

Bild 1 Der Roboterarm CAESAR wurde vom DLR entwickelt und dient auf der Außenseite der ISS dazu, Serviceaufgaben für wissenschaftliche und technische Experimenten zu übernehmen. Bild: DLR

Dünnringlager des Herstellers Rodriguez schaffen es bis in den Weltraum

Schwerelos und gut gelagert

Viele Experimente, aber keine in puncto Sicherheit: Dass die Systeme der Internationalen Raumstation vor allem im Außeneinsatz reibungslos funktionieren, ist überlebenswichtig für Astronauten. Der für die Zusammenarbeit mit dem Menschen ausgelegte CAESAR – Compliant Assistance and Exploration SpAce Robot – wurde deswegen mit Dünnringlagern von Rodriguez ausgestattet.

TEXT: Nicole Dahlen

CAESAR ist vor allem ein Arm. Drei Meter lang und mit sieben Gelenken so wendig wie sein menschliches Pendant, dabei aber weitestgehend anspruchslos ob der widrigen Bedingungen angesichts des Vakuums und der Schwerelosigkeit. Die Aufgaben des Assistenzroboters sind Unterstützung und Durchführung wissenschaftlicher und kommerzieller Experimente in der Schwerelosigkeit. Der 60 kg schwere Roboter wird in die Schwerelosigkeit der ISS transportiert und dort in 400 km Höhe über der Erdoberfläche installiert. Hier wird der faltbare und extrem bewegliche Roboterarm künftig arbeiten und sich um taumelnde

„Die Gelenke bestehen jeweils aus einem Synchronmotor mit Kommutierungssensor, einem harmonischen Antriebszahnrad und Schräglagern, dem Drehmomentsensor und einem gemeinsamen Positionssensor.“

oder nicht kooperative Satelliten kümmern, sie greifen und stabilisieren.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Entwickler von CAESAR, kann auf ausgezeichnete Erfahrungen mit Robotern im Weltraum zurückgreifen. 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-Dünnringschräggelager von Rodriguez erfolgreich 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 seine Entwicklungen stetig weiter führt. „Hohe Belastbarkeit, Zuverlässigkeit und ▶

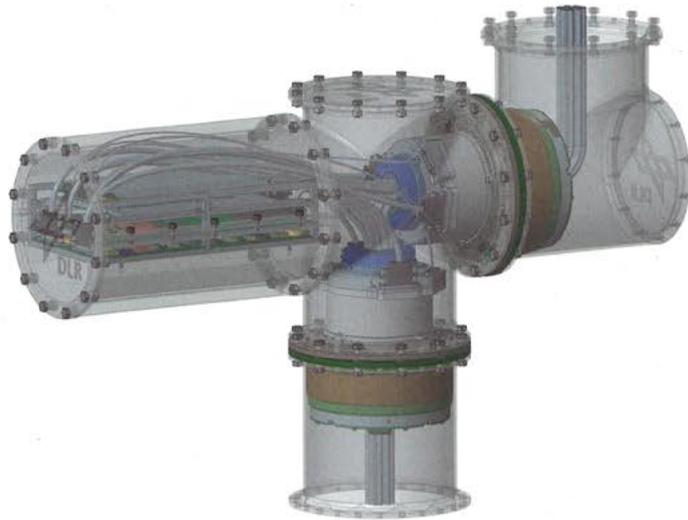


Bild 2 Jede Gelenkverbindung an CAESAR wiegt etwa 3 kg und hat ein Ausgangsdrehmoment von 80 Nm bei maximal 10 %/s.

Bild: DLR

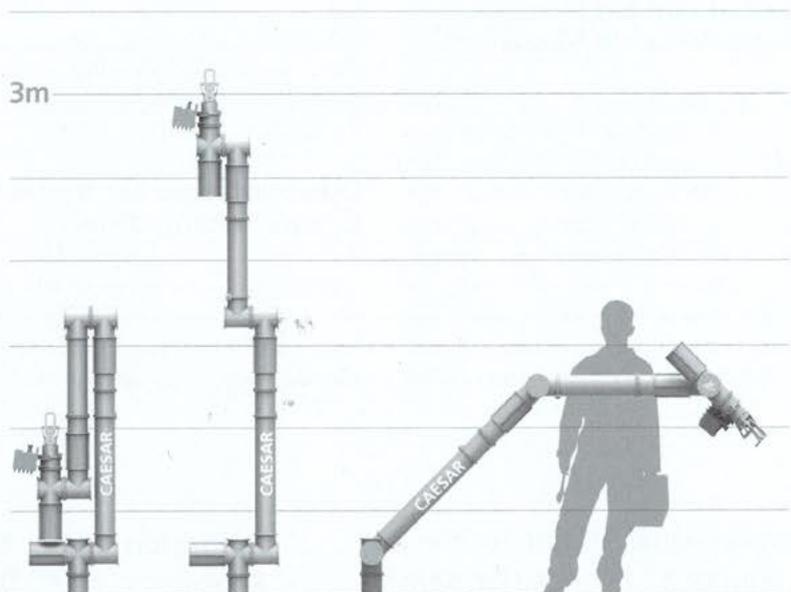


Bild 3 CAESAR kann sich bis auf eine Länge von 3 m entfalten. Kompakt zusammengeklappt passt er problemlos in einen Wartungssatelliten.

Bild: DLR



Bild 4 Für die Entwicklung des Roboterarms konnte das DLR auf seine Erfahrungen mit ROKVISS, dem fünf Jahre im All tätigen Vorgängermodell, zurückgreifen. *Bild: DLR*

eben die Erfahrung im Weltraumeinsatz waren entscheidende Argumente für die Dünnringlager, die Rodriguez im Programm hat.“

Flexibel wie ein Mensch, robust wie eine Maschine

Für CAESAR konnten die Forscher auf die zahlreichen Erfahrungen mit ROKVISS zurückgreifen, der zum Teil von der Erde aus gesteuert wurde. „Wir haben bei ROKVISS getestet, wie präzise sich der Roboterarm mit einem Joystick mit so genannter 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-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 Weltraum-Pendant zu den gegenwärtigen Service-robotern, 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 Assistenz im Weltraum entwickelten Roboters ist der Leichtbauroboter III, der 2003 vom Institut entwickelt und an den weltweit führenden Roboterhersteller KU-KA transferiert wurde.

Dünnringlager für härteste Einsatzbedingungen

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 Erich Krämer vom DLR. Ausgewählt wurden Dünnringschräglager, die besonders effizient sowohl Radial- als auch Axialkräfte aufnehmen können und dabei besonders 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.“

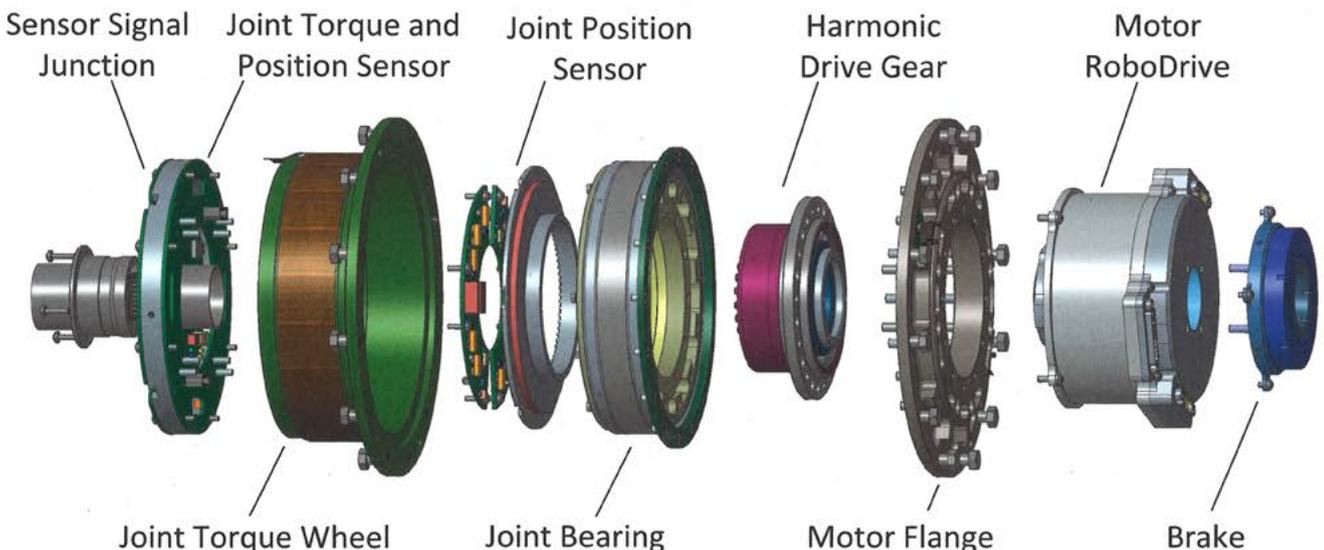


Bild 5 Der Schlüssel zur hohen Leistungsfähigkeit von CAESAR sind seine sieben intelligenten impedanz- und lagegeregelten Gelenke. Rodriguez lieferte dazu die Dünnringlager von Kaydon. *Bild: DLR*

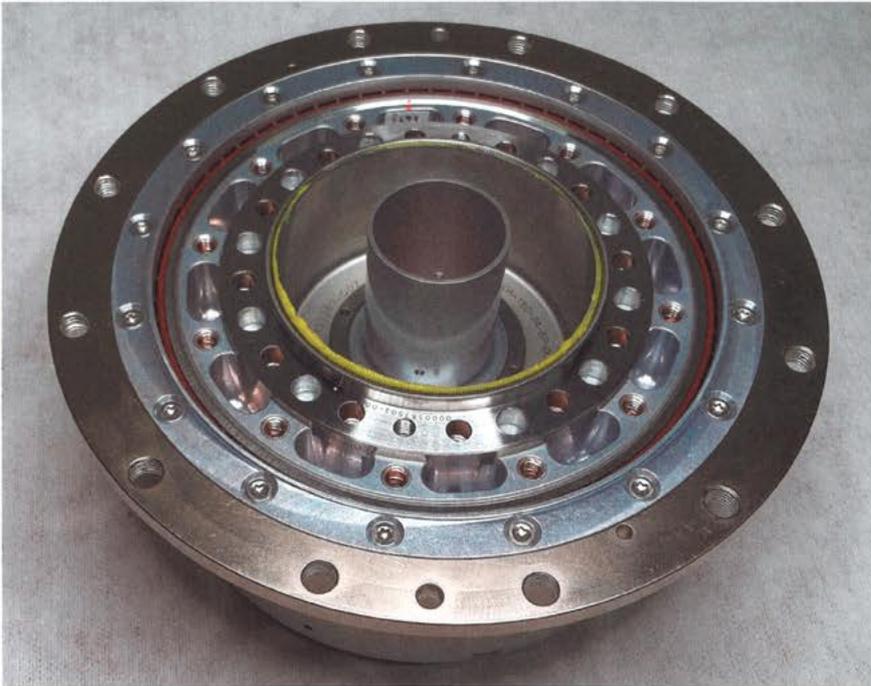


Bild 7 Ein strukturell integrierter Drehmomentsensor in den Gelenken liefert Drehmomentwerte frei von Reibungseinflüssen in den Lagern oder im Getriebe.

Bild: DLR



Bild 8 Kaydon-Dünnringlager von Rodriguez bewiesen schon im Roboterarm ROKVISS erfolgreich ihre Leistungsfähigkeit und wurden nun erneut verbaut.

Bild: Rodriguez

Test im Orbit, Wissenstransfer auf die Erde

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 °C bis +60 °C ausgelegt. Geplant ist, dieses System auch für weitere Anforderungen zu bauen. Dazu muss es an verschiedene Träger, Satelliten oder Raumfahrzeuge angepasst werden können. Die Produktion und Qualifizierung des Systems muss effizient und genau sein, um den wirtschaftlichen Erfolg zu ermöglichen. „Falls ein Technologietransfer des CAESAR Weltraumroboters an

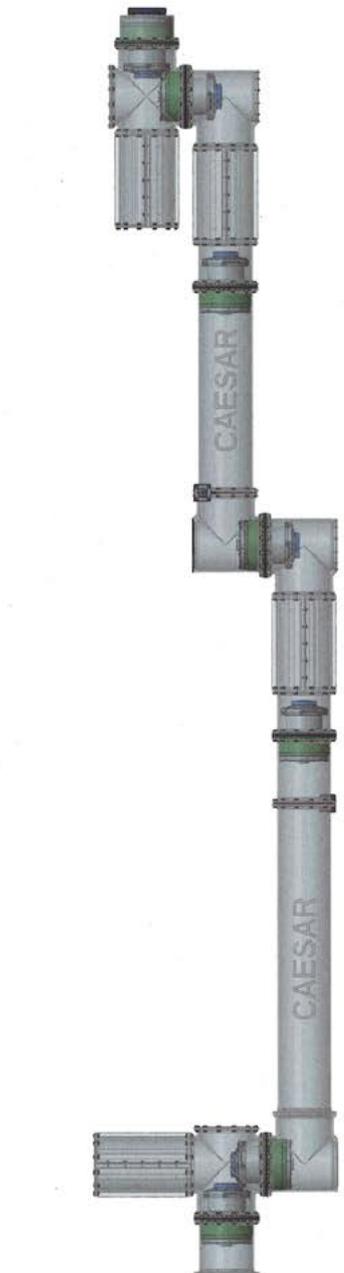


Bild 6 Mit seinen sieben Gelenken ist CAESAR so wendig und beweglich wie ein menschlicher Arm.

Bild: DLR

einen Industriepartner zustande kommt, wird es sicher auch mit Rodriguez zu weiterer Zusammenarbeit kommen“, resümiert Erich Krämer. ■

Nicole Dahlen

Geschäftsführerin Vertrieb, Marketing und Organisation bei der Rodriguez GmbH