



Der vom DLR entwickelte Roboterarm Caesar übernimmt auf der Außenseite der ISS auch Serviceaufgaben für wissenschaftliche und technische Experimente.

Bild: DLR

Keine Odyssee IM WELTRAUM

Rund 400 Kilometer über der Erde werden Dünnringlager von Rodriguez im Roboter Caesar auf der Außenseite an der Internationalen Raumstation ihren Dienst verrichten. Das DLR hat den drei Meter langen Roboterarm mit sieben Gelenken für vielfältige Aufgaben in der Schwerelosigkeit entwickelt und griff dabei auf Erfahrungen früherer Projekte zurück. > von Nicole Dahlen

Der 60 Kilogramm schwere Roboter Caesar (Compliant Assistance and Exploration SpAce Robot) wird in die Schwerelosigkeit zur ISS transportiert und dort in 400 Kilometern Höhe über der Erdoberfläche installiert. Hier wird der faltbare und extrem bewegliche Roboterarm künftig arbeiten und sich um taumelnde oder nicht kooperative Satelliten kümmern, sie greifen und stabilisieren. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Entwickler von Caesar, greift dabei auf seine Erfahrungen mit Robotern im Weltraum zurück.

Mit dem Projekt Rokviss (Robotic Components Verification on the ISS) war von 2005 bis 2010 bereits ein Roboter vom DLR an der ISS im Einsatz. In den Gelenken des Roboters sorgten Kaydon-Dünnringschräglager von Rodriguez für reibungslose Bewegungen. „Die Lager sind im Weltraum über Jahre bewährt“, bekräftigt Erich Krämer vom DLR-Institut für Robotik und Mechatronik in Oberpfaffenhofen, das

im On-Orbit Servicing Projekt Deos (Deutsche Orbitale Servicing-Mission) seine Entwicklungen stetig weiterführt. „Hohe Belastbarkeit, Zuverlässigkeit und eben die Erfahrung im Weltraumeinsatz waren entscheidende Argumente für die Dünnringlager, die Rodriguez im Programm hat“, ergänzt Krämer.

Auf Erfahrungen zurückgreifen

Für das weltraumqualifizierte Robotersystem Caesar konnten die Forscher auf zahlreiche Erfahrungen beim Projekt Rokviss zurückgreifen, bei dem der Roboter zum Teil von der Erde aus gesteuert wurde. „Wir haben bei Rokviss getestet, wie präzise sich der Roboterarm mit einem Joystick mit sogenannter Krafrückmeldung an der ISS steuern lässt. Dabei spürt der Bediener am Boden die Kraft, mit der der Roboter im Weltraum gegen seine Umgebung drückt“, erklärt Rokviss-DLR-Projektleiter Klaus Landzettel. Der Prototyp des Weltraumroboterarms wurde 2011 mit einer Sojus-

Kapsel zurück auf die Erde gebracht und diente den Wissenschaftlern mit seinen Daten über den Verschleißzustand als Grundlage für den Bau des neuen Modells.

Caesar ist nun die Fortführung der kraft- und drehmomentgeregelten Robotersysteme des DLR und das Weltraumpendant zu den gegenwärtigen Servicerobotern, die in der Fertigung und für Mensch-Roboter-Kooperationen eingesetzt werden. Die neue Robotergeneration vereint innovative Elektronik und Mechanik. So verfügt der Roboter über sieben Freiheitsgrade. Diese Anzahl frei wählbarer Bewegungsmöglichkeiten entspricht dadurch der des menschlichen Arms, was ihm gegenüber Standardrobotern eine höhere Flexibilität verleiht. Basis des für Erkundung und As-





Kaydon-Dünnringlager von Rodriguez haben schon im Roboterarm Rokviss ihre Leistungsfähigkeit bewiesen und wurden nun auch in Caesar verbaut.

Bild: Rodriguez

sistenz im Weltraum entwickelten Roboters ist der Leichtbaurobter III, der 2003 vom Institut entwickelt und 2004 an den Roboterhersteller Kuka lizenziert wurde.

Reibungslose Bewegungs- und Kraftregelung

Caesar kann semi-autonom, teleoperiert oder mit Telepräsenz und Krafrückkopplung betrieben werden. Die Impedanzregelung lässt die Gelenke des Arms nachgiebig bleiben und verhindert Beschädigung an den Objekten. Die eingebaute Drehmomentsensorik stellt ungewollten Kontakt mit der Umgebung fest und ermöglicht entsprechende Reaktionen, was vor allem in der Zusammenarbeit mit Astronauten ein wesentliches Sicherheitsmerkmal darstellt. Da es keine Schwerkraftbelastung im Raum gibt, haben alle Verbindungen die gleiche Drehmomentfähigkeit.

Für die reibungslose Bewegungs- und Kraftregelung sorgen schnelle Regelkreise in den Gelenken und ein Hochgeschwindigkeits-Echtzeit-Kommunikationsbus, der die

Gelenke mit der Robot Control Unit (RCU) verbindet. Die Verbindungsstruktur sieht eine Hohlwelle vor, um eine interne Verkabelung zu ermöglichen. „Die Gelenke bestehen jeweils aus einem Synchronmotor mit Kommutierungssensor, einem harmonischen Antriebszahnrad und Schräglagern, dem Drehmomentsensor und einem gemeinsamen Positionssensor“, erklärt Robotikspezialist Krämer. Ausgewählt haben die DLR-Ingenieure Dünnring-schräggugellager, die sowohl Radial- als auch Axialkräfte effizient aufnehmen können und dabei raumsparend sind. „Die Reali-Slim-Serie, der die hier verwendeten Dünnringlager entstammen, besteht unter härtesten Einsatzbedingungen“, bestätigt Ulrich Schroth, Product Manager bei Rodriguez. „Sie bieten kompaktes Design, hohe Genauigkeit und sind ideal für solch anspruchsvolle Anwendungen.“

Dauergast im Orbit

Da in Zukunft die meisten Dienstleistungen für geostationäre Satelliten erbracht werden, sind die Strahlungshärte und die Lebensdauer von Caesar auf fünfzehn Jahre Betrieb im geostationären Orbit kalkuliert. Der gesamte Roboter ist für Temperaturen zwischen -20° Grad Celsius bis +60° Grad Celsius ausgelegt. Geplant ist, dieses System auch für weitere Anforderungen zu bauen. Dazu muss es an verschiedene Träger, Satelliten oder Raumfahrzeuge angepasst werden können. Produktion und Qualifizierung des Systems müssen effizient und genau sein, um den wirtschaftlichen Erfolg zu ermöglichen. „Falls ein Technologietransfer des Caesar Weltraumroboters an einen Industriepartner zustande kommt, wird es sicher auch mit Rodriguez zu weiterer Zusammenarbeit kommen“, resümiert Krämer. **CD** ◀

Für die Entwicklung des Roboterarms Caesar griff das DLR auf seine Erfahrungen mit Rokviss zurück, dem fünf Jahre im All tätigen Vorgängermodell.

Bild: DLR



Nicole Dahlen ist Geschäftsführerin Vertrieb, Marketing und Organisation bei Rodriguez.