



## Der Sonne ganz nahe

FANUC-ROBOTER ALS MESSGERÄT BEI WENDELSTEIN 7X

Was die Sonne kann, sollte ein Fusionsreaktor auch können: Wasserstoffkerne verschmelzen und Energie freisetzen. Technisch beherrscht, könnte das die Energieversorgung der Zukunft sein. Und ein kleiner gelber Roboter ist dabei, wenn die Vision in technische Realität umgesetzt wird. Wobei der LR Mate von Fanuc Robotics am Projekt Wendelstein 7X in Greifswald weniger der Produktivität als vielmehr der Präzision dient.

Weltweit sind Institute und Institutionen dabei, Fusionsreaktoren zu bauen oder zu testen. Wenn „Wendelstein 7X“ im Jahr 2014 in den ersten heißen Test geht, wird es der weltweit größte Stellarator seiner Art sein. Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, betreibt innerhalb der Helmholtz-Gesellschaft die Stellarator-Forschung und baut auch Wendelstein 7X. Alle fünf Module sind bereits montiert und befinden sich auf dem Maschinenfundament. Die Plasmagefäßsektoren kommen von MAN Turbo & Diesel, ehemals Deggendorfer Werft. Dort wurden die insgesamt 200 Ringe für das Plasmagefäß gefertigt.

An den Innenwänden des Reaktorgefäßes werden pro Modul etwa 1.200 Bolzen und Halterungen angeschweißt, insgesamt also 6.000 Elemente. Die Bolzen dienen hauptsächlich als Halterungen für die Einbauten im Plasmagefäß.

In der Röhre herrscht Schutzhelm-Pflicht. Einzig

geduldete Ausnahme ist der Fanuc-Roboter LR Mate 200iC. Die kompakte Bauform war eines der wichtigen Auswahlkriterien. Nicht nur, dass es in der Röhre eng zugeht, sondern der Roboter sollte auch durch das Mannloch passen. Im Verhältnis zu seiner Reichweite ist der Roboter sehr kompakt und leicht. Michael Czerwinski, am IPP zuständig für Komponenten im Plasmagefäß: „Der Fanuc Roboter bot uns die Möglichkeit einer maßgeschneiderten Applikation. In der Summe der Eigenschaften war uns das von anderen Herstellern nicht angeboten worden.“

Einen nachhaltigen Beitrag für den Erfolg des Projektes lieferte die RST Rostock System-Technik GmbH. Besondere Herausforderung war es, die geforderte Genauigkeit zu erreichen. Uwe Fichtner, Systemingenieur bei RST, musste sich intensiv mit dem Unterschied von Positionier- und Wiederholgenauigkeit auseinandersetzen. Denn für das Projekt in seiner Einzigartigkeit gab es keinerlei Vorlagen. Hartnäckig fragte Fichtner einen um den anderen Hersteller nach Positioniergenauigkeiten der unterschiedlichen Roboter. Doch was im Industrialltag noch tolerabel ist, war für die Aufgabe in der Plasmaröhre nicht einmal annähernd ausreichend. Fichtner: „Wir mussten einen Weg zur Kalibrierung finden, die das Potenzial des Roboters nutzt, aber eben um den Faktor 10 verbessert.“ Unbürokratische Hilfe bekam RST vom Rostocker

Fraunhofer-Institut IPA. Von der Crew um Prof. Martin-Christoph Wanner habe man entscheidende Hinweise und Know-how zur Schaffung der Kalibriervoraussetzungen bekommen. Jetzt hat man die Gewissheit, dass die gewünschte Position mit einer maximalen Abweichung von 0,5 mm angefahren wird, jedenfalls im Arbeitsbereich mit kleinen Lasten. Meist ist der Roboter noch besser. Der Aufwand der Kalibrierung hat also zu einem Roboter geführt, der absolut genau positioniert. Übliche Angaben über Genauigkeiten bei Robotern geben lediglich Mittelwerte aus einer Vielzahl von Messungen an. Fichtner ließ von Kalibrierspezialisten alle relevanten Parameter ermitteln. In die Kalibrierung flossen dabei auch Elastizitäten ein, wie sie jedes Getriebe aufweist. Mit dem Ergebnis, „dass wir jetzt richtig gut liegen mit der Genauigkeit des Roboters“, wie Uwe Fichtner weiß.

### Exakt im Koordinatensystem platziert

Die Arbeitsvorbereitung für den Roboter sieht so aus, dass in der Röhre manuell eine Haltevorrichtung für den Roboter montiert wird. Die Genauigkeit dieses Podestes ist kaum relevant, solange sie stabil ist. Darauf wird der Roboter platziert. Sobald der Roboter seinen festen Standplatz hat, kann der LR Mate loslegen. Richtig stabil und in sich steif muss der Roboter stehen, denn davon hängt auch die spätere Genauigkeit der Arbeit ab.

Über Messmarken misst sich der Roboter ein. Dazu werden die Messmarken, die definierte Sollkoordinaten haben, angefahren. Über sein internes Koordinatensystem erfolgt via Robotersteuerung eine mathematische Transformation. Das Ergebnis

ist im Idealfall die Deckungsgleichheit, also ein einheitliches Koordinatensystem. Nun fährt der Roboter so viele Messstellen an, dass seine Position im mathematischen Sinn überbestimmt ist. Uwe Fichtner: „Aus dieser Überbestimmung lassen sich bestimmte Messfehler ermitteln, die wir wiederum zur Korrektur der exakten Position nutzen.“ Hat der Roboter sein „Zielgebiet“ erreicht, tritt der Kraft-Momenten-Sensor FS-10zA in Funktion.

Der Bediener positioniert die Messspitze des Roboters über der Passbohrung. Das Einfädeln, das wirklich mittig mit einer definierten Andruckkraft geschieht, übernimmt der Roboter mit dem Sensor in Eigenregie. Vorgegeben waren zunächst nur Messmarken an den Innenwänden des Reaktormoduls. RST hat sich im Verlaufe der Entwicklung entschieden, die Aufgabe mit einer Passung zu lösen. „Erst mit dieser Kombination haben wir die Genauigkeit beim Einmessen erzielt“, sagt Fichtner. Mit den Koordinaten der einzelnen Messpunkte wird in der Robotersteuerung das externe mit dem internen Koordinatensystem abgeglichen. Dann weiß der Roboter, wo er sich genau befindet. Was dann kommt, ist relativ einfach für den Roboter, jedenfalls sieht es so aus. Die anzuschweißenden Bolzen oder andere Funktionselemente hält der Roboter ganz exakt, bis manuell geschweißt ist. Damit es nicht zu einfach wird, gibt es unterschiedliche Modi, die Teile im Raum zu positionieren, je nachdem, ob es sich um rotationssymmetrische Teile handelt oder nicht. Nach dem Schweißen werden die realen Parameter der Position wieder an die Steuerung gemeldet, damit diese in den technischen Unterlagen nachgepflegt werden können. ■



## STICHWORT „RST ASTRIMUM“

Seit 2000 ist die RST ein Tochterunternehmen von Europas größtem Luft- und Raumfahrtkonzern EADS und gehört mit 16 weiteren Unternehmen zur Astrium-Gruppe. Mit 135 Mitarbeitern erarbeitet die in Warnemünde ansässige RST Rostock System-Technik individuelle Lösungen auf höchstem Ingenieurniveau für internationale Kunden aus der Luft- und Raumfahrt sowie Industrie. Wo andere Unternehmen bodenständige Arbeitsgebiete angeben, steht bei RST schlicht: Luft, Raum, Erde.

[www.rst-rostock.de](http://www.rst-rostock.de)  
0381 56556