

Studenten auf dem Weg zum Mars

ROBOTIK: Zehn autonom navigierende Weltraum-Roboter treten nächste Woche (11./12. November) beim SpaceBot Cup an. Dort sollen sie eine „extraterrestrische Landezone“ erkunden, die das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt in einer Motocross-Halle bei Bonn einrichtet. Die VDI nachrichten haben ein Team der TU Berlin bei den Vorbereitungen auf den Wettbewerb begleitet.

VDI nachrichten, Berlin, 8. 11. 2013, 13. 11. 2013

Die Lieferung kommt am 31. Juli pünktlich um 9 Uhr. Bewaffnet mit Schaufeln und Schubkarren macht sich ein Dutzend Studenten daran, satte 10 t Sand und groben Kies in den 1. Stock des Instituts für Luft und Raumfahrt der TU Berlin zu schaffen. Sie bauen einen Marsparcours in ihr Institut. Darauf soll ihr Small Exploration Assistant Rover (SEAR) lernen, autonom zu navigieren und mit seinem Greifarm Objekte zu bergen.

Das Reglement des SpaceBot Cup sieht unter anderem vor, dass die Roboter ein Wasserglas daran, satte 10 t Sand und groben Kies in den 1. Stock des Instituts für Luft und Raumfahrt der TU Berlin zu schaffen. Sie bauen einen Marsparcours in ihr Institut. Darauf soll ihr Small Exploration Assistant Rover (SEAR) lernen, autonom zu navigieren und mit seinem Greifarm Objekte zu bergen.

Noch kennen die Studenten ihr Hightech-Gefährt nur aus Konstruktionsplänen, Finite-Elemente-Simulationen und vom Programmieren seiner Software. Das Chassis entsteht gerade in der TU-Metallwerkstatt. Greifbar sind zu diesem Zeitpunkt nur die beiden aus Gewichtsründen gelocherten Schwingen des Alu-Fahrwerks.

Jedes Team wurde mit 50 000 € gefördert

Noch ein Monat vergeht, bis der fertig montierte Rover unter lautem Jubeln in die Marslandschaft einfährt. Bis zum Cup-Finale bleiben ganze acht Wochen. Veranstalter ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Am 11. und 12. November tritt SEAR in einer Motocross-Halle bei Bonn gegen neun andere autonome Roboter an. Jedes Team hat 50 000 € Fördergeld des Bundeswirtschaftsministeriums erhalten. Die Roboterhardware verschlingt das Geld rasant. Glücklicherweise hat ein Berliner Baustoffhändler den Sand und Kies gestiftet. Glück ist es auch, dass der Bürotrakt im Institut leer steht. Im Herbst soll hier ein Missionskontrollzentrum entstehen, in dem Wissenschaftler und Studierende Raummissionen selbst entwickelter Kleinstsatelliten überwachen werden. Elf Satelliten des TU-Instituts kreisen bereits im Orbit, weitere sind im Bau.

Einige Teammitglieder sind in die Satellitenprojekte involviert. Den dort üblichen, von Normen und Standards gestützten Perfektionismus erreicht das SEAR-Projekt nicht. Handarbeit ist angesagt. Mal mit Schaufel und Schubkarre, häufiger mit Zange und Lötcolben und eigentlich ständig an Notebooks.

Doch jetzt, bei SEARs Einzug in den Sandparcours, bleibt kein Auge auf dem Monitor. Klackernd und knisternd arbeiten sich seine acht von Radnabenmotoren angetriebenen Alu-Speichenräder durch den Sand. Für den nötigen Grip des 60 kg schweren Rovers hat Fahrwerkskonstrukteur Marcus Meuser Aluprofile auf die Laufflächen der Räder genietet. Sie hinterlassen zwei Fischgrätenspuren im Sand. In acht Wochen wird es auf die Räder ankommen. Beim Cup sind Hügel mit 15° und teils sogar 30° Steigung zu erklimmen. Die scharf profilierten Räder halten bei der ersten Testfahrt, was sie versprechen. Erst waren weichere Räder geplant. „Sie sollten sich Unebenheiten anpassen“, erklärt Meuser. Doch ein Prototyp zeigte, dass sie das Gewicht des Rovers nicht trugen.

Das Problem ist gelöst, SEAR fährt. Projektleiter Cem Avsar nimmt es zufrieden zur Kenntnis. Jeden Mittwoch ruft er das Team zur Lagebesprechung: straff strukturierte Treffen, bei denen der fest angestellte Wissenschaftler den Status von zwei Dutzend Teilprojekten abfragt. Die Palette reicht von Greifarm-, Chassis- und Fahrwerkskonstruktion, über die Elektronik bis hin zu den zehn unterschiedlichen Softwarepaketen des Roboters. Über 20 Studierende arbeiten mit. Avsar und seine Kollegen haben sie in Seminaren angeworben.

Um dem Projekt den nötigen Ernst zu geben, hat Avsar die Teilprojekte ausgeschrieben. „Es gab ein Bewerbungsverfahren, in dem die Studenten begründen mussten, was sie an der Aufgabe reizt und warum sie sich die Lösung zutrauen“, erklärt er. Das ist viel verlangt. Zwar versucht das Institut, die Arbeit so weit wie möglich in den Lehrplan zu integrieren. Doch die Studenten investieren viel Freizeit. Je näher das Finale rückt, desto länger werden ihre Tage.

Avsar führt das Projekt mit ruhiger Hand. Er diskutiert technische Lösungsansätze und muntert auf. Aber er fordert auch. Die studentischen Konstrukteure, Elektronik- und Softwareentwickler müssen Termine zusagen – und einhalten. Zusätzlich müssen sie ihre Ansätze in regelmäßigen Reviews zur Diskussion stellen. „Wir arbeiten mit Routinen und Methoden der Raumfahrtindustrie. Das kostet Zeit. Aber die Studenten haben schnell erkannt, dass es dem Projekt gut tut, sich gegenseitig auf dem neuesten Stand zu halten“, so Avsar.

Marc Lehmann bestätigt das. Meist ist er mit Lötcolben in der Hand anzutreffen. So auch an diesem Montag im Oktober. Seit elf Uhr ist er da. „Eigentlich wollte ich nur ein Kabel anlöten“, sagt er



Der Roboter SEAR nimmt die Sonne ins Visier. Nach dem irdischen Testlauf in Berlin gingen bei ihm aber die Lichter aus. Die Fehlersuche läuft noch. Foto (S): P. Trechow

und schaut aus dem Fenster. Es ist längst dunkel. Jetzt im Semester frisst das Projekt jede freie Minute. Lehmann hat große Teile der Elektronikentwicklung übernommen. „Wir haben die meisten Komponenten gekauft um die Elektronik so einfach wie möglich zu halten“, sagt er bescheiden. Dabei hat SEAR sehr wohl auch selbst gebaute Relais-Steuern und Mikrocontroller an Bord.

Seit Wochen befasst sich der frühere Hobbyelektroniker mit kaum etwas anderem als der Verkabelung von Sensoren, Antrieben und den Rechnern des Rovers. Den Zeitaufwand für die Reviews mit den Software-Entwicklern und Konstrukteuren nimmt Lehmann dennoch gern in Kauf. Nicht nur, weil er beim Einblick in deren Arbeit lernt. Sondern weil dieser Austausch zwischen den Teilprojekten aus seiner Sicht die Achillesferse des Projekts ist. „Wir brauchten von den Software- und Komponenten-Entwicklern exakte Angaben darüber, wie viel Strom und welche Rechnerleistung sie benötigen. Die Konstrukteure brauchten Maße und Gewichte der Batterien und Netzteile. Und die Software-Leute haben nach Sensoren und Antrieben gefragt, die sie steuern müssen“, berichtet er. Bei über 20 Beteiligten nicht aneinander vorbei zu planen, sei eine echte Herausforderung. „Die Reviews haben jedem Einzelnen geholfen, sich in die anderen Teilprojekte hinein zu denken und stets den Überblick zu behalten“, so Lehmann.

Der Roboter muss ohne GPS navigieren. Mehr als eine grobe Landkarte hat er nicht.

Ende Oktober: SEAR läuft mittlerweile stabil. An einem Sonntagmorgen soll er auf einer Motocrossstrecke im Norden Berlins zeigen, was er kann. Routiniert spult der Rover seine Manöver auf durchnässtem Sand und Laub ab. Kinder auf Fahrrädern bestaunen die futuristische Fahrstunde. Langsam und kraftvoll zieht ihn der achtfache Radnabenantrieb steile Rampen hinauf, über die sonst Motocross-Maschinen hüpfen.

Nach der Rückkehr ins Institut der Gau. Nichts geht mehr. Der Greifarm streikt. Alle Antriebe stehen still. Die WLAN-Verbindung zum Kontrollraum neben dem Sandparcours ist unterbrochen. Nach und nach demontieren die Studenten den gesamten Roboter. Software-Entwickler Philip von Keiser nimmt einen Servomotor auseinander. Der Antrieb des Carbonarms gilt als dringend verdächtig. Doch es gelingt, ihn in Gang zu setzen. Die Störung bleibt. Der Verdacht fällt auf das Mainboard des Zentralrechners. Spannungspeaks, elektrostatische Aufladung oder Kriechstrom können es ramponiert haben. Das Team geht alle Optionen durch. Fieberhaft durchforstet ein Dutzend Augenpaare seitenlange Codes auf den Bildschirmen. Fehler finden sie nicht.

„Der Zentralrechner schaltet sich ständig aus“, berichtet ein hörbar genervter Sascha Kapitola. Mit Hingabe betreut er das Software-System des Rovers. Er ist eigentlich immer am Testparcours anzutreffen, ist Ansprechpartner aller Software-Teilprojekte. Die Software ist das Rückgrat des Roboters. „Würden wir versuchen, Algorithmen zur Bilderkennung in Hardware abzubilden, dann würde es sehr komplex und teuer“, so Kapitola. Dagegen lasse sich Software zügig anpassen und alles, was das Team

Dagegen sind die Sinne des Roboters – zwei Kinect-Sensoren von Microsofts Xbox – im ROS vorgesehen. Per Infrarotsensorik und 3-D-Kamera orientiert sich SEAR und hält ständig Ausschau nach interessanten Objekten.

Alle Teams erhalten beim Cup eine grobe digitale Umgebungskarte mit Höhenprofil. Darin müssen ihre Roboter ohne GPS navigieren. Die Berliner setzen auf „visuelle Odometrie“: SEAR liest Spuren im Sand. Der Rover misst Abstände zu auffälligen Bodenmustern oder Steinchen und kartiert diese „Meilensteine“. So schafft er sich ein Referenzsystem. Beim Fahren peilt er die Meilensteine ständig an. Dadurch kann er errechnen, wie weit er sich in welche Richtung bewegt hat. Für die nötige Genauigkeit und vor allem für die Greifaufgaben im Wettbewerb hat das Team den ab Werk einprogrammierten Mindestabstand von 80 cm zur Kinect-Linse ausgehebelt. SEAR sieht ab 40 cm klar.

Wenn er denn klar sieht. Die Fehlersuche nach der Fehlerursache läuft nun schon seit Tagen auf Hochtouren. In neun Tagen müssen die Studenten mit ihrem Roboter nach Rheinbreitbach bei Bonn aufbrechen. Kapitola nimmt sich trotz Zeitdruck Zeit, um die SEAR-Software-Architektur zu erläutern. „Sie hat drei Schichten“, sagt er. Auf der untersten Ebene laufen die Hardware-Treiber; also die Kommunikation mit Sensoren, Greifarm, Radnabenmotoren, Rechner und Funkmodul. Auf der nächsten Schicht wickelt die Software Teilaufgaben ab. „Zum Beispiel die Kartenerstellung anhand der Sensordaten oder das Anfahren und Greifen der Objekte“, erläutert er. Auf der obersten Schicht fließen alle Prozesse zusammen. Hier will das Team dem Roboter seine Wettbewerbsstrategie implementieren.

Die Zeit läuft unerbittlich. Die Aufgabenplanung kommt wegen der Störung nicht voran. Doch SEAR muss wissen, wann er im 60-minütigen Wettbewerbslauf welche Aufgaben erfüllen soll. Zumindest eine gute Nachricht bringt der Tag. Enrico Nowak hat in Dutzenden Versuchen das Feintuning der

Greifarm-Steuerung so optimiert, dass dieser das Wasserglas sicher greift und in die dafür vorgesehene Halterung stellt. Das Team hat die individuelle Halterung wie auch den Greifer mit einem 3-D-Drucker direkt aus den Konstruktionsdaten fließen lassen.

Bisher hatte die Software allerdings Slapstick-Sequenzen verursacht. Mal griff der Roboter über, mal neben den blauen Glasdummy. Und als er ihn dann zu packen bekam, hob er ihn an und ließ ihn nach reiflicher Überlegung plumpsen. Beim Cup darf er sich das nicht erlauben. Jeder verschüttete Schluck gibt Punktabzüge.

In weiser Voraussicht hat das Team den Glasdummy besorgt. Zwar bringen Scherben Glück, doch beim SpaceBot Cup wollen sich die Studenten auf ihr Können verlassen. Acht Tage und Nächte bleiben, um SEAR doch noch fit zu machen. Kapitola bleibt trotz allem zuversichtlich: „Es bleibt spannend bis zum Schluss. Aber wenn wir die Probleme lösen, dann haben wir einen richtig guten Roboter am Start.“ PETER TRECHOW



Bergungsmission: SEAR muss im Wettbewerb ein Wasserglas einsammeln. Trainiert wird mit einem Kunststoffdummy.

Auf zum SpaceBot Cup



Mars on Earth: In der 1. Etage der Uni schüttert das SEAR-Team 10 t Sand auf, um eine fiktive Landezone zu formen.



60 kg bringt SEAR auf die Waage. Die Fahrwerkskonstrukteure Marcus Meuser (li.) und Alexander Jütz stellen den Roboter ins Übungsgelände.



Die Softwareexperten Mario Starke (re.) und Sascha Kapitola (li.) überwachen ihren Rover.

Montag und Dienstag kommender Woche (11./12. November) wird sich die Supercrosshalle am Rolandsecker Weg in Rheinbreitbach bei Bonn in eine Marslandschaft verwandeln.

► Zehn größtenteils universitäre Teams ringen mit autonomen Erkundungsrobotern Marke Eigenbau um den Sieg beim DLR SpaceBot Cup. Die maximal 100 kg schweren Roboter bekommen Aufgaben, die sich an Explorations-Szenarien auf Planetenoberflächen orientieren. Es gilt, in schwierigem, hügeligem Gelände drei definierte Objekte zu finden, identifizieren und bergen.

► Bei den einstündigen Wettbewerbsläufen dürfen die Teams nicht in Richtung ihrer Roboter kommunizieren, aber zeitverzögert Daten von deren Bordrechnern empfangen. Anhand dieser Daten dürfen sie in fünfminütigen „Check-Points“ ihr System nachjustieren und modifizieren. Ansonsten sind die Roboter in den Läufen komplett auf sich gestellt. GPS-Orientierung ist Tabu.

► Der nationale Roboterwettbewerb wird erstmalig vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie ausgetragen. Zuschauer sind willkommen und haben freien Eintritt. Eine Anmeldung im Internet ist erwünscht.

► <http://registrierung.cdonline.de/spacebotcup2013/>

Microsoft



DIE MALTESER NUTZEN OFFICE 365

Hilfe im Notfall muss gut organisiert sein – insbesondere mit 24.000 hauptamtlichen und weiteren 48.000 ehrenamtlichen Mitarbeitern. Deshalb hat sich der Malteser Hilfsdienst für Office 365 entschieden. Damit können auch im Not- oder Katastrophenfall alle Mitarbeiter überall und mit allen Geräten miteinander kommunizieren und auf alle benötigten Informationen zugreifen. Das koordinierte Miteinander spart Zeit, die denen zugutekommt, die sie am dringendsten brauchen – weil Nähe zählt.

OFFICE.COM/KUNDENREFERENZEN

Office 365