05 / 2024

Aktuelle Technik – aktuelle-technik.ch
Die Schweizer Fachzeitschrift für Automatisierungstechnik

at

Vierbeinige Inspektoren

ANYbotics – Seite 18

Magazin
Alternativen zu US-Sanktionen
Seite 6

Messe
Digitalisierung im Fokus
Seite 10

Robotik
Hochintegrierte Embedded-Prozessoren
Seite 26

Vierbeinige Inspektoren

Damit sind nicht etwa Hunde oder Schweine gemeint, die mit ihrer Spürnase zum Beispiel nach Drogen fahnden. Die Laufroboter des ETH-Spin-offs ANYbotics sind in der Lage, völlig autonom Inspektionen in unterschiedlichen Umgebungen durchzuführen.

Andreas Leu

Péter Fankhauser, CEO und Co-Gründer von ANYbotics, mit seinen autonomen Inspektionskollegen.

Bild: Thomas Entzeroth

Es ist schon ein spezielles Gefühl, wenn der Inspektionsroboter ANYmal des Start-up-Unternehmens ANYbotics auf eine Person zukommt, denn gerade klein ist das Gerät nicht. Aber keine Sorge, die Sicherheitsfunktionen und Sensorik funktionieren perfekt und der ANYmal stoppt rechtzeitig. Alles begann im Jahre 2009 mit dem ersten Laufroboter ALof an der ETH Zürich. Heute ist ANYbotics führend in der Entwicklung mobiler Robotik für industrielle Anwendungen. Ihre autonomen Laufroboter lösen Inspektionsaufgaben in anspruchsvollen Umgebungen, die bisher nur für Menschen zugänglich waren. Über die Geschichte des Unternehmens, die technischen Hintergründe sowie über die technischen Fallstricke und Erfolge erzählte CEO und Co-Gründer Péter Fankhauser der at – Aktuelle Technik.

at – Aktuelle Technik: Wenn es um Forschung und Entwicklung neuer Produkte geht, steht zu Beginn eine initiale Idee, eine Vision. Worin bestand für euch die Motivation, autonome Laufroboter zu entwickeln, und wie sahen die ersten Projekte aus?

Péter Fankhauser: Die Idee entstand tatsächlich seinerzeit an der ETH Zürich im Labor von Roland Siegwart. Es ging darum, autonome Systeme zu bauen und damit verschiedene Arten von Robotern aus wissenschaftlicher Sicht zu betrachten. Es handelte sich um die ersten Flugroboter, Solarflieger und Unterwasserroboter. Roland hatte die Vision, Roboter zu bauen, die sich überall dort hinbewegen können, wo auch ein Mensch das kann und darüber hinaus. Die Idee für den Laufroboter entstand ursprünglich aus einem Studentenprojekt, um die Bewegung von Tieren wie Bergziegen auf sehr unwegsamem Gelände nachzuempfinden.

Also es waren von Anfang an vier Beine geplant. Nicht fliegen, sondern gehen.
Péter: Mit Robotern fliegen konnten wir bereits. Beim Studentenprojekt wollten wir testen, wie weit wir mit der Umsetzung eines Laufroboters kommen. Ich entwickelte damals als Bachelorarbeit einen Roboter, der auf einer Kugel balanciert. Das war in erster Linie eine Regelungstechnikaufgabe und ist schon sehr anspruchsvoll. Im Laufe der Zeit entwickelte sich der Laufroboter erfolgreich weiter. Natürlich war der erste dieser Art sehr rudimentär aufgebaut und ausgerüstet mit klassischen Elektromotoren gekoppelt mit einem Getriebe.

Bild: Thomas Entzeroth

Treppen sind für den ANYmal keine Herausforderung.

Die Schwierigkeit bestand darin, dass die klassischen Industrie-Antriebe auf hohe Präzision ausgelegt sind. Zudem sind die Standard-Ansteuerelektronik sowie das Getriebe für unsere Anwendung zu gross und zu schwer. Wir stellten fest, der Roboter positionierte zwar sehr genau, konnte aber schlecht laufen. Es ist beim Gehen nicht so wichtig, dass ich mit dem Fuss sehr genau aufsetze. Wesentlich dabei ist, dass ich den Untergrund fühle. Zum Beispiel beim Ausrutschen auf Eis oder wenn der Untergrund uneben ist. Auf solche Situationen muss der Roboter reagieren können. Wir als Menschen bilden diese Empfindungen durch die Elastizität unsere Sehnen und Muskeln ab. Um diese Elastizität beim Laufroboter zu erreichen, setzten wir Federn ein. Der Antriebsstrang besteht somit aus Motor, Getriebe und einem Federelement dazwischen. Bei der Fortbewegung des Laufroboters werden die Auslenkung und die Kräfte der Federn erfasst. Diese Daten beeinflussen hauptsächlich die Kraftregelung. Weiter werden mit den Federn die Schläge auf das Getriebe reduziert und damit deren Lebensdauer wesentlich erhöht. Mit diesem Prinzip zeigten wir auf, dass ein Roboter nicht nur gehen, sondern auch springen, hüpfen, laufen und dabei reaktiv auf unebenes Gelände reagieren kann. Das war der Ausgangspunkt und wir entwickelten das Prinzip weiter, veröffentlichten darüber Videos. Wir gingen nicht direkt von einer Anwendung aus und es blieb vorerst ein Forschungsprojekt. Klar, anfangs hatten wir Visionen, was man alles mit dem Roboter anstellen könnte. Zum Beispiel der Einsatz für Rettungsmissionen nach einem Erdbeben oder um ein einstürzendes Gebäude zu begehen.
Nach der Veröffentlichung von einigen Publikationen meldeten sich Unternehmen bei uns und meinten, unsere Technologie sei für sie interessant. Wir sollten mit dem Laufroboter vor Ort ihre Anlagen permanent überwachen, um den Betrieb sicherer und produktiver zu machen. Jedoch fehlten ihnen dazu die personellen Ressourcen. Und der Mensch ist nicht befähigt, permanent diese Fülle an Informationen zu registrieren. Die existierenden Technologien mit Drohnen und Raupen funktionierten bei den konkreten Anwendungen nicht. In den Umgebungen gab es Stufen, Kabel und das Platzangebot war begrenzt. Unsere Roboter könnten diese Hindernisse überwinden. Wir begannen, die ersten Tests mit Unternehmen aus den Branchen Energie, Offshore, Wind, Öl und Gas durchzuführen, und erkannten rasch, da besteht ein hoher Bedarf. Es fehlt das Personal und der Kostendruck ist für die Unternehmen enorm. Wir mussten allerdings zusätzlich die sicherheitsrelevanten Daten erfassen, vor allem wenn sich Personen bei den Anlagen aufhalten. So gründeten wir 2016 das Unternehmen ANYbotics als Spin-off der ETH Zürich mit der Vision, für die Industrie das Problem der automatisierten Inspektionen zu lösen.

Bild: Thomas Entzeroth

Im Labor von ANYbotics lassen sich verschiedene Hindernisse simulieren.

Über ANYbotics
ANYbotics wurde 2016 als Spin-off der ETH Zürich gegründet mit dem Ziel, die Technologie hinter dem vierbeinigen Roboter ANYmal zu kommerzialisieren. Angefangen als Projekt von Wyss Zürich, expandierte das Team schnell und verzeichnete 2017 erste Umsätze. In einem Meilensteinprojekt wurde 2018 ein erster Offshore-Einsatz von ANYmal durchgeführt. Im Jahr 2019 bezog ANYbotics seine neuen Büroräume in Zürich.

Bild: Thomas Entzeroth

Péter Fankhauser beim Interview mit Andreas Leu.

Wann stelltest du fest, dass die Laufroboter besonders für Inspektionen geeignet sind? Ist die Entwicklung im Laufe der Zeit entstanden oder durch die ersten Aufträge?
Péter: Es waren tatsächlich die ersten Anfragen, die in diese Richtung zielten, und wir haben sie anschliessend umgesetzt. Es ist so, dass beispielsweise eine einzige Anlage bei einem Chemiekonzern mehrere hunderttausend Franken Umsatz pro Tag generiert. Das sind enorme Zahlen, deshalb ist ein reibungsloser Betrieb der Anlagen sehr wichtig. Natürlich haben wir am Anfang Verschiedenes mit unseren Laufrobotern ausprobiert, zum Beispiel Last-Minute-Lieferungen bei Paketzustellungen oder Such- und Rettungsaktionen. Die Forstwirtschaft war ebenfalls ein Thema.
Bei der Inspektion von Anlagen handelt es sich um kontrollierte Umgebungen, was aus sicherheitstechnischer Sicht die Aufgabe vereinfacht. Nicht wie im Freien, wo sich zum Beispiel Kinder aufhalten. Und für die Unternehmen ist es finanziell sehr interessant. Auch wenn der Roboter selbst noch etwas teurer ist, amortisiert er sich schnell.

Könnten gewisse Inspektionsaufgaben nicht auch von Drohnen übernommen werden? Diese Technologie existiert teilweise auch schon in Fabrikhallen. Welche Technologie ergibt wann Sinn?
Péter: Diese Technologien sind komplementär. Drohnen gibt es nun schon seit 15 Jahren. Eine Drohne ist weniger autonom und braucht oft einen Piloten, der zum Beispiel alle paar Monate eine Untersuchung an Hochspannungsleitungen durchführt. Sie versteht sich in diesen Fällen eher als ein Werkzeug, denn ein Mensch bedient sie. Sie ergänzt praktisch seine Augen.
Wir bewegen uns in einem anderen Bereich, und zwar in den Umgebungen, wo sich der Roboter mehrmals täglich vollständig autonom bewegt. Er ist dafür komplett mit der notwendigen Sensorik ausgerüstet. Unser Laufroboter ANYmal wird vom Anwender einmal eingelernt und führt danach den Auftrag hundertprozentig selbstständig aus. Ausserdem läuft ein Laufroboter wesentlich länger mit einer Batterieladung und trägt eine viel höhere Nutzlast, was insbesondere bei der Interaktion mit der Umgebung und Objekten mit einem Roboterarm wichtig ist.

Die technologischen Möglichkeiten waren im Jahr 2016 anders als heute. Ich denke dabei sowohl an die Sensorik als auch an die Vision-Systeme. Gibt es Funktionen, die damals noch nicht möglich waren, aber bereits angekündigt wurden? Bei denen man heute sagen würde, jetzt ist es kein Problem mit der heutigen Technologie. Zum Beispiel dank der Miniaturisierung. Hat diese euch geholfen?
Péter: Für einen beträchtlichen Teil des Fortschritts war die Entwicklung der Mobiltelefone verantwortlich. Kleinere IMUs, günstigere Kameras sowie die Leistungsfähigkeit der Prozessoren. Alles wurde kompakter, günstiger und energieeffizienter. Das hat uns sehr geholfen für die Weiterentwicklung der Roboter. Weiter kamen Erkenntnisse aus der Forschung über das autonome Fahren. Es gab plötzlich die LiDARs. Will heissen, dass Umgebungswahrnehmung einfacher möglich war, die Sensorik wurde kleiner und günstiger. Und was in den letzten fünf Jahren dazu kam, ist das selbstständige maschinelle Lernen, also KI. Wir fingen schon damals an, uns damit zu befassen.

Wenn ich eure Webseite richtig interpretiere, bleibt die Zusammenarbeit mit der ETH Zürich bestehen und es gibt weiterhin einen regelmässigen Austausch. Könnt ihr weiterhin auf Forschungsergebnisse zugreifen? Wie sieht diese Zusammenarbeit aus?
Péter: Dafür gibt es ein Drei-Säulen-Prinzip. Die erste Säule besteht darin, dass wir der ETH Zürich unsere Roboter zur Verfügung stellen und ihnen einen sehr offenen Zugriff auf unsere Software gewähren. Sodass die Studierenden sehr tief in das bestehende System eingreifen und Forschung in verschiedene Richtungen betreiben können. Die zweite ist, dass wir teilweise Co-Entwicklungsprojekte durchführen. Das sind spannende Themen, nicht nur aus Unternehmenssicht, sondern auch aus Sicht der Forschung. Dabei

Bild: ANYbotics

Der Laufroboter bei der Inspektionsrunde im Tunnel einer Mine.

Bild: ANYbotics

Auch Regen kann dem ANYmal nichts anhaben.

werden wir teilweise vom Staat und anderen Gremien gefördert, um spezifische Ziele zu erreichen. Die dritte Säule ist der regelmässige Austausch. Die Studierenden, die mit dem Roboter arbeiten, informieren uns, was funktioniert und was eben noch nicht. Deshalb ist dieser Austausch enorm wichtig.

Welches waren rückblickend die grössten technologischen Hürden, die es für euch zu überwinden galt?

Péter: Es gab einige und dabei ein paar ganz grosse. Die erste Herausforderung habe ich bereits erwähnt: Wie entwickelt man so etwas Dynamisches wie einen Laufroboter? Er sollte eine gewisse Geschwindigkeit erreichen. Was bedeutet, die gesamte Kraftsteuerung, die dynamische Balance war eine grosse Herausforderung. Es steckt ziemlich viel Regelungsaufwand dahinter. Dafür passten wir die Systemarchitektur mit der Sensorik und der Anordnung an. Das war die erste Phase.

Als Phase zwei war die Autonomie des Roboters die nächste grosse Herausforderung. Das Gerät soll ohne externe Verbindung für die Eigenständigkeit funktionieren, ohne Wi-Fi, GPS etc. Der Roboter muss sich selbst lokalisieren können, Hindernisse erkennen und sicher sein, auch wenn sich Personen in seiner Umgebung aufhalten.

Die dritte Phase bestand darin, ein Produkt zu bauen, mit dem man aufzeigen kann, dass trotz Kostenoptimierung die Qualität und Sicherheit sehr hoch sind und dass man dann zu Hunderten Stückzahlen produzieren kann.

Stichwort Sicherheit: Da gibt es unterschiedliche Levels für die Zertifizierung. Es besteht doch ein erheblicher Unter-

Bild: Thomas Entzeroth

Bildschirm mit dem digitalen Zwilling der Umgebung mit dem Laufroboter.

ANZEIGE

Revolutionieren Sie Ihre Kameraerfahrung mit VCSEL-Technologie:

VCSELs mit geringer Divergenz verbessern die Performance von LiDAR und 3D-Lasersensoren

- Mehrere Wellenlängen: 660, 680, 780, 850, 940, 1050 und 1060nm
- Dauerstrichleistung (CW): 5mW bis 30W.
- Spitzenleistung (gepulster Modus): 6W bis 400W
- Kompaktes, kleines und leichtes Gehäuse: 2016, 3535, TO46, TO56…
- Strahldivergenz: 0,57° bis 180°
- Reichweite bis 5km in rauen Umgebungen
- AEC-Q102 und IATF16949-qualifiziert
- High-Power Modul VCSEL bis 3200W
- Fasergekoppelte VCSEL und kollimiertes VCSEL
- Datenübertragung bis 25Gbps
- VCSEL mit Photodiode und Diffusor

a.kamwa@endrich.com

endrich

www.endrich.com

Bild: Thomas Entzeroth

Der Laufroboter lässt sich über ein Tablet komfortabel steuern und teachen.

schied darin, ob der Roboter durch leere Fabrikhallen geht oder sich auf einer Baustelle mit vielen Personen bewegt.
Péter: Es gibt Rahmenbedingungen, unter denen du den Laufroboter einsetzen darfst. Unsere Zertifizierung bezieht sich auf industrielle Umgebungen, die für die Öffentlichkeit nicht zugänglich sind.
Die dort arbeitenden Personen benötigen eine minimale Sicherheitseinweisung. Unter diesen Bedingungen darf der Roboter autonom betrieben werden. Wir erfüllen alle notwendigen Maschinenrichtlinien, die Standard-CE-Zertifizierung sowie FCC für die USA.
Später stellten wir fest, diese Zertifizierungen genügen für «normale» industrielle Anlagen. Bei Öl-, Gas- und Chemiebetrieben sieht es anders aus. Wie bei einer Tankstelle das Rauchen verboten ist. In dieser Umgebung darfst du kein Gerät verwenden, das Funken erzeugen könnte. Nicht einmal ein Smartphone, einen Laptop oder einen Schraubenzieher, der nicht entsprechend zertifiziert ist.

Dafür müsst ihr für eure Roboter die Explosionsschutz-Richtlinien erfüllen.
Péter: Ja, deshalb haben wir ANYmal X für Inspektionen im Ex-Bereich entwickelt. Dazu muss man wissen, dass es seinerzeit dafür keine Normen für eine solche Anwendung gab. Wir trieben sehr viel Aufwand, fluteten das Gehäuse mit Stickstoff, verwendeten spezielle Batterien und spezielle Kühlsysteme. Es sind auch keine marktüblichen Motoren im Einsatz, hier handelt es sich um eine Eigenentwicklung. Der ANYmal X ist der erste und einzige Ex-zertifizierte Laufroboter der Welt und wir meldeten mehrere Patente an.

Wir sprachen über die Stolpersteine. Jetzt würde ich gerne etwas über die Leuchtturmprojekte mit dem ANYmal erfahren. Bei denen ihr im Nachhinein sagtet: Es war zwar eine Herausforderung, aber es ist etwas Einzigartiges. Darauf sind wir besonders stolz, dass wir das geschafft haben. Oder das Projekt hat die Erwartungen des Kunden übertroffen.
Péter: Jede Auslieferung eines Laufroboters ist für uns ein wichtiger Moment, vor allem, wenn der Kunde über keinerlei Robotik-Erfahrungen verfügt. Was waren die Erwartungen und was ist am Ende die Realität? Mit ihm erleben wir ein Abenteuer mit der neuen Technik. Wir betreiben nicht einfach ein Transaktionsgeschäft, bei dem wir sagen: Hier hast du einen Roboter und viel Glück; sondern wir arbeiten sehr viel im Partnerschaftsmodus. Da gab es einige coole Momente. Einer davon war, als ein Kunde sagte: «Am Anfang war ich wegen des Roboters noch nervös. Ich bin jedes Mal hinter ihm hergelaufen, aber dann wurde es langweilig. Ich konnte ihm vertrauen, dass er seine Arbeit korrekt ausführt.» Ein weiterer Aufsteller war, als ein Kunde zurückkam und aufzeigte, dass er, dank unseres Laufroboters, in einem Jahr 350 000 Euro einsparte. Er konnte seine Wartungszyklen mit den vom Roboter erfassten und gelieferten Daten optimieren, was für ihn eine Steigerung der Produktionsverfügbarkeit von 1,5 Prozent bedeutete. Es ist nicht immer ganz einfach, solche Zahlen nachzuweisen, aber hier hat es perfekt funktioniert.
Irgendwann kommt für uns der magische Moment, bei dem der Kunde bereit ist, den Roboter nicht nur am Teststandort einzusetzen. Er soll an weiteren, auch internationalen Destinationen seine Aufgaben ausführen und wir erhalten einen Auftrag über eine höhere Stückzahl. Dann wird es für uns interessant.
Wir belieferten das finnische Unternehmen Outokumpu mit drei Standorten, an denen der Roboter bei einer Inspektionsrunde über 90 Aufgaben mehrmals täglich erledigt; und das funktioniert sehr gut. Damit hat der Roboter zur 17-prozentigen Reduktion von Sicherheitsvorfällen beigetragen. Das sind schon die Momente, die uns stolz machen, dass wir das geschafft haben.

Du hast zuvor das Stichwort Qualitätskontrollen genannt. Es ist doch denkbar, die Daten über eine Rückkopplung für Predictive Maintenance zu verwenden. Gibt es bereits solche Projekte?
Péter: Wir liefern mit dem ANYmal die Basis und integrieren mit Drittanbietern für Predictive Maintenance. Das gesamte Ökosystem, mit dem die Unternehmen arbeiten, be-

Bild: ANYbotics

Der ANYmal erledigt seine Inspektionsrunde voll automatisiert.

Bild: Thomas Entzeroth

Eine solche Schräge ist auch für eine Person kein einfaches Hindernis.

steht aus Data Operations, Digital Twins etc. Wir arbeiten mit Partnern wie zum Beispiel Siemens Energy zusammen. Sie liefern Softwaresysteme für die Anlagen und benötigen dazu eine hohe Datenqualität. Wir entwickelten APIs für den Datentransfer. Mit dem ANYmal liefern wir die Daten und ermöglichen so die Predictive Maintenance.

Diese Daten müssen ja transferiert werden, zum Beispiel über das GSM-Netz oder Wi-Fi. Diese Systeme sind anfällig für Cyberkriminalität. Die Roboter sind zwar autonom, was die Orientierung betrifft, aber diese Verbindungen sind doch Einfalltore für Schadsoftware.
Péter: Wir investieren sehr stark in die gesamte Cybersicherheit und erfüllen die Industriestandards. Das bedeutet, dass die erfassten Daten vom Roboter nur für bestimmte Personen mit Authentifizierung zugänglich sind.

Wie kann man mit dem Roboter für das Setting kommunizieren? Gibt es für Smartphones oder Tablets eine Benutzeroberfläche?
Péter: Es gibt drei Möglichkeiten für den Benutzerzugriff. Die erste ist über unser explosionsgeschütztes Tablet. Der Anwender kann damit direkt auf den Roboter manuell zugreifen. Die gleiche Software existiert auch für den PC. Sie ist etwas umfangreicher und komfortabler. Nach dem Login lassen sich über ein Webportal via Fernzugriff die Einstellungen editieren. Und die dritte Möglichkeit wäre via ein API mit einem Digital Twin. Der Kunde möchte keine neue Benutzeroberfläche, sondern über den digitalen Zwilling seiner Anlage sehen, wie sich der Roboter bewegt. Er kann so das Teach-in vornehmen.

Kommen wir zur klassischen Abschlussfrage. Wohin geht die Reise von ANYbotics?
Péter: Im Moment fokussieren wir uns auf die Inspektion als Kerngeschäft. Wir erreichten eine höhere Produktion der Laufroboter. International sind rund 150 unserer Roboter im Einsatz. Diese Zahl verdoppelt sich jedes Jahr und für uns bedeutet dies ein hohes Wachstum. Wir werden auch zunehmend internationaler. Auf fünf Kontinenten sind unsere Laufroboter im Einsatz, da wir mit grossen globalen Unternehmen zusammenarbeiten. ANYbotics hat bereits ein kleines Team in Rumänien und nun kommt die Eröffnung eines Büros in den USA dazu. Zudem arbeiten wir mit über zehn lokalen Partnern in den verschiedenen Regionen für den Verkauf und Service. Weiter investieren wir stark in die Funktionalität des ANYmal. Heute decken wir viele Funktionen ab, aber wir berücksichtigen auch neue Bedürfnisse wie weitere Sensoren sowie zusätzliche Intelligenz. Wir wollen in der Zukunft mit den Robotern nicht nur inspizieren und Daten aufnehmen, sondern auch manipulieren, die Umgebung verändern, Hebel umlegen, Schaltschränke öffnen, Proben entnehmen und ins Labor bringen. Darüber verfügen wir über die Grundlagen für die Intelligenz und die Wahrnehmung der Umgebung. Im Moment funktioniert dies bereits sehr gut unter kontrollierten Bedingungen.
Unsere Vision ist es, dass in Zukunft ANYbotics mehr als nur Laufrobotik anbietet. Wir nennen es die Arbeitskraft autonomer Roboter. Wir wollen verschiedene Arten von Robotern bauen, die vermehrt manuelle Arbeit in der Industrie übernehmen. Die Branchen, in denen wir tätig sind, profitierten bisher wenig von der Robotik. Die Aufgabenstellungen sind allerdings sehr komplex und es werden dazu verschiedene Arten von Robotern notwendig sein. Unser Portfolio wird sich demnach im Lauf der Zeit erweitern.

Bild: Thomas Entzeroth

Péter Fankhauser: «Wir zeigten auf, dass ein Roboter nicht nur gehen, sondern auch springen, hüpfen, laufen und dabei reaktiv auf unebenes Gelände reagieren kann.»

anybotics.com

ANZEIGE

TRX revolutioniert die 3D Bewegung
Teleskopierbare triflex® TRX - platzsparender Einbau mit einem Rückzugsweg von bis zu 40 %

- Minimierung von Schlaufenbildungen
- Platzsparendes Design
- Kompatibel zum triflex® R Portfolio der TRE Baureihe
- Einfach nachrüstbar
- Minimierung von Zukaufteilen
- Geringere Leitungslängen
- Alle Bauteile sind einzeln austauschbar
- Minimierung von Montagezeiten durch das easy Design

motion plastics®
igus®.ch/trx
Tel. 062 388 97 97 info@igus.ch
Die Begriffe "igus, triflex, motion plastics" sind in der Bundesrepublik Deutschland und gegebenenfalls international markenrechtlich geschützt.