

Das im ETHZ-Departement Maschinenbau und Verfahrenstechnik (D-MAVT) am Institut für Robotik und Intelligente Systeme (IRIS) angesiedelte Autonomous Systems Lab forscht unter der Leitung von Prof. R. Y. Siegwart im Bereich intelligenter Produkte und Systeme zum Einsatz bei autonomen mobilen Robotern. Der Fokus liegt beim mechatronischen Design und bei der Regelung solcher Systeme, welche in unbekannter und rasch sich verändernder, natürlicher Umgebung agieren sollen. Die Anwendung erstreckt sich u.a. auf Flugzeuge, Untersee- und Segelboote, Schiffe, Autos, Vehikel zur Erforschung oder Beobachtung von Landschaften, Gewässern oder Planeten und auf Pflege-Assistenten.

Zu Beginn wurde das Institut und dessen drei Forschungsschwerpunkte **Roboter-Design**, **Navigation** und **Autonome Fortbewegung** vom stellvertretenden Direktor Dr. Cédéric Pradalier vorgestellt. Die verschiedenen hochgradig interdisziplinären Forschungsprojekte werden von jeweils 5 bis 10 ETH-, Uni- oder FH-Studierenden der Elektro- und der Maschinentchnik und weiterer Studienrichtungen durchgeführt.

Der Rundgang durch die Laboratorien führte uns verschiedene Projekte vor Augen.

Im **Lauf-Labor** werden Roboter entwickelt, mit dem Ziel „schnell, effizient und geschickt wie der Mensch“. Der gezeigte vierbeinige „Roboter-Hund“ aus dem **Projekt ALoF** (Autonomous Locomotion on Four legs) kann gehen, krabbeln und sich auf den Rücken drehen und wieder aufrichten. Ermöglicht wird dies durch visuelle und haptische Sensoren, welche dem Roboter Informationen über den Untergrund liefern. In der Länge und im Winkel federnde Gelenke dienen während der Bewegungen als Zwischenspeicher für die kinetische Energie. Der etwa 15 kg schwere, 56 cm lange Roboter kann seine Umgebung dank haptischer Interaktion aktiv untersuchen. Das System soll dereinst für Rettungseinsätze, als Prothese, zu Unterhaltungszwecken („Tiere“ in Freizeitparks) oder für Militäreinsätze angewendet werden.

Das **EU-Projekt NIFTi** (Natural Human-Robot Interaction in Dynamic Environments) untersucht die Kooperation von Robotern und Menschen bei unterschiedlichen Rettungsaufgaben und die Anforderungen an ein solches Rettungssystem. NIFTi untersucht, wie der Roboter mit kognitiven menschlichen Fähigkeiten wie Wissenserwerb und Sprache arbeiten kann. Jedes Jahr evaluiert NIFTi seine Systeme in Zusammenarbeit mit verschiedenen Rettungsorganisationen. Rettungspersonal bildet ein Team mit NIFTi-Robotern, um realistische Aufgaben in wirklichkeitsgetreuen Trainingsgebieten durchzuführen. Ein spezielles Problem dabei ist die automatische Interpretation der vom autonom sich fortbewegenden Roboter aufgenommenen Bilder in einer komplexen Umgebung und deren Auswertung zwecks automatischer Kartierung, d.h. Erstellung einer Land- oder Lagekarte. Die Inspektion der Umgebung erfolgt mittels eines LASER-Scanners mit einem 10 Mal pro Sekunde rotierenden Spiegelprisma. Zum Blick nach oben oder nach unten wird dabei die Rotationsachse gegenüber der Senkrechten geneigt. Siehe auch Website www.nifti.eu.

Das **Autonomous Surface Vessel ASV** ist eine schwimmende autonome Sammel-Plattform für die Blüten der Cyano-Bakterien. Die Plattform ist dafür u.a. mit Sensoren für Chlorophyll und mit einem Tiefen-SONAR ausgerüstet und erlaubt die Erfassung sowohl der zeitlichen als auch räumlichen Dichte der Bakterien-Population, aber auch von Wassertemperatur, Lichtstärke, Sauerstoff und Nährstoffe.

Auch einen „alten Bekannten“ von der EXPO 2002 trafen wir im ASL: den Tour-Guide **ROBOX**, ein interaktiver, hörender, sprechender, sehender und rollender Roboter mit einem der Situation angepassten Gesichtsausdruck. Sein im EU-Projekt **EUROPA** (European Robotic Pedestrian Assistant) weiter entwickelter Bruder wird im städtischen Umfeld und interaktiv (via Kamera, Gesichtsausdruck, Spracheingabe, Internet und Handy) komplexe Orientierungs-, Führungs-, Transport- und Lieferaufgaben wahrnehmen und sich dabei autonom im Fussgänger- und Strassenverkehr bewegen.

Im Robots-Lab trafen wir auf einen fahrenden Roboter **CRAB** mit 2 x 3 Rädern, welche an einem über parallele Streben verbundenen Doppel-Fahrgestell verbunden sind. Jedes Rad ist um die Senkrechte drehbar gelagert und verfügt über einen eigenen Antriebsmotor. Dieses Fahrwerk passt sich passiv an nahezu beliebig unebenes Terrain an und erlaubt Kehrtwendungen an Ort.



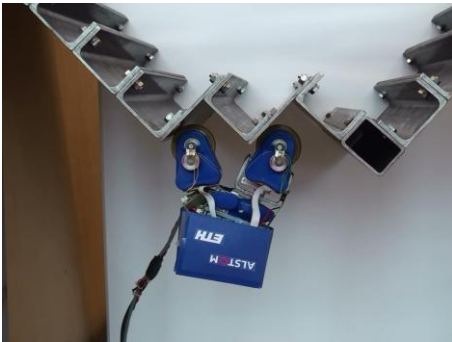
Quelle und weitere Bilder: <http://www.asl.ethz.ch/robots/crab>

Mit solchen Fahrgestellen werden verschiedene Roboter versehen, z.B. zum Erkunden geologischer oder

planetarer Oberflächen, zur automatisierten Minenräumung oder zum Aussähen von Blumensamen nach beliebig programmierbaren Mustern.

Ein **Schwarm-Display** besteht aus einer Vielzahl von roboterisierten, steuerbaren farbigen Leuchtpunkten. Diese Pixel können durch einen Computer mit angeschlossener Kamera für den Feedback ferngesteuert auf einer ebenen Fläche beliebige Koordinaten anfahren und in unterschiedlichen Farben leuchten. Dadurch können statische oder dynamisch bewegte Bilder erzeugt werden. Disney Research verwendet Schwarm-Displays zur Erforschung des menschlichen Wahrnehmungsvermögens und zur Optimierung graphischer Anzeigen. Die Roboter-Pixel werden durch die Fa. GCTronic hergestellt und vertrieben: www.gctronic.com.

Roboter-Traktionsmodule **MagneBike** dienen zur Inspektion und Vermessung des Inneren oder Aeusseren von komplex geformten Gehäusen aus ferromagnetischen Materialien. Zum Bewegen sind die Module mit permanentmagnetischen Antriebsrädern von 60 mm Durchmesser ausgerüstet. So können auch „an der Decke“ hängend dort Messungen vorgenommen werden. Als Sensoren tragen die Module Wirbelstrom-Sensoren oder elektronische Kameras.



Quelle und weitere Bilder: <http://www.asl.ethz.ch/research/asl/alstom>

In der mechanischen Werkstatt des ASL konnten wir den Testaufbau mit einem aufgeschnittenen Alstom-Turbolader und darin eingesetzten **MagneBikes** betrachten.

Das EU-Forschungsprojekt **AIRobots** (Innovative Aerial Service Robots for remote inspections by contact) hat die Entwicklung von Flug-Robotern zum Ziel zwecks Unterstützung bei der unbemannten Inspektion von unbekanntem, u.U. stark verwinkelten Gebäuden und weitläufigen Infrastruktur-Einrichtungen, zur Proben-Aufnahme und zur ferngesteuerten Manipulation von Steuergeräten. Der **AIRobot** besteht aus einer flugfähigen Plattform mit z.B. 4 rotierenden Helikopter-Propellern und einem Autopiloten, d.h. einer Regelung für das autonome Fliegen und Navigieren um unbekannte Hindernisse. Der Operator braucht kein Pilot zu sein und kann sich ganz auf die Einsatzaufgabe konzentrieren. Die Plattform wird mit verschiedenen stromsparenden Sensoren (Kamera, IR-Kamera etc.) und Aktoren sowie der notwendigen Funktechnik inkl. GPS bestückt, um die jeweilige Aufgabe optimal zu lösen und dem Operator den erforderlichen visuellen und haptischen Feedback zu vermitteln.

Ziel beim durch die Europäische Raumfahrtbehörde in Auftrag gegebenen Projekt **Skysailor** waren die Machbarkeitsabklärung und die Realisierung eines solar-angetriebenen ultraleichten Mikro-Flugzeugs zur autonomen Exploration von Landschaften, u.a. auch auf dem Mars (!). Für Einsätze in der Nacht wird die Bordbatterie tags mit überschüssiger Solar-Energie geladen. Der Prototyp hat ein Gewicht von 2,4 kg und eine Flügelspannweite von 3,2 m. Die 216 Solarzellen liefern an einem Sommertag auf der Erde bis zu 90 W, wobei das Flugzeug nur 16 W verbraucht. So konnte der **Skysailor** im Jahr 2008 während mehr als 27 Stunden 874 km auf konstanter Höhe fliegen, ohne Ausnutzung von Aufwinden und ohne Absinken während der Nacht.

Im ASL-Projekt **senseSoar** werden die mit dem Skysailor gewonnenen Erkenntnisse für den Design und den autonomen Betrieb von Klein-Solarflugzeugen ausgewertet. Mit Zusatzfunktionen wie Accelerometer, Magnetometer, Geschwindigkeits- und Höhenmesser sowie GPS Modul, Autopilot und Solarzellen für 140 W wiegt das Flugzeug nun 3,7 kg und erreicht eine Geschwindigkeit von 10 m/s.

Das im ASL akkumulierte Knowhow ermöglichte die Ausgündung der Firma **Skybotix**, welche führend ist in der Entwicklung von sicheren, autonom navigierenden und fernsteuerbaren Klein-Flugzeugen (Miniature Aerial Vehicles, MAV). Lieferbar sind zur Zeit der leicht handhabbare robuste Multikopter **Flybox** mit 0,8 kg Nutzlast und der kompakte koaxiale Helikopter **CoaX** zu Forschungszwecken und zum Einsatz in geschlossenen Räumen mit Beschleunigungs- und Druck-Sensor sowie Sonar für die Höhenmessung und IR-Sensor für die Abstandsmessung. Für ihre Innovationen erhielt **Skybotix** den De Vigier Preis 2011.

Instituts-Web-Site: www.asl.ethz.ch

Dort werden u.a. alle laufenden, abgeschlossenen sowie natürlich die im Bericht erwähnten Forschungsprojekte ausführlich vorgestellt, teilweise auch mit Filmen von den bewegten Roboterplattformen.

Peter Kirchhofer.