

VOM PRÜFSTAND IN DEN ORBIT

Als erstes studentisches Team in Europa will WARR eine Hybridrakete mit einem kryogenen Motor entwickeln. Derzeit testen die Forscher das Versorgungssystem der Brennkammer und werden dabei von Rodriguez mit Profilschienen und Präzisionslaufwagen unterstützt. » VON NICOLE DAHLEN

Die Wissenschaftliche Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik und Raumfahrt, kurz WARR, ist eine deutsche Studentengruppe, die sich mit verschiedenen Themen der Raumfahrt beschäftigt. Die Abteilung Raketentechnik entwickelt seit 1966 Hybridantriebe und setzt sie in Höhenforschungsraketen um. Das Projekt Cryosphere ist ihr jüngstes Vorhaben. Das Projekt, an dem die Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik der TU München beteiligt ist, befasst sich mit dem Entwurf, Bau und Start einer kryogen angetriebenen Rakete, die eine Flughöhe von 35 Kilometern und eine Geschwindigkeit von Mach > 3 erreichen soll. Die Studenten wollen mit den Raketen den aktuellen europäischen Amateur-Höhenrekord brechen, der aktuell bei 32,1 Kilometern liegt. Die Treibstoffe der einstufigen Rakete sind flüssiger Sauerstoff und fester HTPB-Kunststoff.

Raketen-Brennkammer im Test

„Es handelt sich um die erste Hybridrakete mit einem kryogenen Motor in Europa, die vollständig von Studenten entwickelt wird“, sagt Matthias Bode, Leiter der Raketentechnik bei WARR. Das Projekt befindet sich auf der Zielgeraden: Im Rahmen des Stern-Programms, welches das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betreut, haben die jungen Forscher ein Fullscale-Triebwerk gebaut und im Dezember 2017 erfolgreich am DLR-Standort Lampoldshausen getestet. „Die Entwicklung der Rakete ist zum aktuellen Zeitpunkt effektiv abgeschlossen“, schildert Bode. „Die Flughardware ist

weitgehend fertiggestellt und validiert. Im Laufe des nächsten Halbjahres müssen wir nur noch einige wenige Teile bauen beziehungsweise testen, unter anderem die Brennkammer.“

Auf die Mischung kommt es an

Derzeit testet WARR das Versorgungssystem für die Brennkammer der Ex-3-Rakete. Zwei wichtige Leistungsmaße dabei sind die Menge an Oxidator im Tank sowie der Massenstrom des Oxidators während des Betriebs der Brennkammer. „Wir bauen Hybrid-Raketen. Das bedeutet, dass wir einen festen Treibstoff in unserer Brennkammer lagern und aus einem weiteren Tank einen flüssigen Oxidator einspritzen“, erläutert Bode. „Wir verwenden dafür Flüssig-

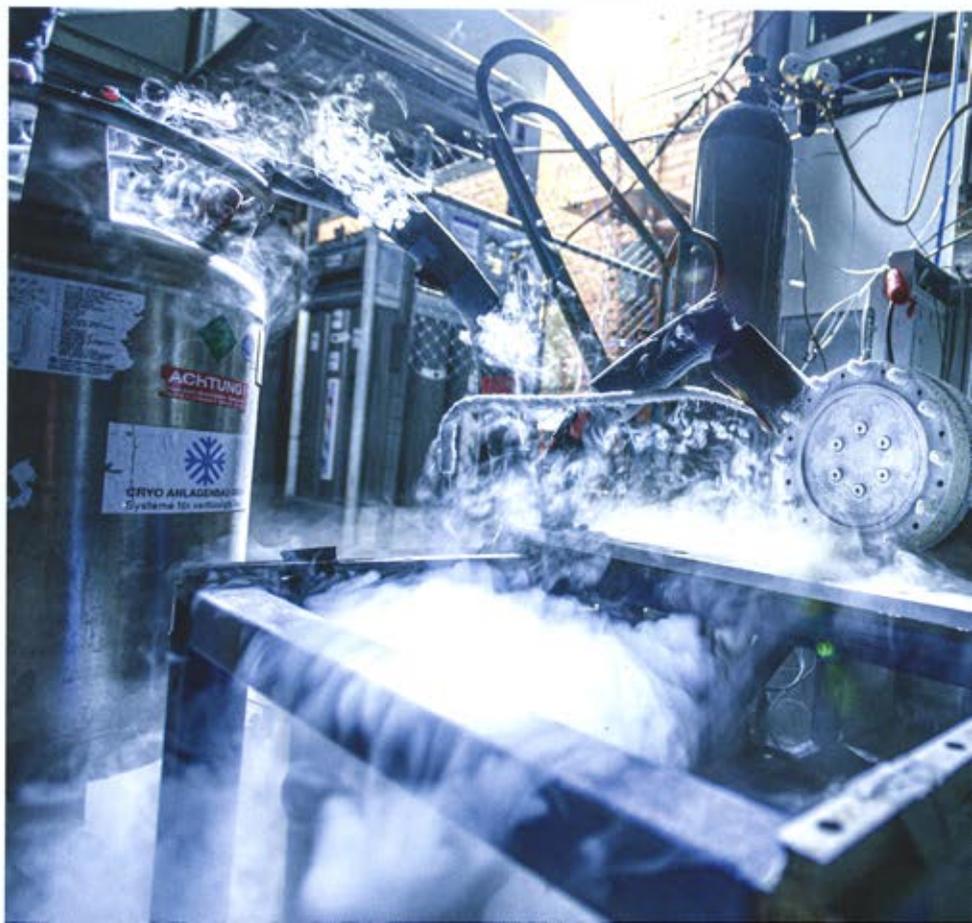
sauerstoff bei kryogenen Temperaturen von -180°C . In der Brennkammer wird die Kombination erhitzt, vermischt und verbrannt.“ So werden Gase mit 2.000 m/s (7.600 km/h) erzeugt, die den Schub der Rakete generieren. Um eine ideale Verbrennung zu erreichen, müssen die Forscher das Mischungsverhältnis sowie den idealen Druck der Brennkammer klar definieren und eine optimale Steuerung des Vorgangs im realen Betrieb gewährleisten.

Lineartechnik für die präzise Messung

Um eine genaue Massenmessung zu ermöglichen, wird das Versorgungssystem vertikal verschiebbar gelagert und auf einer Waage abgestützt. Für diesen Zweck bezog die WARR Raketentechnik Profilschienen und Präzisionslaufwagen bei Rodriguez aus Eschweiler. „Für unsere Anwendung benötigten wir eine steife und präzise Lagerung unseres Versorgungs-

» **DIE STEIFIGKEIT DES SYSTEMS HAT DIE INBETRIEBNAHME VEREINFACHT UND DIE GENAUIGKEIT UND PRÄZISION DER MESSUNGEN DEUTLICH VERBESSERT.**«

MATTHIAS BODE,
LEITER DER RAKETENTECHNIK BEI WARR.



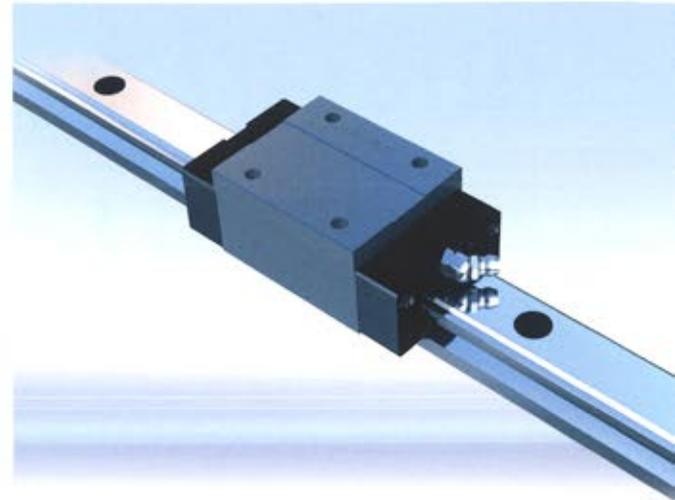
Im Prüfstand für die Tests des Versorgungssystems der Brennkammer sind Profilschienen und Präzisionslaufwagen von Rodriguez verbaut.

Bild: WARR



Dank der verschiebbaren Lagerung wird das zusätzliche Gewicht des Oxidators sicher auf die Waage übertragen.

Bild: WARR



Im Prüfstand von WARR kommen zwei Profilschienen der Größe 25 inklusive Abdeckkappen sowie vier Präzisionslaufwagen zum Einsatz.

Bild: Rodriguez

systems“, so Bode. „Der gelagerte Abteil wiegt 75 Kilogramm im leeren und 120 Kilogramm im betankten Zustand und ist 2,50 Meter hoch. Insgesamt erreicht das Versorgungssystem eine Höhe von 3,50 Metern.“ Dazu kommt, dass sich die Strukturelemente durch hohe Temperaturgradienten in Folge der Beförderung und Lagerung von kryogenem Flüssigsauerstoff bei -180°C deutlich verformen. Die Linearführungen müssen die dadurch erzeugten Momente und Spannungen aufnehmen, ohne die Laufeigenschaften der Führungen zu beeinträchtigen.

Schmiersystem verlängert Wartungsintervalle

Im Prüfstand von WARR kommen zwei 2 Meter lange Profilschienen der Größe 25 inklusive Abdeckkappen sowie vier 4-reihige, langzeitgeschmierte Präzisionslaufwagen zum Einsatz. „Profilschieneführungen mit vier Kugelreihen pro Laufwagen können Kräfte aus allen Hauptrichtungen aufnehmen“, erläutert Jörg Schulden, Produktmanager Lineartechnik bei Rodriguez. „Die X-Anordnung der Laufbahnen ermöglicht eine gute Einstellung der Vorspannung, zudem wird das System weniger empfindlich für Fluchtungsfehler. Deshalb werden Linearführungen dieser Bauart häufig in Produktionsmaschinen und für Roboteranwendungen eingesetzt.“ Das integrierte Schmiersystem verlängert die Wartungsintervalle und macht die Profilschieneführungen ausgesprochen wartungsarm. Ein optional lieferbares Metallabdeckband schützt vor Verunreinigungen.

VORTEILE DER PROFILSCHIENENFÜHRUNGEN

- Wartungsarm
- Kein zusätzliches Schmiersystem erforderlich
- Schmierstoffeinsparung
- Externer Schmierstofftank erhältlich
- Verlängerung der Wartungsintervalle
- Mit Metallabdeckband lieferbar
- Sauber und medienresistent
- Miniaturausführungen verfügbar

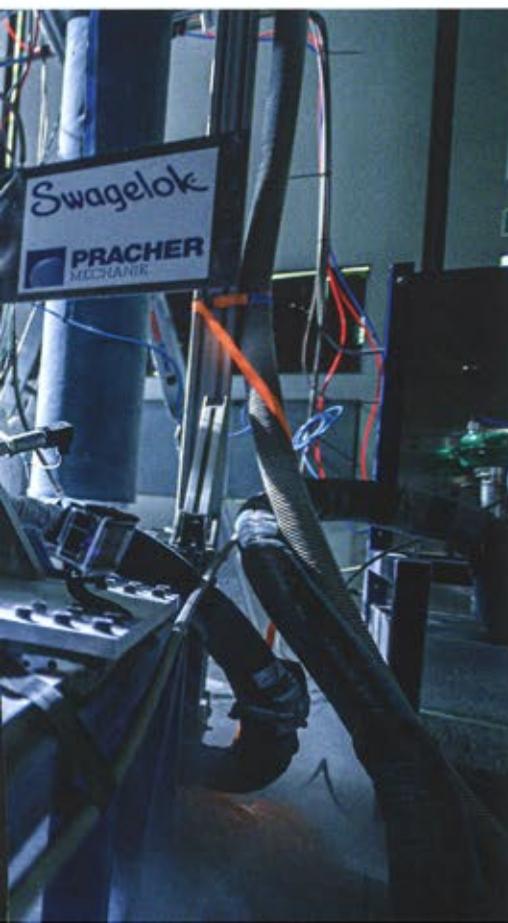
Steifigkeit als wichtiges Merkmal

Bei WARR sind die Profilschienen vertikal verlaufend an die Rückseite des Prüfstands geschraubt. Jede Führung hat zwei Laufwagen. Die Ventilplatte lagert ihr Gewicht auf dem Flüssigsauerstofftank, dieser ist wiederum über eine Stütze auf einer Waage abgelegt. Wegen der verschiebbaren Lagerung wird das zusätzliche Gewicht des Oxidators sicher auf die Waage übertragen und lässt sich während der Betankung und dem Betrieb des Triebwerks genau verfolgen. „Die Präzision und Steifigkeit der Linearführungen von Rodriguez waren von großer Bedeutung für diesen Aufbau“, betont Bode. „Insbesondere die Steifigkeit des Systems hat die Inbetriebnahme vereinfacht und die Genauigkeit und Präzision der Messungen deutlich verbessert.“

Abgesehen von der Qualität der Produkte waren die jungen Forscher auch von der Zusammenarbeit mit Rodriguez überzeugt. Insbesondere der freundliche Vertrieb und der gute Kundenservice konnten überzeugen. „Zudem wurde unser Auftrag sehr schnell bearbeitet, was gerade im Prototypenbau wichtig ist“, so Bode abschließend. Somit ist der Weg frei für weitere gemeinsame Projekte: „Linearführungen für die Schub- und Massenmessung werden wir in Zukunft erneut benötigen und auch in unserer Betankungsinfrastruktur verbauen wir Lineartechnik. Dafür werden wir uns auf jeden Fall wieder an Rodriguez wenden.“

« KF

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





28 LUFT- UND RAUMFAHRT

Luft- und Raumfahrt: Das erste studentische Team in Europa will eine Hybridrakete mit einem kryogenen Motor entwickeln. Derzeit testen die Forscher das Versorgungssystem der Brennkammer.

Bild: Wissenschaftliche Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik und Raumfahrt

42

PRODUKT-KONFIGURATION

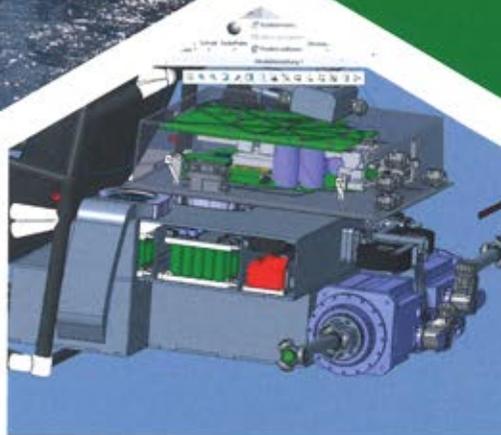
Eine Konfiguration bei einem Kabelhersteller kann 1.500 Konfigurationselemente enthalten – da ist dann aber auch die Verlegung mit dem hauseigenen Kabelleseschiff mit drin.

Bild: NKT Group



10 TITELSTORY

Werkzeugmaschinen optimieren: Neue Klemmelemente zur drucklosen Fixierung von Rotationsachsen in Drehtischen erreichen höchste Winkelgenauigkeit bei gleichzeitig hoher Dynamik.



16

ANTRIEBSTECHNIK

Die Rennschmiede Pforzheim präsentierte ihren E-Boliden für die Formula Students Pandemie-bedingt online. Unterstützung bekamen die Studenten von einem Antriebsspezialisten, der Komponenten extra für den Renneinsatz modifiziert.

Bild: Stöber Antriebstechnik

REDAKTIONELL ERWÄHNT INSTITUTIONEN, ANBIETER UND VERANSTALTER

ABB S. 8, Altair S. 36, Ansys S. 40, ASC S. 8, B&R S. 6, Balluff S. 8, Camos S. 42, Cenit S. 38, Cognex S. 50, Edag S. 30, Efaflex S. 52, Endress+Hauser S. 48, igus S. 54, Lee S. 25, Lenovo S. 7, Mapal S. 34, Maxon S. 14, Nabtesco S. 18, Nextflow S. 6, Nord Drivesystems S. 20, Norelem S. 12, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften S. 59, Otto Chemie S. 6, Rodriguez S. 28, Scheer S. 44, Schott Systeme S. 56, SEW-Eurodrive S. 22, Siemens S. 6, 32, Solting S. 46, Stöber S. 16, Tsubaki Kabelschlepp S. 8, Zimmer Group S. 10

AKTUELL

- 6 **Märkte & Trends**
Neues aus Technologie und Wirtschaft
- 9 **Was, wann, wo?**
Veranstaltungskalender

ANTRIEBSTECHNIK

- 10 **Hohe Dynamik und Standzeit ohne bewegliche Teile**
Titelstory: Fixierung von Rotationsachsen mit hydraulischen Klemmelementen
- 12 **Sparen bei der Wartung**
Normteile im Maschinenbau nutzen
- 14 **Autonomer Feldarbeiter**
Landwirtschaftsroboter mit energieeffizientem Antrieb
- 16 **Mit starkem Partner zur Qualifikation**
Getriebemotoren für E-Boliden
- 18 **Minimalist ohne Ecken und Kanten**
Zykloidgetriebe im hygienischen Design
- 20 **Aus zwei mach eins**
Getriebemotor für Food, Pharma und Intralogistik
- 22 **Doppelfalz für mehr Arbeitssicherheit**
Automatisierte Bördelmaschine

**BRANCHE:
LUFT- UND RAUMFAHRT**

- 25 **„Da oben gibt es kein unwichtiges Teil“**
Jürgen Prochno von Lee Hydraulische Miniaturkomponenten im Interview

- 28 **Vom Prüfstand in den Orbit**
Lineartechnik für die Forschung
- 30 **Qualitatives Prototyping**
Professionelle Prototypen mit AR
- 32 **Den gesamten Entwicklungsprozess analysieren**
Modellbasiertes Systems Engineering (MBSE)
- 34 **Vibrationsfrei bis in die tiefste Tasche**
Großformatige Flugzeugbauteile aus dem Vollen fräsen

SIMULATION & VISUALISIERUNG

- 36 **Freie Bahn dank Simulation**
High-Performance-Computing-Strategie beim Mobilitäts-Start-up
- 38 **„Digitalisierung ohne Simulation ist undenkbar“**
Simulationsautomatisierung für Konstrukteure und Berechnungsexperten
- 40 **Das Potenzial umfassend nutzen**
Simulations-Strategie: Wie ein Antriebstechniker Versuche und Aufwand einspart

PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT

- 42 **Weltweit, sicher und schnell zum Angebot**
Produktkonfiguration
- 44 **Durchgängige Digitalisierung durch Prozess-Harmonisierung**
SAP ERP als zentrale Plattform

ELEKTROTECHNIK & AUTOMATION

- 46 **Was Docker & Co. in der Industrie leisten können**
Container-Technologien einsetzen
- 48 **Zweiter Kanal vom Feldgerät in die Cloud**
Digitalisierung von Brownfield-Anlagen
- 50 **Von Big Data und Smart Data**
Edge-Computing-Leistung nutzen
- 52 **Industrietore smart vernetzt**
Wartung und Instandhaltung
- 54 **Immer in Bewegung**
Energieketten in Schweißanlagen

CAD & DESIGN

- 56 **Filigrane Formen meistern**
Mit CAD/CAM zum Reißverschluss

MANAGEMENT

- 59 **Verknüpfung von Maschinenbau und IT**
Neuer Studiengang Digital Engineering Maschinenbau

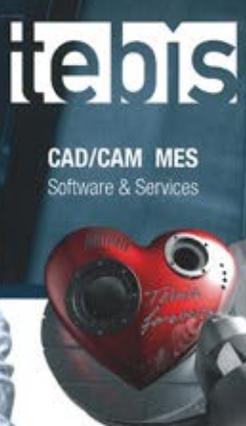
- 3 EDITORIAL
- 60 MARKTPLATZ
- 62 IMPRESSUM
- 62 VORSCHAU

Automation braucht Sicherheit. Ich hab beides.



Machine
Tool
Know-how
Template





tebis
CAD/CAM MES
Software & Services

Seitdem wir unser Fertigungs-Know-how in Tebis hinterlegt haben, programmieren wir automatisiert mit Templates, sind viel schneller und liefern bessere Qualität. Tebis Automill® kennt unsere Maschinen, jedes Werkzeug und jedes Spannmittel im Detail und vermeidet Kollisionen mit all diesen Komponenten schon beim Berechnen der NC-Bahnen. Das gibt mir jeden Tag ein sicheres Gefühl.

Tebis Automill® ist Ihr Ticket ins digitale Zeitalter

www.tebis.com