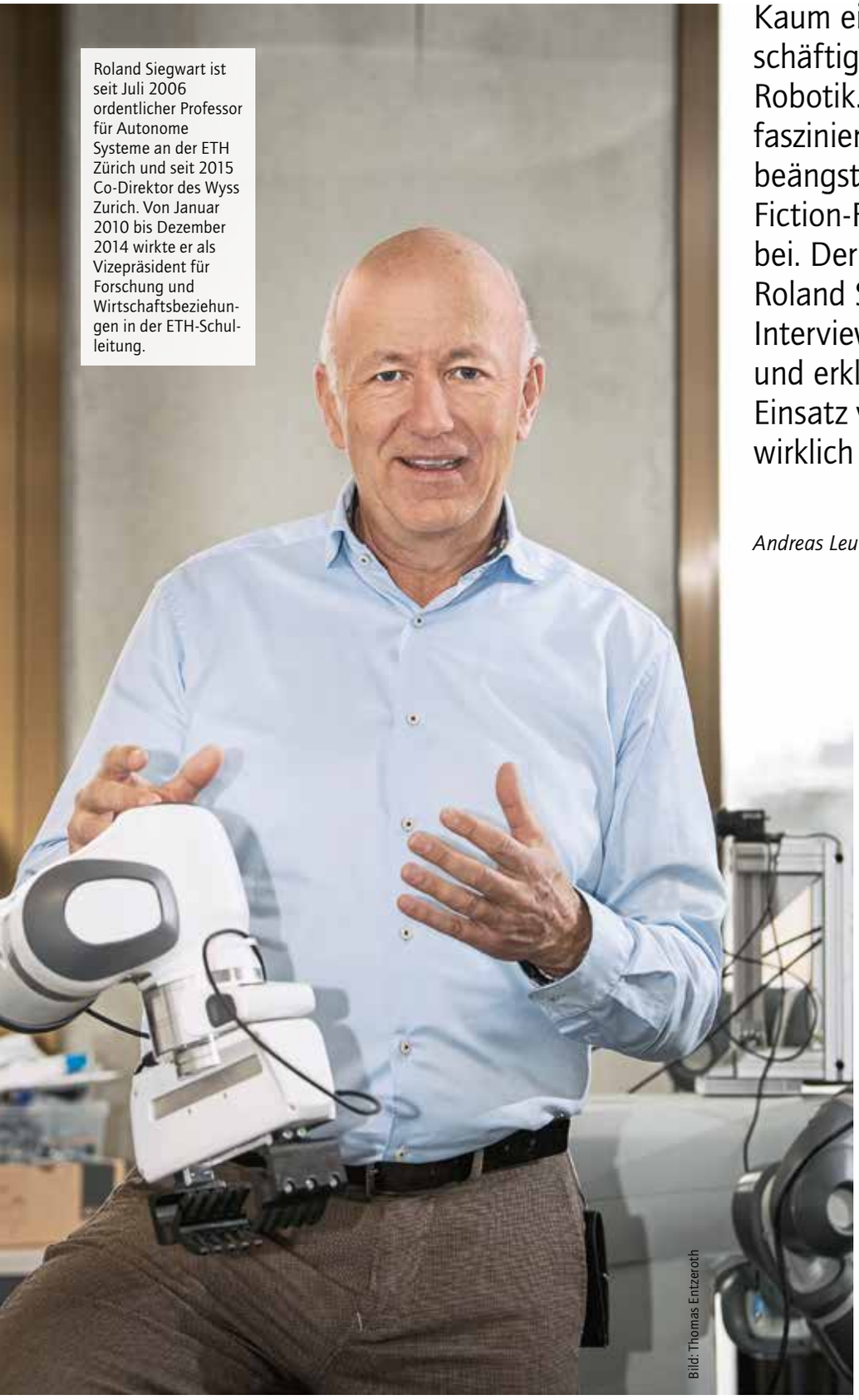
Wie die Roboter das Fliegen lernten



Roland Siegwart ist seit Juli 2006 ordentlicher Professor für Autonome Systeme an der ETH Zürich und seit 2015 Co-Direktor des Wyss Zurich. Von Januar 2010 bis Dezember 2014 wirkte er als Vizepräsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen in der ETH-Schulleitung.

Bild: Thomas Entzeroth

Kaum eine andere Technologie beschäftigt uns dermassen stark wie die Robotik. Auf der einen Seite ist sie faszinierend, auf der anderen Seite beängstigt sie uns auch. Science-Fiction-Filme tragen ihren Teil dazu bei. Der renommierte ETH-Forscher Roland Siegwart schildert in diesem Interview, wie die Realität aussieht, und erklärt, in welchen Bereichen der Einsatz von autonomen Robotern wirklich Sinn ergibt.

Andreas Leu

Genau so stellt man sich ein Forschungslabor für Robotik vor. Verschiedene Modelle stehen herum, mit denen die Möglichkeiten von autonomen Systemen erforscht werden. Nach der Begrüssung stellte uns Roland Siegwart, Director Autonomous Systems Lab an der ETH Zürich, zwei der aktuellen Projekte vor. Das erste zeigte zwei klassische Roboter. Was sollte mit diesen präsentiert werden?

Roland Siegwart: Wir stellten uns folgende Frage: Wie realisiert man einen Manipulator, der dem Bediener eine Rückmeldung gibt, wie viel Kraft der Roboter für eine Tätigkeit aufwenden muss? Das Modell zeigt auf, wie sich mit dem einen Roboter ein weiterer taktil bedienen lässt. Der ausführende Roboter ist kraftgesteuert, er erfasst also nicht nur die Bewegung und die Position, sondern auch die aufgewendeten Kräfte und Momente. Der zweite Roboter erlaubt deshalb einen viel feineren Umgang und wirkt als eine Kraftsteuerung. Wir gehen damit eine Stufe weiter als das bisher bekannte Teach-in-Verfahren, da wir den Roboter direkt steuern und auch ein Feedback über den Kraftaufwand erhalten. Wir verwenden den Roboter als haptisches Device, er verhält sich somit praktisch wie eine 3D-Joystick mit Kraftrückführung. Der ausführende Roboter misst die Kraft und der Anwender

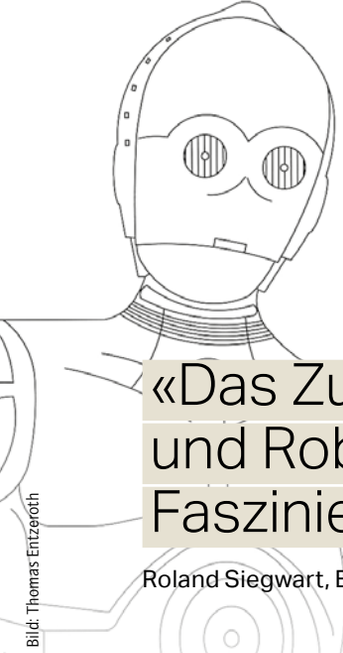


Bild: Thomas Entzeroth

Bild: Thomas Entzeroth

«Das Zusammenspiel von Mensch und Roboter hat für mich etwas Faszinierendes.»

Roland Siegwart, ETH Zürich

am Bedienroboter erhält den tatsächlichen Kraftaufwand als Feedback. Diese Methode ist z. B. interessant beim Pressen eines Gegenstandes oder beim Erzeugen eines Drehmoments.

Das System verwenden wir auch zunehmend bei Flugrobotern. Im Gegensatz zu einer Standarddrohne kann sich unser neuster Flugroboter in alle Richtungen bewegen und alle Orientierungen annehmen. Er ist deshalb in der Lage, in alle Richtungen Kräfte zu erzeugen. Unsere Flugroboter können auch an einer Wand entlangfliegen und gleichzeitig eine Kraft auf sie ausüben. Der Anwender fühlt direkt den Druck, den der Roboter gegen eine Mauer ausübt. Die eingesetzten Motoren messen direkt den Druck, der ausgeübt wird. Wir demonstrierten dies, indem ein Flugroboter mit einem Filzstift eine Wand entlangflog und einen Text auf die Tafel schrieb.

Gerade bei Oberflächenmessungen einer Mauer wird diese Technologie vermehrt eingesetzt. Das ganze System wird dank der taktilen Bedienung sehr intuitiv. Für die Baubranche ist dies eine interessante Anwendung, da die Kräfte und Bewegungen voneinander entkoppelt sind. Ausgerüstet mit einem entsprechenden Sensor kann der Flugroboter entlang einer Wand fliegen und so die Oberfläche vermessen. So lassen sich zum Beispiel bei Brücken Risse eruieren oder über elektrostatische Messungen der Korrosionszustand der Armierung feststellen. Diese Anwendung ist mit einer klassischen Drohne nicht möglich. Damit dies mit einem Flugroboter funktioniert, muss das System «omnidirektional» sein, d. h. über genügend Motoren verfügen, um sich frei in alle Richtungen zu bewegen. Wir können somit jede beliebige Bewegung in der Luft ausführen und Kräfte in alle Richtungen generieren.

Bei Katastropheneinsätzen oder auch in Gefahrenbereichen wie zum Beispiel bei einem Brand sind Einsätze mit Flugrobotern besonders entscheidend. Ein solcher Flugroboter ist in der Lage, in einem brennenden Raum Personen zu orten, und kann so die Einsatzkräfte der Feuerwehr unterstützen. Bei der Minensuche ist man daran, Flugroboter zu entwickeln, die nahe am Boden entlangfliegen, um mittels Metalldetektoren und Radar die Minen zu orten. Dies ist allerdings ein recht schwieriges Unterfangen, da im Erdreich ja auch andere Metalle vorkommen. Im Moment ist es immer noch die einfachste Variante, mit einem robusten Traktor darüberzufahren und die Minen explodieren zu lassen, mit dem Nachteil, dass danach der gesamte Sprengstoff in der Erde ist und diese so als landwirtschaftliche Fläche beschränkt nutzbar ist.

Ein zentrales Forschungsgebiet an unserem Labor ist die autonome Navigation von Robotern und Drohnen. Dazu entwickeln wir intelligente Algorithmen, die über Kameras und 3D-Laser die Umgebung wahrnehmen, selbständig einen Plan aufbauen und dann den optimalen Weg zum Ziel berechnen. In diesem Bereich ist die ETH weltweit führend.

Aktuelle Technik: Bei kommerziellen Anwendungen kommt sicher irgendwann mal der Sicherheitsgedanke dazu. Wie lässt sich dies in der Praxis realisieren? Man liest des Öfteren über die autonome Paketzustellung von Unternehmen wie zum Beispiel der Post oder Amazon.

R. Siegwart: Im Moment ist es so, dass für kleine Flugroboter praktisch dieselben Regeln wie für den Modellflug gelten. Was letztendlich bedeutet, dass der Mensch für die Sicherheit verantwortlich ist. Dies ist im Moment so zugelassen und in der Realität ist es tatsächlich so, dass bei Tests von autonomen Drohnen eine Person als Backup-Pilot dabei sein muss. Es wird in Zukunft aber immer mehr Flüge geben, bei denen der Backup-Pilot nicht mehr unterstützen kann, da der Flugroboter ausserhalb der Sichtweite ist, zum Beispiel bei Transportaufgaben. Diese Flugobjekte sind mit Sensoren ausgerüstet, um Kollisionen zu vermeiden oder um notzulanden. Bezüglich der autonomen Paketzustellung bin ich der Meinung, dass sich dies kaum jemals im grösseren Stil realisieren lässt. Es wird zwar in gewissen Bereichen möglich sein, allerdings nicht in den Städten. Wir wissen, wie geräuschintensiv ein Helikopter ist, und wir akzeptieren den Lärm, wenn es sich beim Transport um einen Notfall handelt. Transportdrohnen sind zwar kleiner und auch etwas leiser, wenn sie allerdings Lasten tragen, nimmt deren Lärm stark zu. Ich kann mir kaum vorstellen, dass die Bevölkerung in urbanen Regionen diese Lärmbelastung akzeptiert. Bei Expresstransporten wie zum Beispiel für Blut, Medikamente oder Organe für Transplantationen dürfte dies die Gesellschaft eher tolerieren. Ein unbemannter Transport mittels einer Drohne ermöglicht die Erschliessung von Regionen, die auf dem Landweg schwierig erreichbar sind (z. B. eine Alphütte), und ist wesentlich günstiger als bemannte Fluggeräte.

Gab es seinerzeit eine Art Auslöser oder zündende Idee für die Studien, die Sie in diesem Labor ausführen? Wann begannen Sie, intensiv über die Autonomie bei Robotern und Fahrzeugen zu forschen?

R. Siegwart: Es begann während meines Studiums, als die Personal Computer aufkamen. Zu Beginn verwendeten wir noch Lochkarten für die Programmierung, am Ende hatten wir einen Mac auf dem Tisch, mit dem wir Dokumente erstellen konnten. Ich absolvierte zwar ein Maschinenbaustudium, fand jedoch bereits damals die Kombination von Elektrotechnik, Mechanik und Informatik enorm spannend. Diese Faszination setzte sich bei meiner Doktorarbeit fort, mit der Frage, wie man diese verschiedenen Disziplinen miteinander verbinden kann. Die

Bild: Thomas Entzeroth

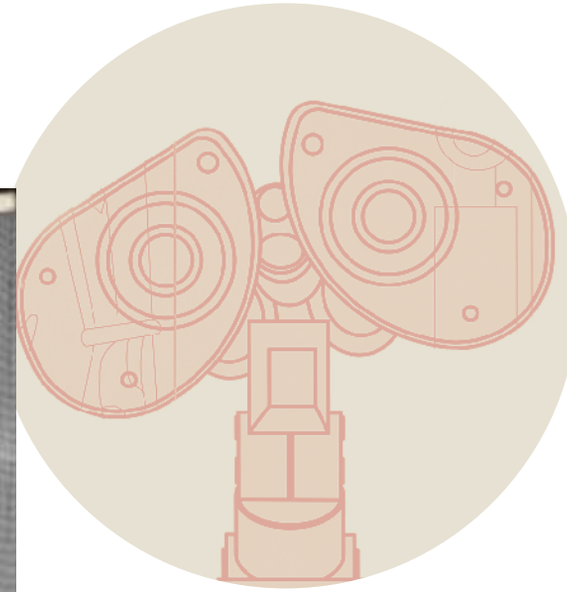


Bild: Thomas Entzeroth

Wir können mit diesem Flugroboter jede beliebige Bewegung in der Luft ausführen und Kräfte in alle Richtungen generieren.

mobile Robotik ist für mich die ultimative Verbindung zwischen all diesen Fachrichtungen. Hinzu kommt noch die Interaktion mit dem Menschen. Mobile Roboter werden plötzlich ein Teil unseres täglichen Umfelds. Das ist etwas anderes als ein Industrieroboter, der in einer Produktionsstrasse installiert ist und lediglich repetitive Aufgaben erledigt. Das Zusammenspiel von Mensch und Roboter hat für mich etwas Faszinierendes.

Auf der anderen Seite gehöre ich nicht zu denjenigen, die meinen, dass Roboter den Menschen kopieren sollten. Ich bin der Ansicht, dass wir keine humanoiden Roboter brauchen. Wir benötigen funktionale Roboter, welche die Funktionen, die sie für uns übernehmen, sehr gut erfüllen können. Zum Beispiel in einem gefährlichen Umfeld. Er soll zudem eine einfache Interaktion mit dem Menschen ermöglichen, die eine zweckmässige Bedienung zulässt.

Zu welchem Zeitpunkt sind Sie zum ersten Mal über den Begriff autonome Robotik «gestolpert»?

R. Siegwart: Die Grundlagen für autonome Systeme liegen schon sehr lange zurück. Einerseits gab es die Science-Fiction, anderseits wurden schon vor mehr als hundert Jahren rein mechanische Automaten gebaut, die z. B. Klavier spielen konnten. Vor circa 50 Jahren begann sich die Forschung intensiver mit funktionalen autonomen Robotern auseinanderzusetzen. Die Möglichkeiten waren allerdings sehr eingeschränkt, denn die notwendigen Technologien waren noch nicht vorhanden. Ich selbst kam an der ETH über die Mechatronik zum Thema Robotik. Wir entwickelten seinerzeit sehr spezielle Arten von Robotern, zum Beispiel einen, der Tischtennis spielte. Spannend bei solchen Experimenten ist, was am Ende alles dazugehört, damit es funktioniert. Es beginnt schon mit dem richtigen Roboter-Design, welches die entsprechende Funktion erlaubt.

Die Weiterentwicklungen bei der Sensortechnik und höhere Rechnerleistungen machten im weiteren Verlauf eine höhere Autonomie der Systeme möglich. Plötzlich kamen die Lasersensoren auf, mit denen sich dreidimensional die Umgebung erfassen liess. Bei genauerem Hinschauen sind wir jedoch bei der Umsetzungsseite noch nicht sehr weit, da diese Systeme eine hohe Komplexität aufweisen. Sie sind so gesehen nicht mit Industrierobotern vergleichbar, da diese in einem sehr strukturierten Umfeld eingesetzt werden. Diese wiederholen praktisch immer die gleiche Funktion und schalten sich in der Regel in einem Fehlerfall aus. Ein Mobilroboter muss sich in einer unberechenbaren Umgebung bewegen, in der etwelche Überraschungen auftreten können. Dies ist eine andere Art von Interaktion und künstlicher Intelligenz.

Bild: Thomas Entzeroth

«Ich bin ganz klar der Meinung, dass wir die Automatisierung in anderen Ländern unterstützen sollten, um Menschen vor gefährlichen Arbeiten zu schützen.»

Roland Siegwart, ETH Zürich

Das eine ist die technische Komponente, das andere die gesellschaftliche Akzeptanz. Ich bin da in gewissen Bereichen sehr skeptisch. Wird uns irgendwann mal in einem Hotel ein Roboter empfangen und aufs Zimmer führen?
R. Siegwart: Aus meiner Sicht muss man diesbezüglich zwei Dinge unterscheiden. Für Billighotels werden dies nicht einmal zwingend Roboter sein, sondern ein Self-Check-in. Diese existieren bereits heute. Möchte ich ein schönes Erlebnis, will ich eine Person als Gegenüber. Die Entwicklung geht sehr langsam voran und eine Voraussage ist deshalb schwierig. Ob uns in x Jahren ein Roboter in Empfang nimmt – wer weiss. Es gab in Japan bereits ein solches Hotel, der Versuch wurde allerdings abgebrochen. Am Ende entscheidet die Gesellschaft und ich bin auch der Meinung, dass nicht alles automatisiert werden wird, was sich automatisieren lässt. Das, was wir mit Freude als unser Hobby machen, wollen wir doch nicht automatisiert haben. Holzschnitzen oder eine Figur fräsen kann ein Roboter besser, aber es wird immer Menschen geben, die schnitzen oder Bilder malen, also alles Tätigkeiten, welche Kreativität erfordern. Aus meiner Sicht sollten jene Arbeiten mit Robotern automatisiert werden, bei denen Menschen Schaden davontragen können.

Bei unserem Vorgespräch konstatierten Sie bereits, dass der Fokus für autonome Roboter zu wenig auf Anwendungen gelegt wird, die sinnvoller und auch relativ einfach umzusetzen wären. Ist Ihre Aussage so zu verstehen?
R. Siegwart: Genau das meinte ich damit. Es ist doch verblüffend, dass auf dem Bau immer noch weniger lang gearbeitet wird, da die Arbeiter nachweislich durch ihre Tätigkeit starke Verschleisserscheinungen davontragen. Das sollte doch nicht sein, dass Menschen durch ihre Arbeit derart massiv abgenützt werden. Hier könnten Roboter sinnvolle Unterstützung leisten.

In der öffentlichen Wahrnehmung werden autonome Systeme gerne mit Fahrzeugen, die führerlos herumkurven, assoziiert. Dabei gäbe es viele andere Bereiche, die weniger im Rampenlicht stehen, an denen die Industrie arbeiten und forschen sollte. Wie sehen Sie das?
R. Siegwart: An dieser Stelle existiert tatsächlich eine gewisse Diskrepanz zwischen Forschung und Umsetzung. Forscher möchten das Neue erkunden. Sie haben eine Vision, die noch ganz weit weg ist. In Japan zum Beispiel hat man intensiv an den humanoiden Robotern geforscht. Wir sind allerdings weit entfernt davon, dass ein solcher Roboter menschliche Fähigkeiten aufweisen wird. Es beginnt schon bei den Händen; deren Fertigkeiten technisch zu kopieren, ist etwas vom Schwierigsten.
Die Forschung setzt sich mit einer Vision auseinander, an deren Umsetzung in den nächsten Jahren kaum zu denken ist. Ganz im Gegensatz dazu die Industrie. Sie investiert in Entwicklungen, bei denen sie mit ei-

ANZEIGE

Lernen Sie unsere Cobots kennen
Automatisierung war noch nie so einfach

Kollaborative Roboter (Cobots) können Produktionsumgebungen auf die nächste Ebene bringen. Sie sind in der Lage, Hand in Hand mit Menschen zu arbeiten – und dabei das Gebot der Sicherheit mit der Notwendigkeit von Flexibilität und Produktivität in Einklang zu bringen. Als Pionier auf dem Gebiet der kollaborativen Robotik hat ABB das umfangreichste Portfolio am Markt.

ABB

Bild: Thomas Entzeroth

Im Gegensatz zu einer Standarddrohne kann sich dieser Flugroboter in alle Richtungen bewegen und alle Orientierungen annehmen.

Bild: Thomas Entzeroth

nem Cash Return in den nächsten 10 Jahren rechnet. Das ist natürlich etwas schade und wir versuchen auch, das Erforschte auf eine gewisse Art an die Industrie weiterzugeben. Die Umsetzung funktioniert am besten über Start-up-Unternehmen und Spin-offs, da die klassische Industrie kurzfristiger denkt. Aus deren Sicht sollte innert zwei Jahren ein verkaufbares Produkt realisiert sein. Start-up-Unternehmen haben in der Regel etwas mehr Geduld, und es wird auch von den Investoren akzeptiert, dass sich die Realisierung über 5 bis 7 Jahre hinziehen kann. Deshalb ist dies oft der beste Weg, eine Technologie zu transferieren.
Ansonsten realisieren wir relativ wenige direkte Industrieaufträge, da wir bei der Umsetzung gar nicht wirklich gut sind. Wir verfügen hier an der ETH über junge, unerfahrene Studenten. Sie verfügen zwar über den höchsten Ausbildungslevel und kennen sich bestens bei den neuesten Technologien aus. Aber sie besitzen keine Erfahrung. Sie sind gut darin, ohne Vorbelastung neue Ideen zu realisieren. Geht es allerdings um ein Redesign einer bestehenden Maschine, ist das nicht die Aufgabe, auf die ein Doktorand angesetzt werden soll. Es gibt schon eine Zusammenarbeit mit der Industrie, bei der wir gewisse Elemente aus unserer Forschung in deren Entwicklungen einbringen. Als Beispiel ist hier die Firma Hilti zu nennen. Bei diesen Projekten geht es konkret darum, die Automatisierung im Baubereich voranzutreiben. Im Weiteren haben wir starke Zusammenarbeiten mit den grossen ICT-Firmen wie Microsoft, Google oder Oculus (Facebook), wo unsere Navigationstechnologie für Virtual and Augmented Reality sehr gefragt ist. Das hat auch dazu geführt, dass diese Firmen R&D-Labors in Zürich aufgebaut haben.

Kommen wir nochmals zurück auf die Forschung direkt. Nehmen wir an, es besteht eine Vision oder eine konkrete Idee aus einem Unternehmen, wie sieht die Vorgehensweise aus? Gibt es einen konkreten Plan oder unterscheidet sich diese je nach Projekt? Zählt an dieser Stelle die Erfahrung am meisten?
R. Siegwart: Es ist wahrscheinlich ein Mix aus einer Vision, bei der wir einfach aufzeigen wollen, was technisch machbar ist, und öfters auch den alltäglichen Dinge, die ich hinterfrage. Ich sah zum Beispiel ein Video, in dem ein Hund eine Wand entlanglief und Saltos vorführte. Da fragte ich mich, ob dies auch technisch realisierbar wäre. Wir setzen also Begebenheiten um, die wir von der Natur gelernt haben. Inzwischen gibt es das Start-up-Unternehmen ANYbotics, welches aus dieser Idee einen Laufroboter realisierte, um Inspektionen von Umgebungen durchzuführen.
Oft sind es einfach grundlegende und wilde Visionen, die uns auf eine Idee bringen. So verhielt es sich auch mit den Fluggeräten. Zu Beginn hatten wir einfach Roboter, die sich auf dem Boden bewegten. Wir erkannten in unserem Labor rasch, dass kleine Roboter sehr eingeschränkt sind, da sie sich auf unebenem Gelände schlecht fortbewegen konnten. Deshalb sollten sie das Fliegen beherrschen. Auch in diesem Fall zeigte uns die Natur, dass je kleiner eine Spezies ist, desto eher sie in der Lage ist zu fliegen. Nehmen wir als Beispiel den Vogel Strauss, der mit seiner Grösse, seinem Gewicht und seinem mechanischen Aufbau nicht mehr fliegen kann. Die Belastung seiner gesamten Struktur und der Flügel ist zu komplex und zu gross. Genau aus diesem Grund finde ich die Idee, grosse Quadratoren zu bauen, unsinnig, weil sich die Aerodynamik grundlegend anders verhält als bei kleinen Systemen. Die Faszination des Fliegens als solches ist selbstverständlich enorm. Das war schon vor hunderten Jahren so. Dank des technischen Fortschritts können wir heute fliegen. Die Drohne erlaubt noch eine weitere Dimension. Mit einer Drohne kann man sich wie in der Luft fühlen, man kann Bilder erstellen und man kann sich dreidimensional dorthin hinbewegen, wohin man auch will. Was wir der Natur voraushaben, ist die Entwicklung eines Motors mit einem drehenden Element. Nach einem Gelenk muss bei einem Lebewesen eine mechanische Verbindung über Blutbahnen oder Bänder vorhanden sein. Beim Motor ist das anders, er braucht keine Übertragung durch biologisches Material.

Gab es bei Ihren Forschungsarbeiten auch schon mal Situationen, bei denen Ihnen die, zumindest momentanen, Limiten der autonomen Robotik aufgezeigt wurden? Wie äusserten sich diese?

Bild: Thomas Entzeroth

Ein Flugroboter muss über genügend Motoren verfügen, um sich frei in alle Richtungen zu bewegen.

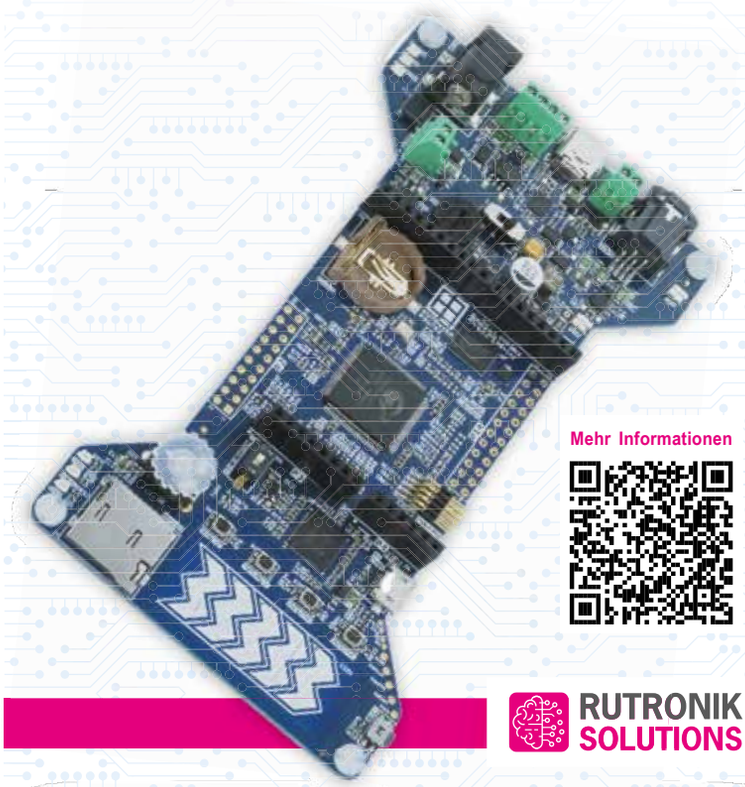
R. Siegwart: Wir stossen bei unseren Forschungsarbeiten ständig an Limiten. Deshalb unterscheidet sich die Forschung von der Entwicklung. Beide sind auf ihre Art sehr schwierig. Bei der Entwicklung existieren in der Regel bereits Grundlagen, dass die Idee realisierbar und wirtschaftlich sein könnte. Bei der Forschung wissen wir zu Beginn gar nicht, ob unser Vorhaben überhaupt realisierbar ist. Deshalb müssen wir immer wieder gewisse Rückschläge verkraften. An den Quadratoren versuchten sich bereits vor uns andere Forschungsabteilungen und sind gescheitert. Wir hatten seinerzeit das Glück, dass damals plötzlich diese Winkelsensoren IMU (Inertial Measurement Unit) mit kleineren Dimensionen für die Stabilisierung auf den Markt kamen. Diese messen die Beschleunigung in X-, Y- und Z-Richtung sowie die Drehgeschwindigkeit. Im Prinzip funktionieren sie wie ein Kreisel. Diese Sensoren bilden die Grundlage der Quadratoren-Technologie und erlauben es einer Drohne, sich in der Luft zu stabilisieren. Deshalb war ein solches Flugobjekt zuvor überhaupt nicht realisierbar.

Ein weiterer Megatrend bei der Robotik ist die Smart Factory, also dass Roboter verschiedene Arbeiten übernehmen können und vom Personal eingelernt werden. Wie sehen Sie hier eine mögliche Entwicklung, was die Zusammenarbeit Mensch–Roboter betrifft? Welche Rolle spielt bei derartigen Anwendungen die künstliche Intelligenz? Die Schweiz gilt als eine Art «Silicon Val-

RUTRONIK
ELECTRONICS WORLDWIDE

embeddedworld2022
Exhibition&Conference

21. bis 23. Juni 2022 | **Halle 3A, Stand 320**



Mehr Informationen

ANZEIGE

RUTRONIK SOLUTIONS

ENTWICKLUNGSKIT - RDK2

Einfacher Zugang und schneller Proof of Concept für Firmen- und Hardwareentwickler basierend auf den Eigenschaften des Infineon PSoC™ 62 Mikrocontrollers

Schnelleres Time-to-Market

RDK2 bietet eine Komplettlösung für **Hardware-** und **Firmware-**Entwickler und eine Basis für ein modulares Toolkit, so dass Proof of Concepts in **sehr kurzer Zeit** erstellt werden können.

Das RDK2 ist unter anderem für Touch- und Proximity-Anwendungen in den Bereichen Internet der Dinge sowie Industrial IoT (IoT, IIoT), **Smart Wearables, Smart Home, medizinische Geräte usw. konzipiert.**

Er läuft auf der **PSoC™ 62 MCU** von Infineon. Der Mikrocontroller verfügt über eine Dual-Core-CPU und ist daher ideal für sicheres Edge Computing und Cloud-Anwendungen. Der PSoC™ 62 hat einen **integrierten Power-Management-IC** für SMPS für alle angeschlossenen Stromversorgungen.

Informationen zu RDK2:
Tel. +49 (0) 7231 801-4613 | rutronik@rutronik.com
www.rutronik.com

COMMITTED TO EXCELLENCE
Consult | Components | Logistics | Quality

Bild: Thomas Entzeroth

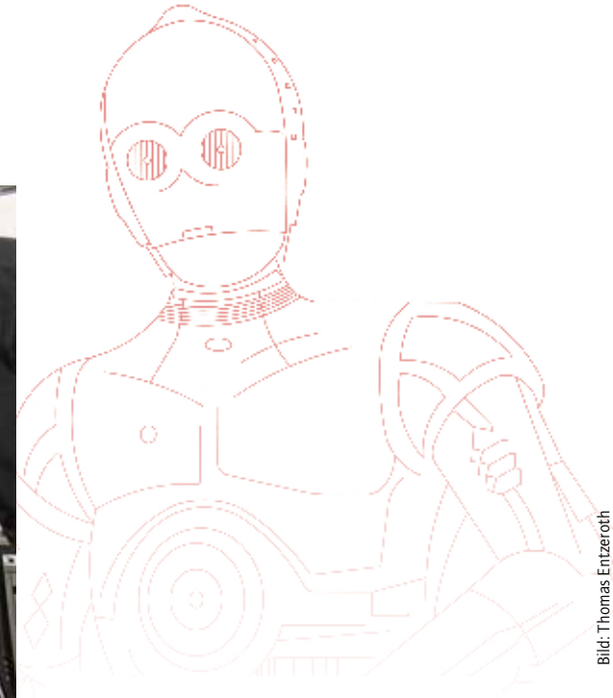


Bild: Thomas Entzeroth

Dieser Roboter ist kraftgesteuert, er erfasst also nicht nur die Bewegung und die Position, sondern auch die aufgewendeten Kräfte und Momente. Er lässt sich somit taktil bedienen.

ley» für die Robotik und die Pandemie hat aufgezeigt, dass Ereignisse dieser Art die globalen Lieferketten empfindlich stören können. Gäbe es mögliche Szenarien, dass, dank Robotern, Hightech-Produktionsstätten in der Schweiz wieder konkurrenzfähig wären?

R. Siegwart: Ja, ich denke schon, aber nicht zwingend nur wegen der Robotik. Die Auslagerung der Produktionen geschah, als noch viel manuelle Arbeit in den Fabriken notwendig war.

Diese Handarbeiten gingen in letzter Zeit stark zurück. Eine Produktionsanlage für Computerchips ist heute hochautomatisiert, deshalb wäre eine Herstellung in der Schweiz durchaus realistisch. Da gibt es allerdings andere Hürden zu bewältigen.

Zum Beispiel ist es in der Schweiz viel schwieriger, eine Bewilligung dafür zu erhalten. Es sind oftmals weniger die technischen Hürden, die Unternehmen davon abhalten, hier zu produzieren. Es gibt zudem weiterhin Tätigkeiten, die sich nicht so einfach automatisieren lassen, und diese werden auch in den Billiglohnländern bleiben. Alles, was viel Fingerspitzengefühl braucht, ist ziemlich schwierig zu automatisieren.

Meines Wissens werden Smartphones praktisch immer noch zu hundert Prozent von Hand montiert. Fahrzeuge werden, da sie viel grösser sind, mit Robotern montiert. Dies zeigt auf, wie schwierig es ist, zum Beispiel ganz kleine Stecker zu montieren. Dafür existieren keine Greifer für die Robotik. Zweitens finden bei der Smartphone-Herstellung die Wechsel der Losgrössen viel öfter statt.

Andererseits teile ich die Meinung, dass die Produktionen an den Ort zurückkommen sollten, an dem die Maschinen hergestellt werden. Die Schweiz verfügt über einen exzellenten Ruf im Maschinenbau. Wenn also eine Produktion praktisch voll automatisiert ist und es nur noch wenige Fachleute braucht, um die Anlage zu unterhalten, ergibt es durchaus Sinn, die Produktion in das Land zu verlagern, in dem die Produkte verwendet werden.

Zudem brauchen voll automatisierte Anlagen höher qualifizierte Fachleute, welche die Anlage unterhalten. Da wir über dieses Personal verfügen, wäre es mitunter sogar günstiger, eine solche Produktionsanlage in der Schweiz zu betreiben, da ein Ausfall ungemein teuer ist.

Viele Unternehmen, die ihre Produktion auslagerten, haben diese Problematik aus meiner Sicht unterschätzt.

Wie bereits in der Vergangenheit bei der Automatisierung gibt es in der Gesellschaft Ängste, dass die Roboter ihre Arbeitsplätze vernichten. Was antworten Sie diesen Personen?

R. Siegwart: Die Problematik hat natürlich mehrere Dimensionen. Ich wage zu behaupten, dass in der Schweiz diese Befürchtungen wenig Berechtigung haben. Erstens sind diejenigen Roboter, die unsere Arbeit wirklich vollständig übernehmen könnten, enorm komplex und werden nicht so schnell auf den Markt kommen.

Zweitens werden diese Roboter Arbeiten übernehmen, für welche wir bereits heute kaum Personal finden.

Das Reinigungspersonal wird bereits heute aus dem Ausland rekrutiert. Aus demselben Grund wird die Automatisierung in der Landwirtschaft vorangetrieben. Wer will denn heute schon noch um fünf Uhr aufstehen, um Kühe zu melken.

In anderen Ländern, wo es noch häufiger repetitive Arbeiten gibt, sieht es etwas anders aus. Diese lassen sich in der Tat einfach durch Roboter ersetzen. Allerdings geht dieser Prozess nicht so schnell vonstatten, wie man allgemein glaubt, und ich bin zudem der Meinung, dass sich diese Länder ebenfalls weiterentwickeln.

Sehen Sie die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine, wie man sie auf den Online-Kanälen vor zirka fünf Jahren sah, als einen Hype? Ich persönlich kenne kein Unternehmen, in dem es zur Normalität geworden ist, dass Mensch und Roboter in der Produktion Hand in Hand arbeiten.

R. Siegwart: In den Online-Medien werden des Öfteren aus der Forschung und Entwicklung Konzepte gezeigt, die möglicherweise von zehn Versuchen einmal funktionieren. Der Inhalt des Videos sieht dann zwar interessant aus, entspricht aber nicht der Realität. Will man solche Konzepte tatsächlich für die Industrie umsetzen, vergehen in der Regel zwischen 10 und 15 Jahre.

Das hat auch den Vorteil, dass sich die Gesellschaft über diese Zeit anpassen kann. Das betrifft unter anderem auch die Ausbildung. Wir brauchen in Zukunft Personal mit einem ganz anderen Background.

Ich bin ganz klar der Meinung, dass wir die Automatisierung in anderen Ländern unter-

stützen sollten, um Menschen vor gefährlichen Arbeiten zu schützen. Nehmen wir als Beispiel Südafrika. In diesem Land wird in Goldminen immer noch von Hand geschürft. In einer solchen Umgebung herrschen etwa 50 Grad Celsius und sehr schlechte Luftqualität. Die Arbeitskräfte dort werden nicht alt. Diese Probleme sollten wir wirklich angehen.
An solchen Stellen sollten wir, auch aus humanitären Gründen, möglichst rasch Roboter einsetzen. Anschliessend müssen wir uns allerdings der Herausforderung stellen, dass diese Leute danach keinen Job mehr haben und eine Alternative brauchen. Deshalb wollen die Leute vor Ort diese Umstellung zum Teil gar nicht. Dieser Verantwortung müssen wir uns in der Schweiz stellen, auch wenn es uns nicht direkt betrifft, denn wir sind ein Teil dieser Welt. Wir sollten uns allerdings bewusst sein, dass ein radikaler Schlag von einem Tag auf den anderen nicht realisierbar ist.

Zum Schluss noch ein Blick in die Glaskugel: In welchen Branchen werden aus Ihrer Sicht autonome Roboter in absehbarer Zeit im grösseren Stil eingesetzt? Wie sehen deren Dienstleistungen aus?
R. Siegwart: Man muss an dieser Stelle unterscheiden: Es gibt zum einen die mobile Robotik und zum anderen das, was wir unter mobiler Manipulation verstehen. Bei der mobilen Robotik wird grösstenteils einfach von A nach B gefahren, wie z. B. autonome Fahrzeuge.
Das ist bereits heute in vielen Bereichen relativ einfach umsetzbar. In der Logistik zum Beispiel ergibt sich dadurch viel mehr Flexibilität. In der Vergangenheit brauchte es in den Gebäuden noch Orientierungslinien am Boden, diese sind heute dank erhöhter Autonomie der Systeme nicht mehr notwendig. Luftbilder für die Kartografie werden schon heute mit unbemannten Flugobjekten aufgenommen. Wir haben dazu heute hochauflösende Kameras und können auch näher am Boden fliegen.
Weiter kann die Landwirtschaft sehr stark von der Robotik profitieren. Mit dem Klimawandel werden wir in absehbarer Zeit Probleme mit der Ernährung der Bevölkerung kriegen. Ich bin der Überzeugung, dass wir mit der Robotik effizienter und nachhaltiger Landwirtschaft betreiben können.
Die erste Stufe betrifft die Überwachung, zum Beispiel für Precision Farming. Dies sind wieder mobile Roboter entweder in der Luft oder auch am Boden. In der Regel befinden sie sich in der Luft, weil dadurch der Boden nicht verdichtet wird.
Die nächste Stufe wäre dann die mobile Manipulation. Wenn wir bei der Landwirtschaft bleiben, sollen diese Roboter zum Beispiel Unkraut entfernen, Pflanzen bespritzen oder setzen und so eine viel nachhaltigere Landwirtschaft ermöglichen. Diese Technologien werden viel schneller vorangetrieben, da es auch in diesem Bereich zunehmend schwieriger wird, Arbeitskräfte zu finden.

Existieren auf dem Markt bereits solche Systeme und können sie in absehbarer Zeit eingesetzt werden?
R. Siegwart: Ja, in diesem Bereich existiert bereits einiges. Die meisten heutigen Traktoren sind mit GPS ausgerüstet und bewegen sich ziemlich präzise, allerdings immer noch mit einem Fahrer. Bei der Unkrautvernichtung ist auch schon einiges machbar, es gibt allerdings nach wie vor diverse Einschränkungen.
Wenn die Pflanzen schön gereiht sind wie in einem Rebberg, ist das weniger ein Problem. Das Pflücken der Trauben allerdings schon, da die manipulierenden Fähigkeiten für den Roboter viel komplexer sind. Wie bereits erwähnt, wird es zunehmend schwieriger, Personal für diese Arbeiten zu finden, und deshalb glaube ich, dass in diesem Bereich in naher Zukunft der Automatisierungsgrad wesentlich erhöht wird. Dieser dürfte in circa 5 Jahren bereit sein, das wurde in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen bereits gezeigt. Es gibt zudem mehrere Anwendungen für die Baubranche, die in der Umsetzungsphase sind. Bis diese ihre Marktfähigkeit erreichen, vergeht noch eine gewisse Zeit, da auch hier die manipulativen Fähigkeiten nicht zu unterschätzen sind.
Der Mensch lässt sich nicht so einfach kopieren, wie wir oftmals glauben. Wir wissen, dass Roboter unsere Autos montieren, allerdings haben wir noch nie einen Roboter gesehen, der unsere Autos repariert. Beim Reparieren sind die Vorgaben einer Montage nicht gegeben, da man plötzlich irgendetwas improvisieren muss. Darin ist der Mensch, zumindest im Moment, einfach noch besser als jeder Roboter.

www.asl.ethz.ch

ANZEIGE