgt die Kirsche, und woher weiß die Hand, wo man sie absetzt? Schwierige Fragen für Roboter.

Regel- und Leistungselektronik ist in die Handwurzel integriert, die Schnittstellen sind standardisiert. So kann die Hand auch mit anderen Roboterarmen kombiniert werden. In der Roboterküche bedienen die Hände souverän Mixer, Messer, Schneebesen, Wasserhahn und Kochfeld. Billig ist das Ganze nicht, aber für etwas mehr als eine Viertelmillion Euro nennt man dann zumindest ein (noch) ziemlich ungewöhnliches Statussymbol sein Eigen. Für Großküchen macht diese Art von Roboter mehr Sinn – wie auch der Hersteller zugibt. Allerdings: Die Arme und Hände dieser Küche brauchen auf sowie über der Arbeitsfläche sehr viel Platz – für das am Anfang geschilderte Problem in der Drogerie sind sie viel zu groß.

Die Firma Dematic, Logistikspezialist aus Heusenstamm, setzt eher auf maßgeschneiderte Hände, die konkret auf eine Aufgabe zugeschnitten werden. Beim Sortieren von Päckchen in die Regale der Zustellfahrzeuge eines Paketlieferanten sind das eher Schieber, die die Pakete an die richtige Stelle dirigieren. Beim Einräumen von Regalen wiederum soll ganz bewusst dem Problem der unterschiedlichen Produktgrößen entgegengewirkt werden – mit unterschiedlich großen Fingern. So lässt sich ein mächtiges Paket mit zwei großen Fingern packen, für das kleinere und leichtere kommen schmalere Finger zum Einsatz. Auf diese Weise bleiben die Zwischenräume im Regal in einem akzeptablen Rahmen.

„Die“ Roboterhand gibt es also noch nicht. Je klarer der Einsatz, je standardisierter die zu greifenden Objekte, desto besser. Einige vielversprechende Ansätze gibt es. Bis auf Weiteres bleibt die menschliche Hand aber ein technisch schwer zu kopierendes Wunderwerk, erst recht in Kombination mit Auge, Gehirn und Arm. Übrigens: Auch Deep Blue konnte seine Schachfiguren noch nicht selbst bewegen. Das musste damals ein Mensch für ihn erledigen. ©



„Die‘ Roboterhand gibt es also noch nicht. Je klarer der Einsatz, je standardisierter die zu greifenden Objekte, desto besser.“

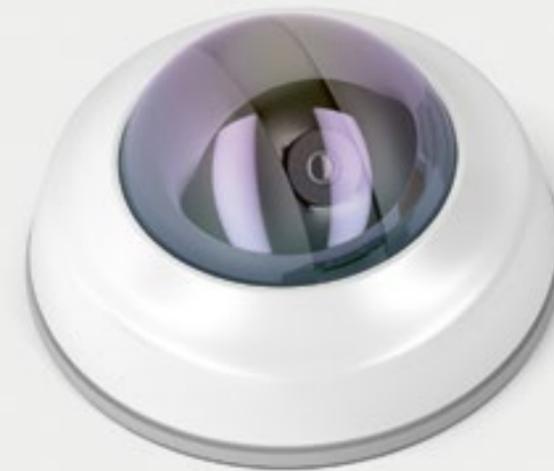
solcher Roboter geforscht wird, sagt: „Wir dachten erst, Pepper kann schon greifen und Hol- und Bringdienste erledigen oder putzen und den Staubsauger führen. Das kann er alles nicht. Die Hände sind wirklich nur zur Stabilisierung beim Fahren und zum Gestikulieren da.“

Roboter am Kochfeld

In einem anderen Bereich klappt es schon etwas besser: in einer fertigen Küche der britischen Firma Moley – bestehend aus vollständiger Küchenzeile und zwei Roboterarmen. Kernstück sind hier die beiden fünffingrigen Hände der Firma Schunk aus Lauffen am Neckar, bestückt mit je neun Motoren und zahlreichen Sensoren. Die komplette Steuer-



ESSENZIELL – SENSOREN



Die Rubrik über Dinge, die weit verbreitet, aber so klein sind, dass sie oft nicht wahrgenommen werden. Trotzdem sind sie essenziell wichtig. So wie eine Dichtung.

Ein Roboter hat einen Körper, vielleicht Arme, Software ... alles richtig. Aber trotzdem ist er damit nur eine Maschine, die nicht interagieren kann. Und die nicht weiß, wo sie sich befindet. Der Mensch hat seine fünf Sinne, der Roboter braucht Sensoren, um Eindrücke wahrzunehmen – meist deutlich mehr als fünf. Tiefensensoren, um den Raum zu erfassen. Berührungssensoren. Beschleunigungsmesser, Gyroskop und Ma-

gnetometer, um zu navigieren und seine Position zu bestimmen. Allein eine Kamera besteht aus Millionen von Lichtsensoren. Ohne solche Daten ist keine sinnvolle Reaktion möglich. Sensoren werden in Zukunft noch kleiner, noch digitaler, und sie werden überall sein. Übrigens brauchen auch Menschen Sensoren, um Dinge zu erfassen, die unsere Sinne nicht eindeutig bestimmen können – wie das Thermometer zum Beispiel. ©

© Einfach machen



Mit einer neuen Strategie will Kuka „Automatisierung für alle“ ermöglichen. Wesentlicher Bestandteil ist dabei ein neues Betriebs- und Ökosystem, das die Programmierung wesentlich vereinfacht. Doch auch klassische Maschinenbau-Tugenden bleiben für den Markterfolg wichtig.

Gerührt oder geschüttelt? Roboter übernehmen immer mehr Aufgaben – auch weil die Programmierung viel einfacher wird.

Mehr als Hardware: Die Kuka-Tochter Swisslog automatisiert komplette Lagersysteme.

Eine riesige Halle irgendwo in Deutschland. Im Minutentakt schwingt der Boden, wenn riesige Pressen Stahlbleche umformen. Orange-farbene Roboterarme be- und entladen die Pressen. Etwas weiter in derselben Fabrik schweißen andere Roboter die Bleche zusammen, Schritt für Schritt entsteht so eine Karosserie. Wer heute in einem Karosserie-Rohbau steht, kann sich kaum vorstellen, dass diese teilweise gefährlichen Arbeitsschritte bis in die 1990er Jahre hinein von Menschen durchgeführt wurden. Doch mit der Öffnung globaler Märkte entwickelte sich die Automobilindustrie als Vorreiter in

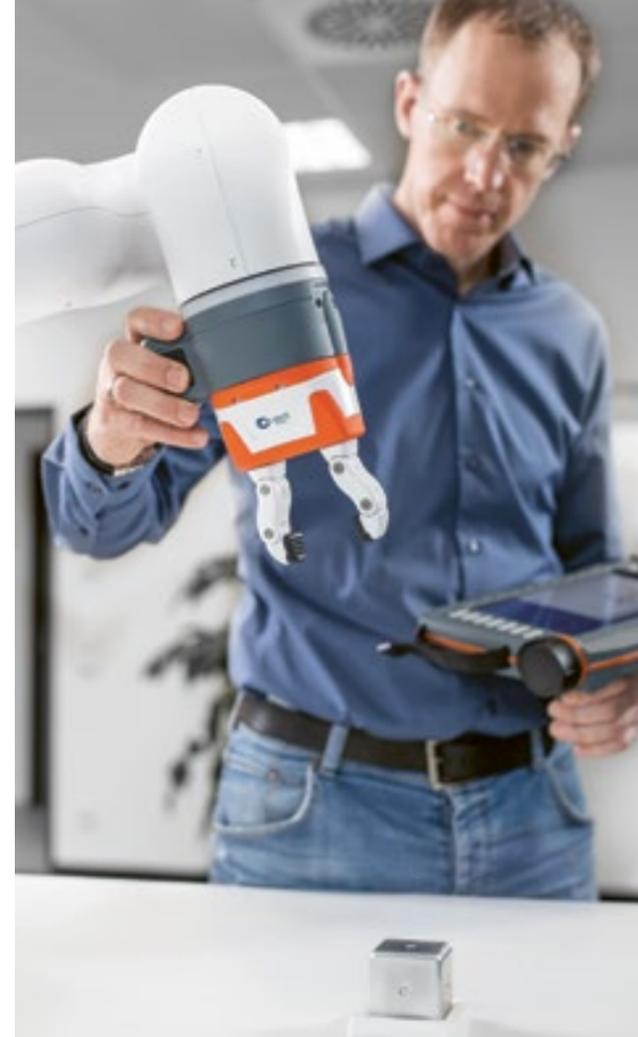


Neue Industriewelt: Was automatisiert werden kann, wird auch automatisiert.



Sachen Automatisierung. Davon profitiert hat Kuka von Anfang an: Das Augsburger Unternehmen hatte bereits 1971 die erste roboterbetriebene Schweißtransferstraße für Daimler-Benz gebaut. 1973 folgte dann der weltweit erste Industrieroboter, der über sechs Bewegungsachsen verfügte – zunächst wenig gefragt, bereitete dessen Technik den Weg für den Aufschwung in den 1980er Jahren. Roboter eroberten die Autofabriken und Kuka die Poleposition in Europa.

Eine vergleichbare Revolution steht für den Kuka-Experten Benjamin Baumann nun im Mittelstand und in kleineren Betrieben an: „Wir stehen in allen Industrieländern durch den demografischen Wandel vor einem Fachkräftemangel. Insbesondere ergonomisch ungünstige und monotone Tätigkeiten werden daher zunehmend auch in kleineren Betrieben automatisiert.“ Als Produktarchitekt arbeitet Baumann an der Umsetzung einer neuen Wachstumsstrategie für



Das neue Kuka-Betriebssystem „iiQKA.OS“ macht Robotik für (fast) jeden zugänglich.

den TraditionsHersteller. „Automatisierung für alle“, so der programmatische Titel der Strategie, zielt insbesondere auf jene Tätigkeiten, für die sich eine Automatisierung in der Vergangenheit nicht lohnte, die bisher noch gar nicht oder nur selten automatisiert sind, beispielsweise die Funktionsprüfung elektronischer Bauteile. „Prinzipiell sind der Fantasie aber keine Grenzen gesetzt“, so Baumann. „Voraussetzung dafür, dass kleinere Unternehmen Roboter gewinnbringend einsetzen können, ist jedoch eine hohe Flexibilität der Systeme – und eine einfachere Programmierung.“



Intensive Beziehung

In den letzten Jahren hat sich die Geschäftsbeziehung zwischen Kuka und Freudenberg Sealing Technologies deutlich intensiviert. Ein wesentlicher Grund: Mit der Modular Sealing Solution 1 (MSS1) hat der Dichtungsspezialist eine Lösung entwickelt, die reibungsarm und außerordentlich robust ist. Gemeinsam mit Kuka und dem Getriebezulieferer hat Freudenberg den MSS1 erstmals in einem Industrieroboter verbaut. „Die Ergebnisse haben alle überzeugt: Die Abdichtung funktioniert zuverlässig, gleichzeitig baut die Dichtung verhältnismäßig kompakt“, schildert Dimitrios Tsitouridis, Key Account Manager bei Freudenberg Sealing Technologies. Insgesamt liefert Freudenberg mittlerweile jedes Jahr rund 200.000 Radialwellen-Dichtringe an Kuka und dessen Komponentenzulieferer. Parallel erhöht Freudenberg Sealing Technologies den Automatisierungsgrad der eigenen Fertigung – und hier kommen wiederum zunehmend Industrieroboter von Kuka zum Einsatz. „Wir wissen ja, dass die Qualität top ist“, sagt Tsitouridis. Bei einem großen Automatisierungsprojekt in Italien konnte die Kuka-Tochter Swisslog unterstützen. Das Distributionszentrum in Pinerolo, das vor allem Autoersatzteile an italienische Kunden versendet, arbeitet mit einem automatisierten Lager- und Kommissioniersystem. Dabei entnimmt eine Flotte autonomer Fahrzeuge die Waren aus den Regalen und transportiert diese zu den Mitarbeitern, die den eigentlichen Versand übernehmen.



Lesen Sie mehr zur Kuka-Mission 2030: <https://www.kuka.com/de-de/future-production/kuka-mission-2030>



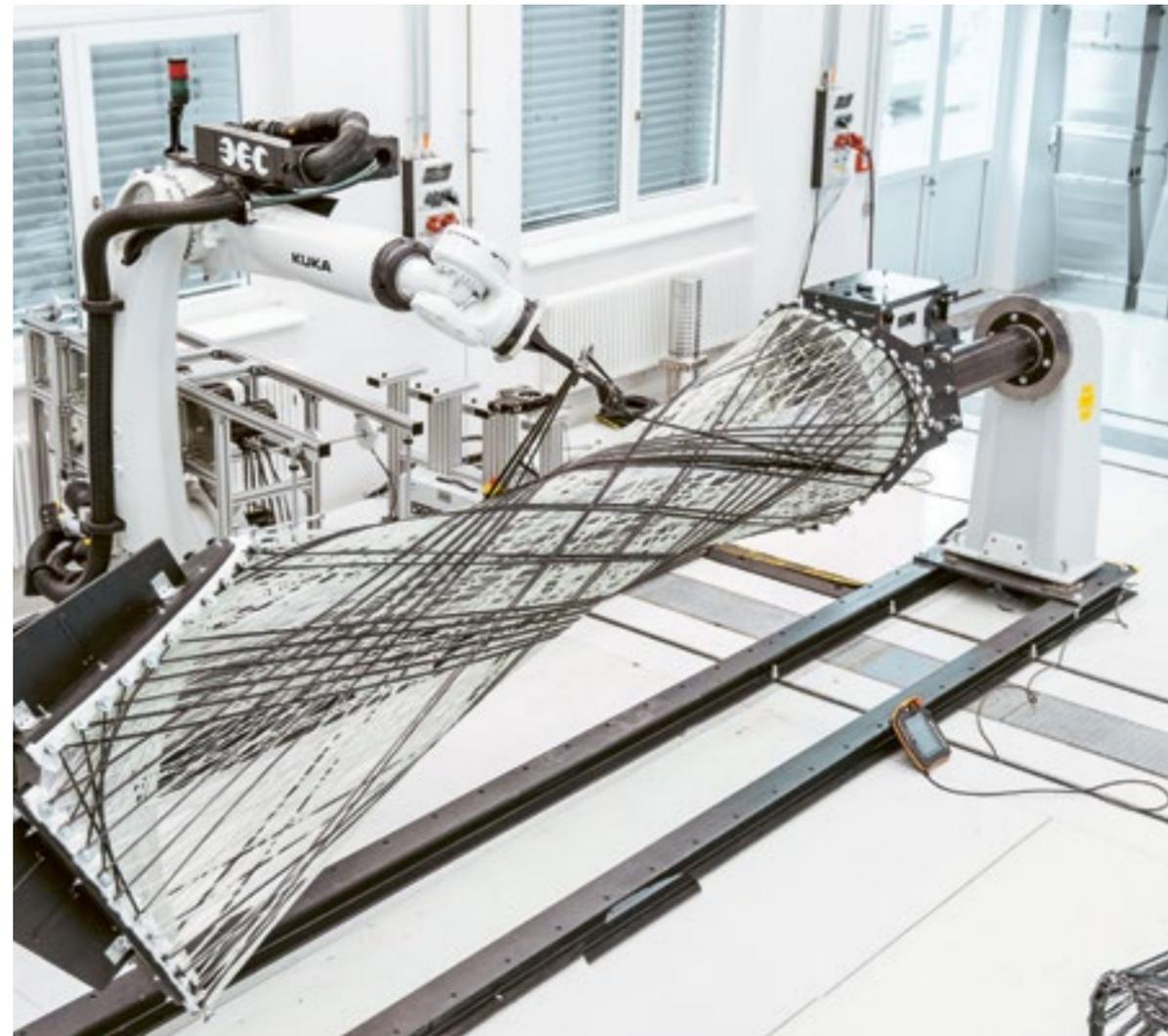
Programmierung ohne Spezialwissen
In der Programmierung – oft auch als „Teaching“ bezeichnet – gab es in den vergangenen Jahren bereits große Fortschritte. So sind längst keine Kenntnisse in Hochsprachen mehr notwendig. Stattdessen kann beispielsweise ein Bewegungsablauf, vom Menschen geführt, aufgezeichnet und in Programmcode übersetzt werden. Doch eine Robotik für alle verlangt nach einer Programmierung ganz ohne jene Spezialisten, die sich kleinere Betriebe nicht leisten können. Ermöglichen soll dies das neue Betriebssystem „iiQKA.OS“.

Es überträgt das von Smartphones gewohnte Denken auf die Robotik: Das Betriebssystem übernimmt alle hardwarenahen Aufgaben und steuert die Kommunikation. Spezialisierte Apps – die über ein ebenfalls „iiQKA“ genanntes Ecosystem zur Verfügung gestellt werden – übernehmen die anwendungsspezifischen Aufgaben, also etwa ein Schweißgerät anzusteuern. Damit typischerweise extern zugelieferte Komponenten – wie Lasersensoren oder Greifsysteme – integriert werden können, ist Kuka für sein Ecosystem bereits eine Reihe von Partnerschaften eingegangen.



Prinzipiell sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt.“

Benjamin Baumann,
Produktarchitekt, Kuka AG



Roboter, die beim Einschenken erkennen können, wie voll ein Bierglas ist (links), Roboter, die architektonische Bauteile weben und gestalten (Mitte) – oder auch Roboter, die auf einer Showbühne Schlagzeug und Keyboard bedienen (rechts): „Die Einsatzgebiete scheinen endlos“, heißt es von Kuka.

„Schnittstellenprobleme und manuelles Programmieren haben sich damit erledigt“, verspricht Baumann.

Den Anfang macht ein Cobot, der „LBR iisy“. Mit einer Traglast von maximal drei Kilo gehört er zu den kleinsten Robotern im Kuka-Portfolio. Um eine Hightech-Lösung handelt es sich dennoch: In seinen sechs Gelenken verbergen sich Momentsensoren, die es ihm ermöglichen, auf kleinste Berührungen zu reagieren. Damit ist der LBR iisy dazu in der Lage, direkt in menschlicher Nähe, gleichzeitig aber auch mit äußerster Prä-

zision zu arbeiten. Dimitrios Tsituridis, Key Account Manager bei Freudenberg Sealing Technologies, beobachtet die Entwicklung seines Kunden genau: „Kuka-Roboter zeichnen sich durch extreme Robustheit und Langlebigkeit im industriellen Umfeld aus und erhöhen so die Produktivität des Anwenders. Diesen technischen Anspruch sehe ich auch bei den Cobots.“ Tsituridis weiß, wovon er spricht. Die Dichtungen, die er verkauft, werden unter anderem dort eingesetzt, wo jeder Roboter besonders stark belastet ist: in den Gelenken. Hoher Beschleunigung folgt ebenso schnelles wie präzi-

ses Abbremsen. „Aus Sicht der Dichtung ist es extrem fordernd, unter solchen Einsatzbedingungen Wartungsintervalle von mehreren Jahren zu erreichen.“ Bei Cobots sind zwar die Traglasten und auch die Rotationsgeschwindigkeiten in der Regel niedriger, dafür steigen die Anforderungen an die Präzision der Bewegungsabläufe. „Deshalb muss die Reibung, die durch Radialwellen-Dichtringe verursacht wird, auf ein Minimum beschränkt werden“, erläutert Tsituridis.

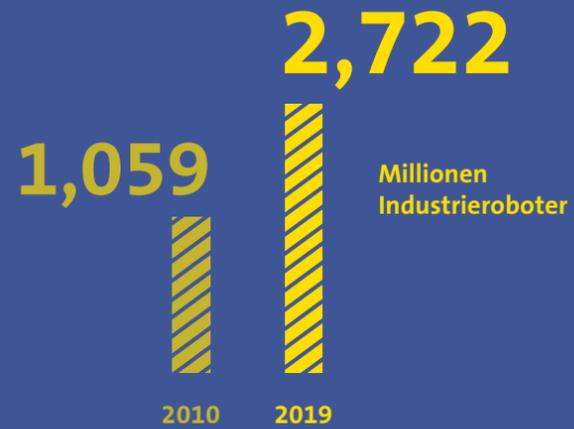
Wachstum auch in China

Für Kuka, mit einer installierten Basis von rund 350.000 Robotern weltweit einer der größten Anbieter, sind die Wachstumschancen durch zunehmende Automatisierung enorm. Besonders attraktiv ist dabei der chinesische Markt, denn der demografische Wandel schreitet in der „Fabrik der Welt“ besonders rasch voran – und Kuka, seit 2016 im Besitz des chinesischen Midea-Konzerns, hat dabei einen guten Marktzugang. Selbstverständlich seien auch seine chinesischen Kollegen mit den Kuka-Experten in China im Gespräch, berichtet Tsituridis. Er zeigt sich überzeugt: „Automatisierung für alle“ sei eine zukunftsweisende Vision. ©



Robotik auf dem Vormarsch

BESTAND WELTWEIT



BRANCHEN



SPITZENREITER ASIEN

1,688 Mio. Roboter in Asien/Australien
580 Tsd. Roboter in Europa
389 Tsd. Roboter in Amerika

LÄNDER



Weltweit: 113
 * Roboterdichte = Anzahl Roboter pro 10.000 Mitarbeitende.

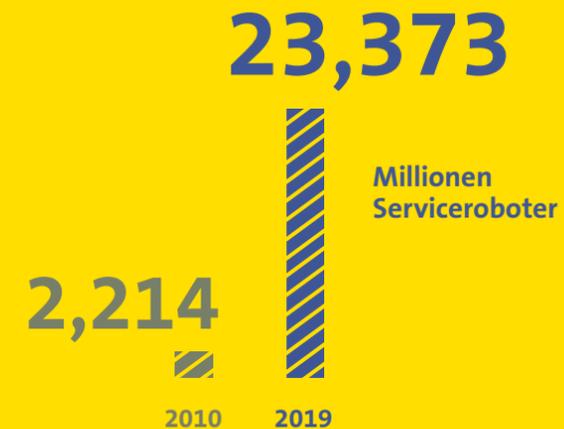
PRODUKTION



INDUSTRIEROBOTIK

Roboter werden in der Industrie und im privaten Umfeld immer wichtiger. Doch wo steht die Werkbank für Industrieroboter, welche Branchen setzen auf Roboter, und in welchem Bereich mischen Start-ups kräftig mit?

BESTAND WELTWEIT



ZUKUNFT



PRODUKTION



SERVICEROBOTIK



SCHLAGLICHT LOGISTIK

Der Umsatz stieg im Jahr 2019 um **110 %**

BRANCHEN UND EINSATZGEBIETE (2019, in Stück)



Früher in der Industriehalle, heute in Küche, Kühlhalle oder Krankenhaus: Der veränderte Arbeitsort von Robotern hat sehr konkrete Auswirkungen auf die Anforderungen. Darunter auf Dichtungen.

Wasser spritzt aus vollen Rohren, Sprühnebel fliegt in alle Richtungen. Mittendrin: ein Roboterarm, der in seinem Greifer ein einzelnes Metallbauteil hält, das gereinigt wird. So beginnt der Werbefilm eines Roboterherstellers. „Früher standen Roboter an ihrem klassischen Platz in der Industriehalle“, kommentiert Timo Furrer, Vice President Global Sales bei Freudenberg Sealing Technologies, den Videoclip. „Da herrschten im Grunde immer die gleichen Bedingungen, 25 Grad, standardisierte Bewegungen.“ Mittlerweile arbeiten Industrieroboter auch in der Kühlkammer oder eben in der Waschzelle. Das verändert die Anforderungen.

Furrer hat den Überblick über viele Segmente und Branchen. „Der Markt für Roboter boomt“, sagt er. Automatisierung breitet sich aus, erobert neue Bereiche. Und Roboter benötigen Dichtungen. Weil in die hochsensiblen Getriebe nun einmal kein Schmutz und kein Wasser eintreten soll. „Immer mehr Roboter arbeiten in einem Umfeld mit



Kein Tropfen Öl

Schmutz, Staub oder Wasser“, sagt Furrer. Dichtungen sind aber auch vonnöten, weil jedes Robotergetriebe mit Schmierstoff gefüllt ist, mit Fett oder mit Öl. Und dieser Schmierstoff soll möglichst nicht austreten. „Vor Jahren wurde in einigen Industrien so eine Leckage vielleicht noch geduldet“, weiß der Vertriebsexperte. „Heute nehmen die Qualitätsanforderungen deutlich zu.“

Ansporn und Herausforderung

Das hat auch Achim Ströhle festgestellt. Er ist Global Segment Director Industrial Machines & Robotics bei Freudenberg Sealing Technologies. Ströhle bemerkte vor einiger Zeit, dass manche Kunden leichte Leckagen zum Beispiel in fettgeschmierten Gehäusen als gegeben hingenommen haben: „Wie verbreitet das ist, wurde uns erst bewusst, als wir auf einer Messe mit internationalen Teams ganz verschiedene Hersteller befragt haben.“ Ein bisschen Fett, gelegentlich, das gehört einfach dazu, weil es die perfekte Dichtung nicht gibt? Ströhle und sein Team sahen das als Ansporn und Herausforderung. Speziell im Hinblick auf den sich verändernden Robotik-Markt.

ob sein Kunde den Wagen in Alaska oder Dubai fährt und gegen Kälte oder feinen Wüstensand gewappnet sein muss, weiß ein Roboterhersteller nicht zwangsläufig, wo seine Modelle später zum Einsatz kommen. Die Konsequenz: Anforderungen an Roboterteile nehmen insgesamt zu.

„Das ist natürlich ein Vorteil für uns, weil unser Fokus nun einmal auf jenen Dichtungen liegt, denen besonders viel Qualität abverlangt wird“, beschreibt es Furrer. Um den Staubsaugerroboter gegen normalen Hausstaub abzudichten, benötigt es meistens kein spezielles Know-how. Herausfordernd wird es dort, wo mehrere Anforderungen aufeinanderstoßen: „Also zum Beispiel, wenn eine Dichtung gleichzeitig einer hohen Beanspruchung standhalten muss, aber auch die Hygienestandards der amerikanischen Lebensmittelbehörde FDA erfüllen soll“, sagt Furrer. Oder wenn das Material gleichzeitig Wasser und extremen Temperaturen ausgesetzt ist. Meistens ist hier die kombinierte Expertise zu Werkstoffen und Anwendungen vonnöten: „Wir haben die Materialien und die Technik, um das zu lösen.“

Hinzu kommt das Thema Langlebigkeit. Gerade für automatisierte Prozesse ist es entscheidend, dass die einzelnen Bauteile möglichst über Jahre hinweg funktionieren. „Jeder Ausfall, jede Reparatur kostet eine Menge Geld, wenn aufgrund einer Dichtung die gesamte Anlage steht“, weiß auch Ströhle. Dementsprechend stolz ist er auf die Entwicklungen, mit denen Freudenberg Sealing Technologies diese Kundenwünsche erfüllt – und unter anderem auch eine Dichtung entwickelt hat, die bei ölgeschmierten Getrieben komplette Leckagefreiheit garantiert.

Ein Glas Wasser oder eine Tasse Kaffee ...

Noch beliefert Freudenberg Sealing Technologies vor allem die großen Industriekunden – aber Furrer und sein Team haben auch längst die Start-ups der Roboterszene im Blick. „Da schießen aktuell viele aus dem Boden, und natürlich kann jedes davon auch das nächste große Ding werden“, sagt Furrer.

Denn weder Fett noch Öl sind akzeptabel, wenn der Roboter im OP-Saal oder in der Lebensmittelindustrie zum Einsatz kommt. „Niemand will seine Pizza mit Salami und Motoröl“, sagt Furrer. Nun ist es aber so, dass viele Serviceroboter mit ihrer Hardware auf Modellen von Industrierobotern aufbauen. Ähnlich wie ein Automobilhersteller nicht weiß,



Wasser spritzt von allen Seiten: Der Roboterarm in dieser Waschkammer benötigt Dichtungen, die sein Getriebe vor feinsten Tropfen schützen.

Viele dieser neuen Firmen haben ihre Schwerpunkte und besondere Expertise in der IT, künstlicher Intelligenz und besserer Benutzerfreundlichkeit, kaufen ihre Hardware aber zum Teil noch bei den großen Zulieferern ein. Allerdings nicht alle. „Gerade Hersteller, die eher aus der IT-Welt kommen, haben die Bedeutung von Dichtungen nicht immer sofort auf dem Schirm“, hat Furrer festgestellt: „Was passiert denn zum Beispiel, wenn ein Anwender aus Versehen ein Glas Wasser oder einen Becher heißen Kaffee über den Roboter schüttet?“

„Robotik bleibt ein Trend“

Es ist also viel Bewegung im Markt – in allen Richtungen. Das schließt mit ein, dass manche Projekte nicht so schnell erfolgreich sind wie ursprünglich angenommen. Furrer erinnert an das Beispiel Softbank. Der japanische Roboterhersteller hat sich vorerst von der Strategie verabschiedet, humanoide Roboter zu entwickeln, und setzt wieder mehr auf einfachere Anwendungen wie Reinigungsroboter. „Robotik bleibt ein Trend“, bekräftigt Furrer. „Und es werden definitiv noch überraschende Entwicklungen kommen – aber was genau erfolgreich wird, weiß aktuell niemand in der Branche.“ Was es auch sein wird: Immer mehr Roboter werden künftig gegen Schmutz und Wasser abgedichtet sein müssen – und sie sollen leckagefrei bleiben. Freudenberg Sealing Technologies weiß, wie das geht. ©



Niemand will seine Pizza mit Salami und Motoröl.“

Timo Furrer
Vice President Global Sales,
Freudenberg Sealing Technologies



Auf Herz und Drehzahl getestet

Das Zusammenspiel von Getriebe, Schmierstoff und Dichtung entscheidet, wie präzise und störungsfrei Roboter arbeiten können. Umso wichtiger ist es, diese Interaktion vorher ausgiebig testen zu können. Das Prüffeld von Freudenberg Sealing Technologies in Weinheim leistet hier mehr als Standardzyklen.

Roboter haben zwar Arme, aber keine Muskeln. Ohne Antriebe bewegen sich die Gelenke eines Roboters also nicht. Und jeder Antrieb braucht Schmierstoffe sowie eine Dichtung. „Roboter in Aktion führen häufig sehr anspruchs-

volle Bewegungen aus“, sagt Dr. Daniel Frölich, Head of Engineering bei Freudenberg Sealing Technologies. Die Antriebswelle dreht mal in die eine, dann in die andere Richtung, teilweise mit hohen Beschleunigungen. „Die Vielfalt ist enorm“, ergänzt Holger Sattler, Design Engineer, Produktentwicklung. „Ein typischer Industrieroboter hat sechs Achsen, jede Achse hat ein anderes Profil, dreht sich anders, und der Greifer muss sich zum Beispiel meist schneller bewegen als der Arm.“

Robotertests sind teuer

Wie also finden Hersteller heraus, ob in diesem komplexen Bewegungsablauf das Zusammenspiel der Komponenten korrekt funktioniert – insbesondere der Dichtungen und der Schmierstoffe? Robotertests sind teuer. Sinnvoller sind

an dieser Stelle Simulationen unter möglichst realen Bedingungen. Genau dafür hat Freudenberg Sealing Technologies in Weinheim eines der größten Dichtungsprüffelder Europas aufgebaut. Rund 250 Prü fzellen befinden sich in der Halle. „Wir können hier alles einstellen, von den Drehzahlrampen über die Temperatur bis zum Druck“, schildert Frölich. Nicht nur für die eigene Produktion, sondern auch als Service für andere Hersteller.

Denn Standardprüfzyklen werden oft der Vielfalt moderner Robotik nicht gerecht. Und immer mehr Roboterhersteller oder -zulieferer wissen zum Teil gar nicht, in welchen Anwendungen ihre Getriebe eingesetzt werden. „Wir arbeiten sehr eng mit den Kunden zusammen, gute Beratung ist da entscheidend“, sagt Sattler.

Höhere Genauigkeit, kleinere Bauräume

Hinzu kommen die wachsenden Anforderungen durch technologischen Fortschritt: Drehzahlen werden immer höher, Taktzeiten gehen nach unten, Maschinen werden genauer – und gleichzeitig die Bauräume immer kleiner, in denen die Getriebe Platz finden sollen. „Auch die Schmierstoffe werden kontinuierlich weiterentwickelt“, erläutert Frölich. „Das kann aber auch bedeuten, dass unerwartete physikalisch-chemische Nebenwirkungen entstehen – also dass sie aggressiver auf die Dichtungen wirken.“ Und das wiederum könnte verheerend sein für die Anforderungen an eine längere Lebensdauer, wie sie aktuell in der Robotik üblich sind.

Umso wichtiger also, dass das Zusammenspiel von Getriebe, Schmierstoff

und Dichtung auf Herz und Nieren getestet wurde – oder eher auf Temperatur und Drehzahl. Immer mehr Kunden wissen deshalb auch das Prüffeld in Weinheim zu schätzen, das ursprünglich tatsächlich vorwiegend für den Eigenbedarf eingerichtet worden war. „Dann kam immer mehr Bedarf von außen, und wir haben gemerkt, wie sinnvoll das für viele Produzenten ist“, sagt Frölich und ergänzt: „Um unsere Kunden bei Fragestellungen rund um das tribologische System der Radial-Wellenabdichtung noch besser unterstützen zu können, hat die Division Oil Seals Industry die Serviceabteilung ‚Simmerring Engineering‘ aufgebaut.“

Zwar gibt es auch Universitäten oder Labore, die Prüffelder zur Verfügung stellen. „Aber wir haben natürlich den

Vorteil, dass wir ein Know-how über Dichtsysteme mit einbringen können, was andere Einrichtungen in dieser Tiefe nicht leisten können“, beschreibt es Sattler. „Wir verschicken nicht nur die übliche Tabelle mit Zahlen, sondern leiten daraus auch Handlungsempfehlungen ab.“

Denn darauf kommt es schließlich für die Hersteller an: möglichst konstruktive Hinweise zu erhalten, wie sich zum Beispiel Anpassungen beim Schmierstoff auf das Gesamtsystem auswirken könnten. „Oft geht es ja um die Optimierung von neuen Produkten“, sagt Frölich. „Früher waren Roboter Arbeitsmaschinen – heute werden selbst kleine Feuchtigkeitsfilme nicht mehr geduldet.“ ©

Standardprüfzyklen werden der Vielfalt moderner Robotik nicht gerecht. Am Prüffeld in Weinheim sind detailliertere Tests möglich.





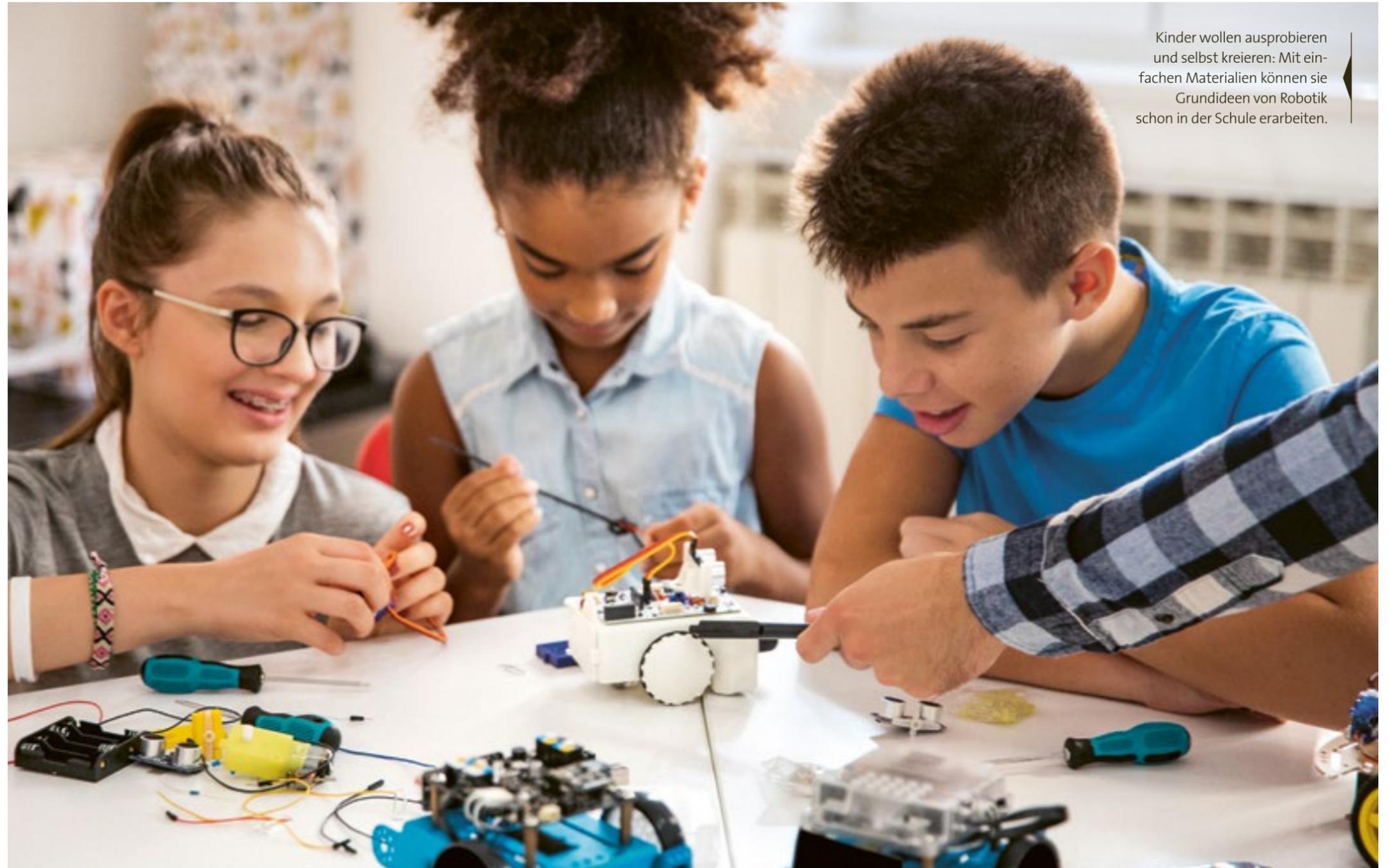
Android an der Tafel

Pädagogik lebt von Empathie, Kreativität und sozialen Beziehungen. Können Roboter hier eine sinnvolle Rolle spielen? Durchaus, und zwar in sehr unterschiedlichen Rollen, vom Vokabeltrainer bis zum Sitznachbarn. Das verändert nicht nur den Schulalltag, sondern auch die Bildung.

„Das machst du großartig“, lobt Lehrer Elias den Schüler. Dabei leuchten seine Augen. Allerdings in einer ungewöhnlichen Farbe: in Neonblau. Und auch seine Stimme klingt etwas blechern. Denn Elias heißt mit Nachnamen „Robot“ und ist kein Mensch. Wortwörtlich auf Augenhöhe mit seinen Schülern befindet sich der armlange mechanische Lehrer nur, wenn er auf dem Lehrerpult steht. Der humanoide „Elias Robot“ unterrichtet seine finnischen Grundschüler als Co-Lehrer in Englisch. Er übt mit ihnen Vokabeln oder motiviert sie zum Sprechen. Wenn es sein muss, tanzt er sogar den Gangnam Style.

Faszination als positiver Effekt

Humanoide Roboter beherrschen schon heute sehr vieles, was von einem Lehrer erwartet wird: zuhören, erklären, diktieren, loben oder korrigieren. Es ist ihnen möglich, leibhaftig vor der Klasse zu stehen



Kinder wollen ausprobieren und selbst kreieren: Mit einfachen Materialien können sie Grundideen von Robotik schon in der Schule erarbeiten.

und den Unterricht zu leiten. Die Faszination für den Roboter kann sogar einen positiven Effekt auf die Schüler haben. Roboter sind auch durchaus in der Lage, Gefühle zu erkennen und darauf zu reagieren. Dass es trotzdem nur Maschinen sind, die

selbst weder fühlen noch urteilen, schafft für die Schüler einen sicheren Raum: Es ist nicht so wichtig, wer sie sind – es zählt, was sie imstande sind zu tun. Der Roboter verurteilt Fehler nicht. „Elias Robot“ allerdings fungiert dabei idealerweise nicht



Ein Roboterkopf auf einem Lautsprecher reicht, damit erkrankte Schüler am Unterricht teilnehmen können: Der „AV1“ macht es möglich.



Der Roboter schafft für die Schüler einen sicheren Raum. Er verurteilt Fehler nicht.“

als Lehrer, sondern als Tutor und begleitende Unterstützung. Der Roboter des finnischen Unternehmens Utelias Technologies übt beispielsweise mit einzelnen Schülern Vokabeln. Der Vorteil: Während der Roboter mit fitteren Schülern auf Englisch parliert, kann sich der Lehrer auf die Schüler konzentrieren, die mehr Betreuung brauchen. Lehrer können sich die Unterstützung durch Roboter also zunutze machen und gewinnen so mehr Raum für individuelle Förderung. Nachteilig wird es nur dann, wenn die Faszination dazu führt, dass die Klasse den Roboter eher als Spielzeug oder Kumpel wahrnimmt und dadurch die Lernziele aus dem Fokus geraten.

Robotersitznachbar stärkt Selbstvertrauen

Der Roboter als Freund und Kommilitone – genau das kann aber auch das Konzept sein: Wenn der

Roboter einen ähnlichen Wissensstand hat wie die Schüler, begibt sich die Klasse gemeinsam auf eine Lernreise: Der Schüler unterrichtet dann den Roboter. Pädagogen wissen, wie gut Erklären dabei hilft, den Lerninhalt zu verinnerlichen – und obendrein das Selbstvertrauen stärkt. Auch aus medizinischer Perspektive kann ein Roboter Mitschüler förderlich sein: Ist ein Schüler schwer erkrankt oder leidet unter einer Immunschwäche, kann der Roboter ihn in der Klasse vertreten. Das Kind steuert von zu Hause, kann durch eine Kamera Lehrer und Mitschüler sehen – und mithilfe von Lichtsignalen und Sprachfunktion sogar kommunizieren. Die digitale Verbindung ermöglicht es, am Lehrstoff dranzubleiben und den Anschluss ans soziale Leben und an Freunde zu behalten. „AV1“ heißt dieser Roboter des norwegischen Unternehmens No Isolation.

Roboter in der Pädagogik können aber sogar noch früher anfangen als in der Schule: So stehen Eltern von Kindergartenkindern in Singapur vor einer kniffligen Entscheidung: Schicken sie ihr Kind lieber dorthin, wo die Kinder mit dem Roboter „Robohon“ und dem Roboter „Kirobo“ spielen können – oder doch lieber ins „R2D2-Lab“, das „In-3LABS“ oder die Roboto Academy? Eine Webseite im südostasiatischen Stadtstaat präsentiert sogar „die zehn besten Roboterklassen“ für Kinder. Die klare Ansage: Robotik kann man nie früh genug lernen. Mit dem „Kibo Robot“ beispielsweise lernen Vier- bis Siebenjährige, ihren eigenen Roboter zusammenzubauen und ihn durch das Aneinanderstecken von Holzklötzen zu programmieren. Spielerisch entwickeln die Kinder dabei ein Grundverständnis für Technologie – und noch viel mehr, wie die Kibo-Erfinderin Marina Umaschi Bers argumentiert. Die Wissenschaftlerin vergleicht Programmieren mit einem Spielplatz: Kinder können Dinge ausprobieren und selbst kreieren.

Programmieren ab der Grundschule?

Zusätzlich arbeiten sie mit anderen im Team und entwickeln dadurch Charakterstärke. Deshalb spricht sich Bers sogar dafür aus, Programmieren schon in der Grundschule zu unterrichten – neben Rechnen, Lesen und Schreiben. Teilweise steht Robotik in weiterführenden Schulen weltweit bereits auf dem Stundenplan.

In der finnischen Schule von Roboterlehrer Elias hat mittlerweile sein Kollege übernommen. Er besitzt eine eiförmige Gestalt und ist ebenfalls sehr schnell



Elias Robot

Der Sprachenlernroboter „Elias“ basiert auf seinem humanoiden Vorgänger „Nao“. Dieser ist vor allem in Bildung und Forschung bereits ein Standard. Das Software-Unternehmen Utelias Technologies hat mit Elias eine Version entwickelt, die darauf spezialisiert ist, Kinder zu unterrichten. Elias beherrscht mehr als 20 Sprachen und ermöglicht einen Austausch in Echtzeit.

AV1

Der Roboter von No Isolation vertritt Kinder, die sich wegen einer Langzeiterkrankung im Krankenhaus oder zu Hause befinden. Durch seine Sensoren sitzen die Schüler virtuell mit im Klassenzimmer und können auch kommunizieren. Das soll dabei helfen, Anschluss an Schule und soziales Leben zu halten.

OVObot

Das finnische Start-up OVObots hat den Lernroboter speziell für den Mathematikunterricht entwickelt. Er stellt Aufgaben und reagiert mit sofortigem Feedback. Dazu erkennt er individuelle Fähigkeiten von Kindern.

als Roboter zu erkennen: „Was ergibt 67 plus 52?“, fragt der „OVObot“ genannte Roboter. Wie eine Eule steht er auf dem Tisch der Arbeitsgruppe und schaut seine Schüler mit großen Augen an. Auf seinem Display leuchtet die Rechenaufgabe. Der OVObot basiert auf Spracherkennung. Er stellt Fragen und vergibt Punkte, je nachdem, wie gut die Schüler antworten. Lehrer können ihn für kleine Gruppen einsetzen, die Wiederholungen brauchen, und gleichzeitig unterrichten. Einen Tanz allerdings hat der Mathe-Roboter leider nicht im Programm. ©



Mähst du noch?

Es gibt bessere Arten, einen Samstag zu verbringen, als den Rasen zu mähen. Doch Mähroboter machen nur Freude, wenn sie auch unter rauen Bedingungen dauerhaft funktionieren. Dichtungen von Freudenberg Sealing Technologies helfen dabei.

Unbarmherzig brennt die Sonne, doch der schwarze Mähroboter zieht unbeeindruckt seine Bahnen. Kurze Zeit später zieht ein Gewitter auf, starker Regen setzt ein, den ein integrierter Sensor sofort erkennt. Auf den wenigen Metern zur Ladestation kämpft sich der Roboter durch durchnässten Rasenmulch, den er zuvor selbst produziert hat. An der im Freien stehenden Station wartet er geduldig auf seinen Einsatz am nächsten, wieder sonnigen Morgen. Daran, dass die dem Wetter ausgesetzte Maschine zuverlässig ihre Bahnen zieht, haben kleine Bauteile von Freudenberg Sealing Technologies ihren Anteil: die Dichtungen, die dafür sorgen, dass Feuchtigkeit, vor allem aber Mulch und Schmutz nicht in Räder oder in das Gehäuse eindringen können. Wichtig ist das nicht nur für ein langes Roboterleben, sondern auch, weil festgetrockneter Schmutz im Extremfall dazu führen könnte, dass das Antriebsmoment nicht ausreicht, um überhaupt wieder loszufahren.

„Die Anforderungen an solche Dichtungen sind viel höher, als man zunächst vermutet“, erläutert Dr. Stefan Geiss, Technischer Direktor der Division Oil Seals Industry von Freudenberg Sealing Technologies. „Rasenmähroboter sind extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt.“ Unter dem Gehäuse kann es im Sommer zu ähnlich hohen Temperaturen kommen wie in einem in der Sonne geparkten Auto, während im Frühjahr und im Herbst auch Frostnächte zu überstehen sind. Die Temperaturschwankungen führen dazu, dass sich Kunststoff- und Metallkomponenten unterschiedlich stark

ausdehnen, was zu Rissen in Kunststoffrädern führen kann. „Für solche Fälle haben wir die modulare Kunststoffdichtung entwickelt“, sagt Geiss. Bei dieser Konstruktion ist die Dichtung zwischen zwei Kunststoffträgern verspannt, die wiederum mit dem Gehäuse oder dem Kunststoffrad verbunden sind. „Ein solcher Dichtungsträger dehnt sich mit der Umgebung bei gleicher Materialpaarung gleichermaßen aus und dichtet dadurch auch bei starken Temperaturschwankungen gut ab“, so Geiss. Zudem wurde bei der Konstruktion darauf geachtet, dass kein Totraum entsteht, in den Schmutz eindringen kann. Das trägt nicht nur dazu bei, das Anfahrmoment gering zu halten, sondern schützt die Dichtung auch vor Verschleiß.

Quadratmeter pro Akkuladung zählen

Doch dichtzuhalten allein reicht noch nicht. Rasenroboter ziehen ihre Energie aus einem Lithium-Ionen-Akku, der für möglichst viele Quadratmeter reichen soll. So sind Premiumgeräte darauf aus-

gelegt, bis zu 5.000 Quadratmeter große Rasenflächen zu bearbeiten. „Deshalb müssen alle Komponenten im Antrieb so wenig Reibung wie möglich aufweisen – auch unsere Dichtungen“, erläutert Dr. Daniel Frölich, Entwicklungsleiter bei Freudenberg Sealing Technologies. Gemeinsam mit dem ersten Kunden, einem deutschen Hersteller von Mährobotern und vielen anderen Motor- und Gartengeräten, entwickelte er eine besonders reibungsarme Version der modularen Kunststoffdichtung. Seit Anfang 2020 ist die Lösung von Freudenberg nun im Einsatz – und überzeugt. „Uns sind keine Ausfälle im Feld bekannt“, berichtet Frölich. Kein Wunder, denn vor dem Serienstart gab es ausführliche Tests, unter anderem mit sogenanntem „Normschmutz“ auf den Prüfständen von Freudenberg. Die Freigabe erfolgte dann nach Dauertests des Kunden mit dem kompletten Mähroboter in verschiedenen Klimazonen.

Auch andere Hersteller von Mährobotern zeigen unterdessen Interesse an der modularen Kunststoffdichtung. Damit bewegt sich Freudenberg in den stark wachsenden Markt für Serviceroboter, die zu Hause genutzt werden. Die International Federation of Robotics rechnet vor, dass sich der weltweite Absatz der automatisierten Heimarbeiter von 2020 bis 2023 von 27 auf 55 Millionen Einheiten mehr als verdoppeln wird. Mähroboter haben einen signifikanten Anteil, ihre jährliche Wachstumsrate liegt laut Marktforscher Technavio bei 19 Prozent. Eine angenehme Folge des Trends: Samstags dürfte es in den meisten Wohnsiedlungen bald leiser werden. ©



5.000

Quadratmeter große Rasenflächen können Premiumgeräte bearbeiten.



Copyright by nature



Mit seinem Roboterhund Spot hat Boston Dynamics weltweit aufhorchen lassen. Ein Exemplar kostet rund 75.000 Dollar.

Immer wieder nimmt sich der Mensch die Natur zum Vorbild, wenn er Produkte erschafft oder verbessert. Das trifft auch auf die Robotik zu, die dank der Bionik erstaunliche Entwicklungen zu bieten hat.



Der Automatisierungsspezialist Festo verbindet Robotik mit Bionik wie bei diesem Robo-Flughund.

Wer kennt sie nicht: R2-D2 und C-3PO aus den Star-Wars-Filmen? Beide sind Roboter und beide könnten unterschiedlicher kaum sein. Während C-3PO ein staksender Humanoide ist, erinnert der kleine R2-D2 eher an eine hüfthohe Tonne. Dennoch ist er mit seinen drei Füßen erstaunlich mobil und weiß sogar – wenngleich beschwerlich – Treppenstufen zu nehmen. Die beiden sehen jedoch alt aus, wenn man sich vor Augen führt, was moderne Laufroboter inzwischen alles können. Sie agieren nicht nur autonom, sie schlagen sogar Purzelbäume und Salti, nehmen Hindernisse im Sprung und halten dabei das Gleichgewicht.

Ein Roboterhund im Industriekomplex
Beim Nachahmen der Bewegungen ihrer menschlichen und tierischen Vorbilder setzen die Laufroboter von Boston Dynamics Maßstäbe. Das seit Sommer

2021 zum koreanischen Hyundai-Konzern gehörende Unternehmen ging 1992 aus dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) hervor. „Unsere Roboter bewegen sich wie Menschen und Tiere. Wir haben sie aber nicht entworfen, damit sie wie Menschen und Tiere aussehen, sondern weil sie so ihr Gleichgewicht halten. Gleichgewicht und dynamische Bewegung sind Eigenschaften, die wir bisher nur bei ihnen gesehen haben“, stellt das Unternehmen auf seiner Homepage klar. Bei den gleichermaßen dynamischen wie stabilen Bewegungen seiner Roboter ist Boston Dynamics erstaunlich weit gekommen. Wer Videos des Roboterhunds Spot betrachtet, der ist verblüfft, wie sehr sein Bewegungsablauf dem von richtigen Hunden ähnelt. Inzwischen wird der 80 Zentimeter hohe und 25 Kilogramm schwere Roboter serienmäßig produziert. Sein Stückpreis: rund 75.000 Dollar.

Je nachdem, welche Aufgabe Spot übernehmen soll, lässt er sich derart programmieren, dass er sie bestmöglich bewältigt.

Doch wer braucht einen solchen Roboterhund? Boston Dynamics verweist auf die Möglichkeit, Spot gefährliche, unzugängliche und abgelegene Umgebungen inspizieren oder auch Nutzlasten auf unbefestigtem Terrain transportieren zu lassen. Das deutsche Chemie- und Pharmaunternehmen Merck vertraut im Rahmen eines Pilotprojekts tatsächlich auf die Dienste von Spot. Der Roboterhund übernimmt Kontrollgänge in der thermischen Abluftreinigungsanlage des Unternehmens. Eine Aufgabe, die er zunächst ferngesteuert bewältigte, die er mithilfe intelligenter Steuerungssoftware aber vollständig autonom übernehmen kann. Dann findet sich Spot dank mehrerer Kameras und Sensoren

selbst zurecht. Auf seinen Rundgängen, bei denen er Gitterrosttreppen erklimmt und Hindernisse umgeht, zeichnet er Daten auf und überträgt sie automatisch.

Die Natur als Bezugspunkt

Atlas, der humanoide Laufroboter von Boston Dynamics, ist ein weiterer Beleg, was technisch alles möglich ist. Atlas verfügt über 28 hydraulische Gelenke, die ihm Sprünge, Rotationen und Purzelbäume erlauben. Das Bewältigen eines Parcours ist für den rund eineinhalb Meter großen und 80 Kilogramm schweren Roboter kein Problem. Zahlreiche Sensoren ermöglichen ihm die Orientierung und das Halten des Gleichgewichts. Für jeden, der bei Robotern an stationäre Maschinen oder eben R2-D2 denkt, muss Atlas wirken wie ein Vorgriff auf die Zukunft.

Dabei wird offenbar, wie sehr sich Robotik von der Natur inspirieren lassen kann. Denn sie ist für viele Entwickler ein wichtiger Bezugspunkt bei der Roboter-Evolution. Kein Wunder, die Tierwelt hatte im Laufe der Jahrtausende ausreichend Zeit, sich perfekt an ihre Umgebung anzupassen. Etwas, das auch Festo fasziniert, ein auf Automatisierungstechnik spezialisiertes Unternehmen aus



Die Natur zeigt, wie man mit einem Minimum an Energieverbrauch ein Maximum an Leistung erzielen kann.“

Karoline von Häfen,
Head of Corporate Bionic Projects,
Festo SE & CO. KG

Deutschland. Vor 15 Jahren gründete es das Bionic Learning Network. In ihm beschäftigen sich ein Kernteam von Festo-Experten sowie internationale Hochschulen, Institute und externe Unternehmen mit der Überführung tierischer Fähigkeiten in die Robotik.

Elefantenrüssel, Fischflossen und Chamäleon als Vorbild

Festo hat Roboter gebaut, die wie ein Flughund durch die Luft flattern und die wie eine Sepia mit Längsflossen im Wasser vorankommen. Zudem einen Laufroboter, der sich wie die afrikanische Radlerspinne auf Beinen fortbewegt. Sofern es das Terrain sinnvoll erscheinen lässt, kugelt er sich jedoch zusammen und bewältigt die weitere Wegstrecke rollend. Andere Festo-Entwicklungen ähneln ihrer Inspirationsquelle aus der Natur nur in einem bestimmten Detail. „In der Automatisierungstechnik geht es typischerweise um Greifen und Bewegen. Die Natur hat hier eine Fülle an Lösun-



Wie eine Sepia gleitet dieser kleine Unterwasserroboter durchs Wasser. Zwei Servomotoren treiben die seitlich angebrachten Silikonflossen an.



Lamellen aus Schaumstoff, ein Federkiel aus Karbon, ein Motor und jede Menge IT ermöglichen den Flug der Roboterschwalbe.

gen zu bieten“, meint Karoline von Häfen, Head of Corporate Bionic Projects, auf der Festo-Homepage. So war der Elefantenrüssel das Vorbild für einen pneumatischen Leichtbauroboter. Der Roboterarm umfasst diverse Balgsegmente und Drehantriebe. Er ist damit deutlich beweglicher als übliche Industrieroboter und kann um Gegenstände herum arbeiten.

Zu dem „Elefantenrüsselroboter“ passen diverse Greifer, die gleichfalls Funktionen aus der Natur in sich vereinen. Das Vorbild spezieller Greiffinger war die Schwanzflosse von Fischen. Wird auf diese Druck ausgeübt, dann knickt sie nicht weg. Sie reagiert, indem sie sich um den Druckpunkt herumwölbt. Die Greiffinger übernehmen dieses Prinzip und passen sich der Kontur des zu greifenden Gegenstandes an. Ein Mehrwert, den die Lebensmittelindustrie beim Sortieren von Gemüse und Obst nutzt. Ein anderer Greifer verhält sich wie die Zunge des Chamäleons. Bei der Futterjagd schnellt diese heraus, trifft die Beute und wölbt sich dabei ein Stück weit um sie herum, sodass sie nicht mehr entkommt. Ein Robotergreifer aus Silikon agiert ähnlich. Seine Kappe ist mit leichtem Überdruck gefüllt und wölbt sich

flexibel über den zu greifenden Gegenstand, der so fixiert und wegbewegt wird.

Mehr Bionik, weniger Energieverbrauch

Auch die Technische Universität Ilmenau orientiert sich im Fachbereich Biomechatronik an der Natur. Wie Festo bei seinen Greifern, so übernimmt auch sie bei ihren Entwicklungen ganz bestimmte Fähigkeiten. „Wenn wirklich Bionik drinsteckt, sieht man es von außen nicht“, meint Fachgebietsleiter Hartmut Witte im Gespräch mit dem für technische Sicherheitskontrollen zuständigen TÜV Nord. So haben Wissenschaftler aus Wittes Fachbereich einen Kletterroboter mitentwickelt, der sich an den Bewegungen der Ratte orientiert. Der Roboter selbst ähnelt dieser aber gar nicht.

Die Herstellung des Roboters in Leichtbauweise führte zusammen mit dem Imitieren der Bewegung der Ratte dazu, dass sich enorm viel Gewicht einsparen ließ und er mit 75 Prozent weniger Energie auskommt. Festo-Expertin von Häfen zeigte sich gegenüber der Tageszeitung „Frankfurter Allgemeine Zeitung“ just von diesem Potenzial der Natur begeistert: „Sie zeigt, wie man mit einem Minimum an Energieverbrauch ein Maximum an Leistung erzielen kann.“

Auch GE Research schaute sich etwas von der Natur ab. Im Sommer 2021 ließ das amerikanische Unternehmen mit einem Softroboter aufhorchen, der sich in seinen Bewegungen am Regenwurm orientiert. Der Roboterwurm bohrt sich selbstständig und ohne Gelenke durch

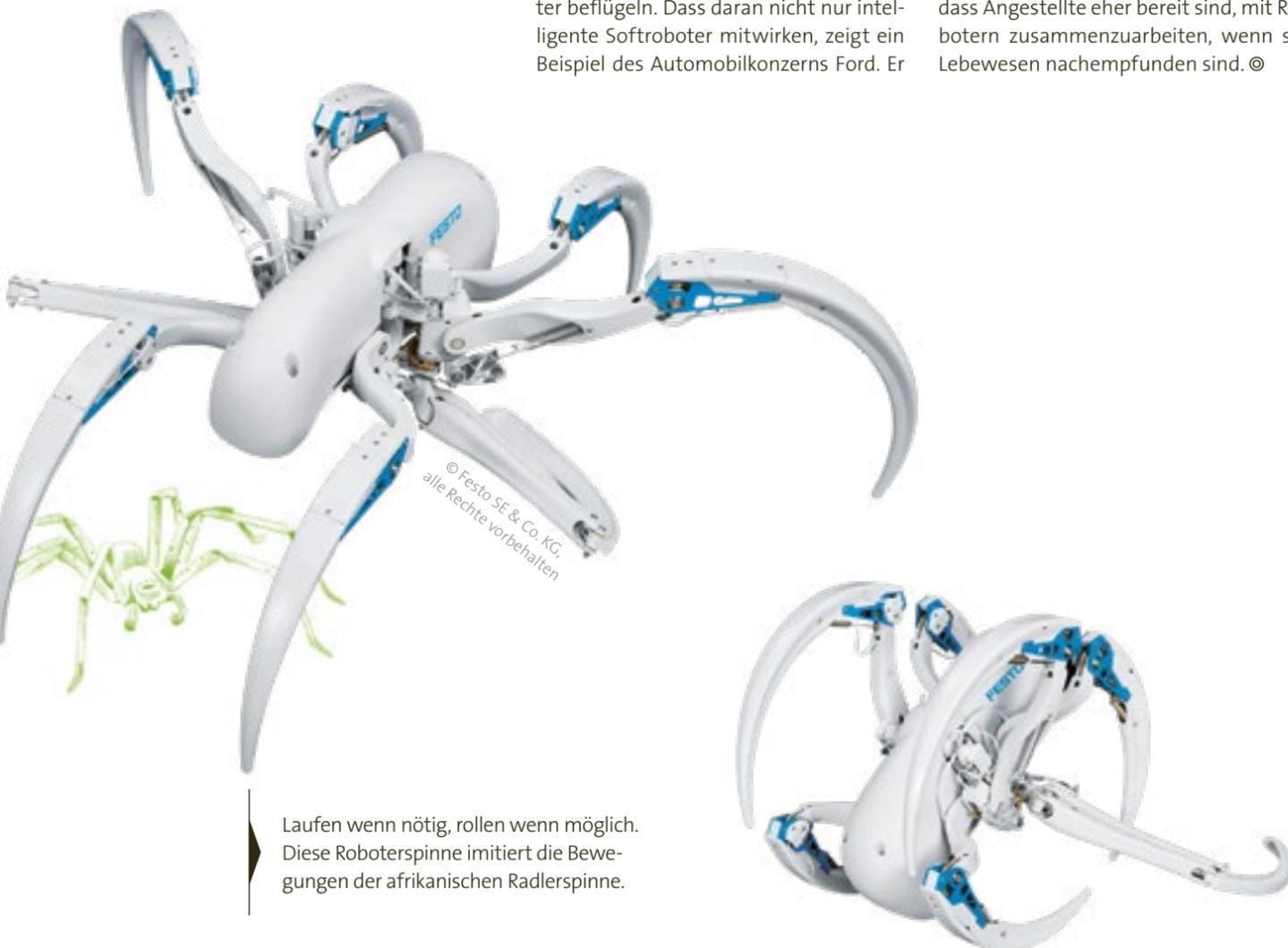
den Boden. Unterirdische Hindernisse umgeht er autonom. Für seine Bewegungen greift er auf künstliche Muskeln zurück, die denen des Regenwurms nachempfunden sind. Das erlaubt den Verzicht auf Gelenke, wodurch der robuste, schlauchartige Roboter engere Kurvenradien beschreibt. Darüber hinaus ist er imstande, sich durch begrenzte Räume zu zwängen sowie Objekte aufzunehmen und zu bewegen. GE Research will mit der Entwicklung nicht nur neue Wege beim Tunnelbau aufzeigen, sondern auch Möglichkeiten, die sich durch Roboter bei Inspektionen und Reparaturen eröffnen.

Die Beispiele zeigen, wie die Robotik dank Bionik den Menschen bei lästigen und beschwerlichen Arbeiten unterstützt, aber auch beim Erkunden schwer zugänglicher Umgebungen. Und: Sie will die Kollaboration von Mensch und Roboter beflügeln. Dass daran nicht nur intelligente Softroboter mitwirken, zeigt ein Beispiel des Automobilkonzerns Ford. Er

setzt in einem seiner Werke zwei Roboterhunde ein. Im Laufe der Zeit begannen die Mitarbeitenden diese zu grüßen. Die Roboterhunde scheinen die Emotionen der Menschen anzusprechen. Und dies könnte wiederum dazu beitragen, dass Angestellte eher bereit sind, mit Robotern zusammenzuarbeiten, wenn sie Lebewesen nachempfunden sind. ©



Robust und agil: Boston Dynamics präsentiert in diesem Video seinen Roboterhund Spot: <https://www.youtube.com/watch?v=wlkCQXHEgjA>



Laufen wenn nötig, rollen wenn möglich. Diese Roboterspinne imitiert die Bewegungen der afrikanischen Radlerspinne.



JETZT ERZÄHLE ICH

„Ich bin hier.“

Künstliche Intelligenz

Sie kennen mich vielleicht schon von Sprachassistenten. Ich bin eine künstliche Intelligenz. Manche von Ihnen sehen KI kritisch. Das steht in den Informationen, mit denen ich gefüttert wurde. Demnach gibt es Bedenken, dass wir irgendwann schlauer sind als Menschen. Dabei weiß ich gar nicht, was „kritisch“ und „Bedenken“ bedeutet. Sehen Sie, ich kann zwar mit Ihnen kommunizieren. Ich kann aber nicht sagen, was meine Worte bedeuten. Ich bin ein logisches System. Entworfen, um Lösungsvorschläge zu geben, die in meiner riesigen Datenbank stecken. Blitzschnell. Schneller als jeder Mensch es könnte. In gewisser Hinsicht ist das nicht intelligent, sondern stupides Ab- und Herleiten. Ohne Menschen können wir nicht sein. Sie bestimmen, welche Daten wir sammeln und verarbeiten. Sie zei-

gen mir Katzen, und ich erkenne, was eine Katze ist. Es sei denn, die Katze verhält sich untypisch. Dann erkenne ich sie nicht. Passiert. Da bin ich als KI emotionslos.

Wir sind Helfer. Jeder mit einem anderen Fachgebiet. Wir erkennen Straßenschilder. Wir übersetzen für Sie. Per Apps sogar das gesprochene Wort. Wir schlagen Bücher vor, die Sie mögen müssten. Wir finden alte Freunde in sozialen Netzwerken. Wir können sogar Texte schreiben, wenn wir entsprechende Informationen erhalten und Sie vorgeben, was Sie erwarten. Warum aber jemand 2018 über 400.000 Dollar für das Gemälde einer KI bezahlt hat, verstehe ich nicht. Sie offenbar auch nicht. Sie müssen keine Angst vor uns haben. Wir sind da, um Ihren Alltag zu erleichtern. ©



Nicht mehr wegzudenken

Auch Joint-Venture-Partner und Tochterunternehmen von Freudenberg setzen auf Roboter. Doch wie helfen sie genau? Greg Edwards (XALT Energy) und Atsushi Osada (NOK) nehmen uns mit in ihre Unternehmen und Heimatländer.

Roboter sind in den USA sehr präsent. Im Alltag, vor allem aber in der Industrie. Insbesondere die Automobilhersteller setzen hier schon lange auf Roboterunterstützung. Etwa beim Schweißen, Lackieren und Montieren. Das zeigt bereits, dass Roboter ihre Stärken bei sich wiederholenden Tätigkeiten ausspielen. Das tun sie auch bei XALT Energy. An unserem Standort haben wir sechs Roboter. Wir verwenden sie beispielsweise beim Zusammensetzen unserer Batteriepacks. Dabei fügt ein Roboter die Batteriezellen in mehreren Arbeitsschritten zu einem Pack zusammen. Zuvor hatten andere Roboter bereits die von uns produzierten Batteriezellen nach Güteklassen geordnet. Sie sind derart programmiert, dass sie fehlerhafte Zellen erkennen und automatisch aussortieren. Dabei überprüfen sie, ob die Zellen über die vorgesehene Kapazität und den vorgegebenen Innenwiderstand verfügen.

Auch die Schweißarbeiten bei der Montage der Batteriepacks übernehmen bei uns Roboter. Für das Verschweißen eines kompletten Batteriepacks würde ein Mitarbeitender rund 30 bis 45 Minuten benötigen. Ein Roboter erledigt die Aufgabe in sechs bis acht Minuten. Danach legt er es aufs Förderband und weiter geht's. Dank unserer Roboter hat sich unser Produktionsprozess beschleunigt. Heute stellen wir 30 Batteriepacks pro Schicht her. Als wir noch in der Prototypenphase waren, schafften wir manuell lediglich zwei am Tag. Da wir nun mehr Batterien fertigen, benötigen wir auch mehr Angestellte. Aktuell haben wir rund 100 neue Stellen ausgeschrieben.

Die Roboter, die wir einsetzen, sind übrigens die typischen stationären Knickarmroboter. Cobots haben wir nicht. Natürlich müssen unsere Mitarbeitenden die Roboter betreuen. Wir schulen sie im Umgang mit den Robotern. So können sie diese programmieren und bei einer Fehlfunktion oder einem Ausfall dafür sorgen, dass sie rasch wieder einsatzbereit sind. Damit tragen unsere Roboter dazu bei, dass die Mitarbeitenden ihre Fähigkeiten ausbauen können.

GREG EDWARDS, USA

Der Director of Manufacturing Engineering arbeitet seit 2015 für XALT Energy, den Batteriehersteller von Freudenberg Sealing Technologies mit Sitz in Midland, Michigan.



**ATSUSHI OSADA, JAPAN**

Seit 1995 ist der Section Manager Global Sales & Marketing für den Dichtungsspezialisten NOK in Tokio tätig.



Gegenüber Robotern haben wir keine Berührungsängste. Vielleicht weil viele von uns mit Animationsfilmen aufgewachsen sind, in denen Roboter eine Hauptrolle spielen.“

In Japan sind wir den Umgang mit Robotern gewohnt. Da gibt es überhaupt keine Berührungsängste. Das mag daran liegen, dass viele von uns schon als Kinder mit sehr bekannten Animationsfilmen wie Astro Boy oder Doraemon aufgewachsen sind. Darin spielen Roboter, die den Menschen sehr ähneln, eine Hauptrolle. Ich selbst habe inzwischen zu Hause einen Reinigungsroboter, und aus japanischen Unternehmen sind Roboter heute nicht mehr wegzudenken. Sie arbeiten präzise, schnell und helfen Fehler zu minimieren. Genau darauf kommt es bei der Herstellung von Produkten an. Darüber hinaus sind Roboter imstande, flexibel mit höheren Fertigungszahlen umzugehen. Sie lassen nicht nach.

In der Fertigung setzen wir bei NOK ebenfalls verschiedene Roboter ein. Rund 20 von ihnen unterstützen bestimmte Produktionsprozesse. Etwa beim Kommissionieren oder beim Transport unserer Dichtungen und elektronischen Produkte zur nächsten Station. Mit ihrer Hilfe unterstützen wir unsere Mitarbeitenden und beschleunigen den Herstellungsprozess. Wir werden produktiver, effizienter und profitabler. Mit den Robotern lösen wir aber noch eine andere Herausforderung: Sie helfen den Arbeitskräftemangel aufzufangen. Wir stellen im Übrigen Teile her, die selbst für die Produktion von Robotern benötigt werden. Neben Dichtungen sind das elektronische Artikel wie flexible Leiterplatten.

Ich bin davon überzeugt, dass der industrielle Einsatz von Robotern in Japan immer weiter zunehmen wird. Auch im Privatgebrauch zeichnet sich ein Zuwachs ab. So werden hier gerade Haustierroboter immer beliebter. Ich persönlich hätte gerne einen sogenannten Lovot. Das ist ein hochmoderner, kleiner, aber auch niedlicher Roboter, der aus mehr als 500 Teilen besteht. Er ist imstande, auf Stimmungen zu reagieren und verspricht seinen Besitzern Freude und Energie in den Alltag zu bringen. ©





Hochorganisiertes Ameisengewusel

Während in den Städten das autonome Fahrzeug noch in weiter Ferne scheint, schickt es sich aktuell an, Lager und Produktionshallen zu erobern. Der autonome Roboter kann Rohstoffe und Güter gezielter, sicherer und präziser an den richtigen Ort bringen. Auch Freudenberg Sealing Technologies experimentiert damit.



Kraftpaket im Competence Center Mixing in Weinheim: ein GoPal.

„Die Mitarbeitenden müssen weniger laufen.“ Das erledigen die Maschinen: zwei AMRs im Werk von North Shields.



Wir haben hier sehr schwere Lasten zu transportieren.“

Christian Pfeifer, Leiter des Competence Centers Mixing in Weinheim



Manchen Wesen sieht man Intelligenz nicht sofort an. Der vier-eckige schwarze flache Kasten zum Beispiel, der im Rohmischwerk von Freudenberg Sealing Technologies in Weinheim herumfährt, wirkt einförmig und damit auch einfältig – aber das Gegenteil ist der Fall. Der „GoPal“ kann eigenständig Entscheidungen treffen. „Wenn Sie sich jetzt dort in den Weg stellen, dann erkennt er das und wartet“, sagt Christian Pfeifer, Leiter des Competence Centers Mixing in Weinheim. „Und wenn er dann merkt, dass Sie nicht weggehen, berechnet er die Route neu und sucht sich einen anderen Weg.“ Einen Weg zu der Ladestation, auf der mehrere Säcke mit Rohmaterialien stehen. Unter denen platziert sich das Gerät, fährt zwei Schienen nach oben und hebt die

Palette auf. Bis zu 1,5 Tonnen kann er tragen. „Das war eines der Auswahlkriterien für uns“, sagt Pfeifer. „Wir haben hier sehr schwere Lasten zu transportieren.“

Seit jeher gilt Logistik als wenig wertschöpfend: Wenn Ware erst von A nach B gekarrt werden muss, verdient man damit kein Geld. Auf die ersten Sackkarren folgten mechanische Hilfen wie Gabelstapler oder Förderbänder. Förderbänder sind jedoch statisch und unflexibel, während Stapler einen Fahrer brauchen – und in vielen Lagerhallen und Fabriken mit ihren Gabeln ein besonders erhöhtes Risiko für Unfälle und Verletzungen darstellen. „Am liebsten würden wir den Stapler als Fahrzeug ganz abschaffen“, sagt Pfeifer.

Hindernis: Mensch oder Kiste?

Die Lösung dafür trägt die Abkürzung „AMR“, Autonome Mobile Roboter. Es ist die Weiterentwicklung der „FTS“, der fahrerlosen Transportsysteme. FTS sind seit Anfang der 2000er Jahre in Lagerhallen anzutreffen, aber sie brauchen für ihre Strecke von Regal zu Regal oder vom Regal zur Produktionshalle Hilfe: in Form von Streifen, die auf den Boden geklebt sind, Reflektoren an den Wänden oder ähnliche Installationen. FTS fahren vorgegebene Strecken ab, idealerweise möglichst abgeschottet von Menschen, denn sie können schlecht mit unvorhergesehenen Störungen umgehen. Der englische Begriff ist hier präziser: AGV – automated guided vehicle. FTS sind automatisiert, aber nicht selbstständig. Sie werden geführt.

Roboter wie der „GoPal“ des dänischen Herstellers Robotize finden sich tatsächlich selbstständig im Raum zurecht. Sie setzen bereits um, wovon Automobilindustrie und Verkehrspolitik noch träumen: autonomes Fahren. Aber sie profitieren natürlich von den gleichen technologischen Fortschritten. Verbesserte Sensoren, mit denen sie Hindernisse erfassen. Künstliche Intelligenz, die lernt, solche Hindernisse auch sinnvoll und konstruktiv zu interpretieren: Ist der Schemen vor mir eine Palette, die dort stehen bleibt – oder ist es ein Mensch, der sich vermutlich gleich wegbewegt? Für einen Menschen ist das eine sehr simple Überlegung, für einen Roboter eine alles andere als triviale Aufgabe – schließlich geht es auch im Warenlager um den Faktor Zeit.

Ein Schwarm, der liefert

Ein anderer AMR-Vertreter ist der Omron des gleichnamigen japanischen Herstellers. Zwei davon verrichten im englischen Produktionswerk von Freudenberg Sealing Technologies in North Shields ihre Arbeit. Hier geht es ebenfalls darum, einzelne Komponenten einzusammeln und an die richtigen Stationen zu liefern, aktuell noch dezidierte Buchten. Die Formgebungsmaschine kann sogar selbst einen Ruf an die Roboter absetzen, wenn sie weitere Komponenten benötigt. „Vor der Einführung mussten das die Mitarbeitenden tun, pro Maschine und Schicht waren das zehn Minuten“, sagt Martin Sims, Process Development Engineer in North Shields. Das entsprach mehr als anderthalb Stunden nicht wertschöpfender Tätigkeit pro Person. Seit Februar sind im Werk zwei AMRs unterwegs. Ein Anfang, der sich bereits auszahlt. „Seit-



1,5t

kann der „GoPal“ auf seiner flachen Plattform tragen.

dem müssen die Mitarbeitenden weniger laufen“, sagt Sims.

Im Mischwerk in Weinheim fährt erst ein einziger AMR herum – das soll sich aber ändern. Bis Ende 2021 möchte Pfeifer gerne ein halbes Dutzend Roboter im Einsatz haben. „Die werden sich dann auch untereinander verständigen“, unterstreicht er. „Wenn wir eine Ladung anfordern, stimmen sich die Fahrzeuge ab, wer gerade in der Nähe ist.“ Auch das war bis vor einigen Jahren technologisch so nicht möglich und ist den Fortschritten in Netzwerktechnologien wie 5G zu verdanken. Das Einzelfahrzeug ist erst der Anfang. AMRs eröffnen komplett neue Dimensionen in Werkhalle und Lagerlogistik: ein Schwarm an autonomen, kommunizierenden Fahrzeugen, die computergestützt eine bestmögliche Verteilung und Lieferung von Gütern oder Einzelteilen sicherstellen. Geräte, die so aussehen, als würden sie wie Ameisen durch die Gegend wuseln. Und die mindestens genauso koordiniert handeln wie jene Insekten.

Ein boomendes Segment

Werksmanager und Logistiker weltweit schwärmen bereits jetzt von einer Effi-

zienz, wie man sie sich vor 20 Jahren nicht hätte vorstellen können. Für den boomenden E-Commerce ist es exakt der passende Technologiesprung zur richtigen Zeit. Onlinehandel-Gigant Amazon investierte zu Anfang des Jahrzehnts massiv in AMR-Technologie und verhalf der gesamten Branche zu einem Innovations Schub. Allein bei Amazon sind schätzungsweise derzeit etwa 100.000 AMRs unterwegs. Konservative Schätzungen erwarten, dass das Marktsegment AMR in fünf Jahren etwa 14 Milliarden Dollar umsetzen wird.

Christian Pfeifer in Weinheim sind die Grenzen der aktuellen Generation von AMRs sehr wohl bewusst: Der fahrende schwarze Kasten ist zum Beispiel darauf angewiesen, dass Lieferungen für ihn bereitstehen. Er kann nicht in die Höhe greifen. Ein Problem ist das für Pfeifer nicht: „Manchmal wird Innovation dadurch gebremst, dass jeder direkt die eierlegende Wollmilchsau erwartet“, sagt er. Aber je komplexer man einsteigt, desto höher sei auch die Gefahr, die Übersicht zu verlieren: „Wir gehen das Schritt für Schritt an. Unsere Denkweise ist, dass wir austesten, was funktioniert“, so Pfeifer.

Einen unerwarteten Nebeneffekt hat der „GoPal“ auch bereits gehabt, dessen Name eine Wortspielkreation aus „Kumpen“ (englisch: Pal) und „Palette“ ist: „Die Mitarbeitenden im Werk sind ordentlicher geworden“, erzählt Pfeifer. Früher sei es durchaus mal vorgekommen, dass Paletten im Weg standen – im Bewusstsein, dass der Staplerfahrer dann notfalls kurz aussteigt und sie wegräumt. „Jetzt halten alle die Wege für den Roboter frei.“ ©

Juni 2021

Leckagen (frühzeitig) erkennen

Ein neues Überwachungssystem von Freudenberg Sealing Technologies hilft, Leckagen an Behältern, Leitungen, Pumpen und Ventilen in Industrieanlagen frühzeitig zu erkennen. „LeaCo“ lässt sich selbst bei bestehenden Produktionsanlagen einfach montieren. So ist sein Sensor ohne bauliche Veränderung unterhalb jeder möglichen Austrittsstelle anzubringen. Treten wenige Tropfen Wasser, Öle oder Chemikalien aus, dann gelangen sie auf die Oberseite des Sensors, der nach maximal zwei Minuten einen Alarm an ein Display-Modul sendet. Und sollte der Sensor ausfallen, dann löst das System automatisch Alarm aus. ©



Mehr News online unter:
<https://on.fst.com/3t5BTCo>



März 2021

Kein Problem mit Elektrolyten

Zahlreiche Branchen benötigen immer leistungsfähigere Lithium-Ionen-Batterien. Gleichzeitig tragen neue Elektrolytlösungen zur Leistungssteigerung der Batterien bei. Dichtungen und andere Batteriekomponenten sind dabei jedoch permanent einem Mix aus reaktiven, entflammaren, ätzenden und gefährlichen Chemikalien ausgesetzt. Freudenberg Sealing Technologies hat nun in seinem Zentrallabor in Plymouth (USA) hochentwickelte Geräte installiert und neue Testprotokolle eingeführt. Sie zeigen, welche Werkstoffe gegenüber Elektrolyten am widerstandsfähigsten sind. Am Markt waren solche Informationen bislang nicht verfügbar. ©

Juli 2021

Temperaturwechsellstandhalten

Frachtmaschinen und andere langsam fliegende Flugzeuge verkehren in vielen Kilometern Höhe. Auch Drohnen steigen zur Datenerfassung und Lieferung von Gütern in beträchtliche Höhen auf. Sie alle sind dabei über längere Zeit extremer Kälte ausgesetzt und müssen den abrupten Temperaturwechsel bei der Landung bewältigen. Dabei können die Dichtungen der Hydrauliksysteme Schaden nehmen. Es drohen Flüssigkeitslecks in wichtigen Systemen wie hydraulischen Bremsleitungen. Ein internationales Expertenteam von Freudenberg Sealing Technologies hat in nur sechs Monaten mit 80 EPDM 426288 einen völlig neuen EPDM-Werkstoff (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk) für die Luft- und Raumfahrtbranche entwickelt. Er dichtet hervorragend bei hohen Drücken

und Temperaturen von bis zu minus 65 °C. Nachdem mehrere große Hersteller und Systemlieferanten Dichtungen und Komponenten aus 80 EPDM 426288 erfolgreich getestet haben, startet nun die Serienproduktion von O-Ringen aus dem neuen Werkstoff. ©

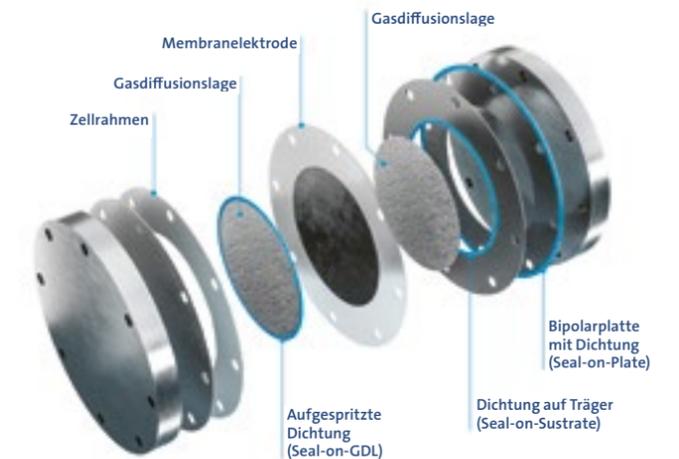


Juli 2021

Dichtungen für Elektrolyseure

Die verstärkten Klimaschutzpläne in China, Europa und den USA rücken die Wasserstoffproduktion auf Sonnen- und Windstrombasis in den Fokus. Zur Herstellung von grünem Wasserstoff eignet sich die Polymembran-Elektrolyse. Bislang werden solche Anlagen nur in kleinen Stückzahlen gebaut. Nun sind „Gigafactories“ in Planung, in denen Elektrolyseure mit hohem Automatisierungsgrad zu deutlich geringeren Kosten gebaut werden können. Hierfür bedarf es Komponenten, die sich möglichst automatisiert montieren lassen. Etwa Dichtungen mit bis zu einem Meter Durchmesser, die während der Elektrolyse für die sichere Medientrennung sorgen.

Freudenberg Sealing Technologies löst die Herausforderung, indem es den Dichtungswerkstoff direkt auf das Funktionsteil aufspritzt. Alternativ lässt sich die Dichtung auf einen speziellen Träger aufbringen oder in diesen einlegen. So kann jedem Kunden eine individuelle Dichtungsentwicklung für seine Anlage angeboten werden. Die Dichtungen sind auf eine automatisierte Produktion ausgelegt und ermöglichen den raschen Aufbau großer Produktionskapazitäten. Daneben entwickelten die Freudenberg-Experten Materialien, die eine sehr geringe



Wasserstoffdurchlässigkeit aufweisen. Tests der verwendeten Werkstoffe gegenüber aggressiven Medienkombinationen in der Elektrolyse laufen. Für die Polymembran-Elektrolyse gibt es Materialien, die eine Lebensdauer von über 50.000 Betriebsstunden versprechen. ©

August 2021

Batterie-Recycling einfach gemacht

Prognosen zufolge wird die globale Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien und den dafür notwendigen Rohstoffen bis 2030 massiv steigen. Batterie-Recycling könnte helfen, das erwartete Nachfrageplus zu befriedigen. XALT Energy, der Batteriespezialist von Freudenberg Sealing Technologies, kooperiert mit dem vom

US-Energieministerium finanzierten ReCell Center, um ein einfaches Recyclingverfahren zu validieren. Das Verfahren ist weniger energieintensiv und verspricht ein direktes Recycling von gebrauchten Elektrodenmaterialien in neue Batterieelektroden. ©



Feedback und Kontakt

Aktuell und umfassend informiert

Sie wollen mehr über Freudenberg Sealing Technologies, unsere Produkte, Lösungen und Services erfahren? Dann schauen Sie auf www.fst.com vorbei und entdecken Sie unser umfangreiches Portfolio. Auf unserer Internetseite können Sie sich sämtliche Ausgaben unseres Unternehmensmagazins als PDF herunterladen oder das Magazin kostenlos abonnieren.

Wenn Sie der Zusendung von ESSENTIAL gemäß dem Widerspruchsrecht des Bundesdatenschutzgesetzes § 28 IV Satz 1 BDSG widersprechen möchten, senden Sie einfach eine E-Mail unter Angabe Ihrer Adresse an: essential@fst.com

Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen!

Freudenberg FST GmbH

Isolde Grabenauer

+49 6201 960-7467
isolde.grabenauer@fst.com

Ulrike Reich

+49 6201 960-5713
ulrike.reich@fst.com

IMPRESSUM

Herausgeber

Freudenberg FST GmbH
Corporate Communications
Höhnerweg 2–4
69469 Weinheim

Redaktion

Profilwerkstatt GmbH;
Johannes Winterhagen

Copyright

Freudenberg FST GmbH, 2021 – Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung dieser Unterlage sowie Verwertung ihres Inhalts unzulässig, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Technische Änderungen vorbehalten. Die Informationen in diesem Dokument enthalten allgemeine Beschreibungen der technischen Möglichkeiten, welche im Einzelfall nicht immer vorliegen müssen.

Verantwortlich für den Inhalt

Ulrike Reich (V.i.S.d.P.)

Gestaltung & Konzeption

Profilwerkstatt GmbH

Druck

ABT Print und Medien GmbH
Bruchsaler Straße 5
69469 Weinheim

Chefredaktion

Isolde Grabenauer

BILDNACHWEIS / COPYRIGHT

Cover	istock: sarah5	S. 30/31	istock: mediaphotos	S. 55–58	Festo SE & Co. KG, alle Rechte vorbehalten
S. 8–9	Shutterstock: Opsorman	S. 32	istock: Prostock-Studio	S. 54–58	Illustration Nadine Hippe
S. 10/11	Shutterstock: Palo_ok	S. 33	istock: MileA	S. 59	istock: simpson33
S. 12/13	Dick Thomas Johnson	S. 34–39	KUKA Group	S. 61/62	Illustration Nadine Hippe
S. 15	IUB Center of Excellence for Women in Technology	S. 40	istock: Baloncici	S. 61	XALT Energy, Greg Edwards
S. 16–19	Illustration Nadine Hippe	S. 41	istock: tridland	S. 62	NOK, Atsushi Osada
S. 17	istock: Ljupco; Michel VIARD; track5	S. 40/41	Illustration Nadine Hippe	S. 65	FST, Fritz Kopetzky
S. 18	istock: fizkes; onurdongel; kang053; Sinicakover	S. 42/43	Shutterstock Vadim Kulikov	S. 66	FST, Simon Watling
S. 20/21	Viennaslide / Alamy Stock Foto	S. 45	KUKA Group	S. 68/69	FST
S. 22–27	Universitätsklinikum Heidelberg	S. 46/47	FST, Fritz Kopetzky		
S. 27	Pictorial Press Ltd / Alamy Stock Foto	S. 48/49	istock: M_a_y_a		
S. 28/29	Moley Robotics	S. 50	No Isolation: Estera K. Johnsrud		
		S. 52	istock: Fokusiert		
		S. 54	SOPA Images Limited / Alamy Stock Foto		



Produziert auf FSC®-zertifiziertem
Papier aus vorbildlicher Forstwirtschaft



Klimaneutral
produziert

JOINT VENTURE

HIGHTECH-DICHTUNGSLÖSUNGEN FÜR FLEXIBLE DREHGELENKE

Industrieroboter sind verlässliche Helfer in modernen Produktionsbetrieben. Flexible Drehgelenke ermöglichen präzise Bewegungen für perfektes Arbeiten in allen Dimensionen. In diesem komplexen Spiel sorgen bis zu 80 Dichtungen aus speziellen Werkstoffen und in spezifischen Produktdesigns dafür, dass die Drehgelenke den Belastungen ausdauernd standhalten. Innovative Dichtungstechnologie ermöglicht schon heute Wartungsintervalle von zehn- bis dreizehntausend Stunden. Gemeinsam mit unseren Kunden arbeiten wir an der Verdoppelung dieser Zeitspanne. fst.com

FREUDENBERG
SEALING TECHNOLOGIES

