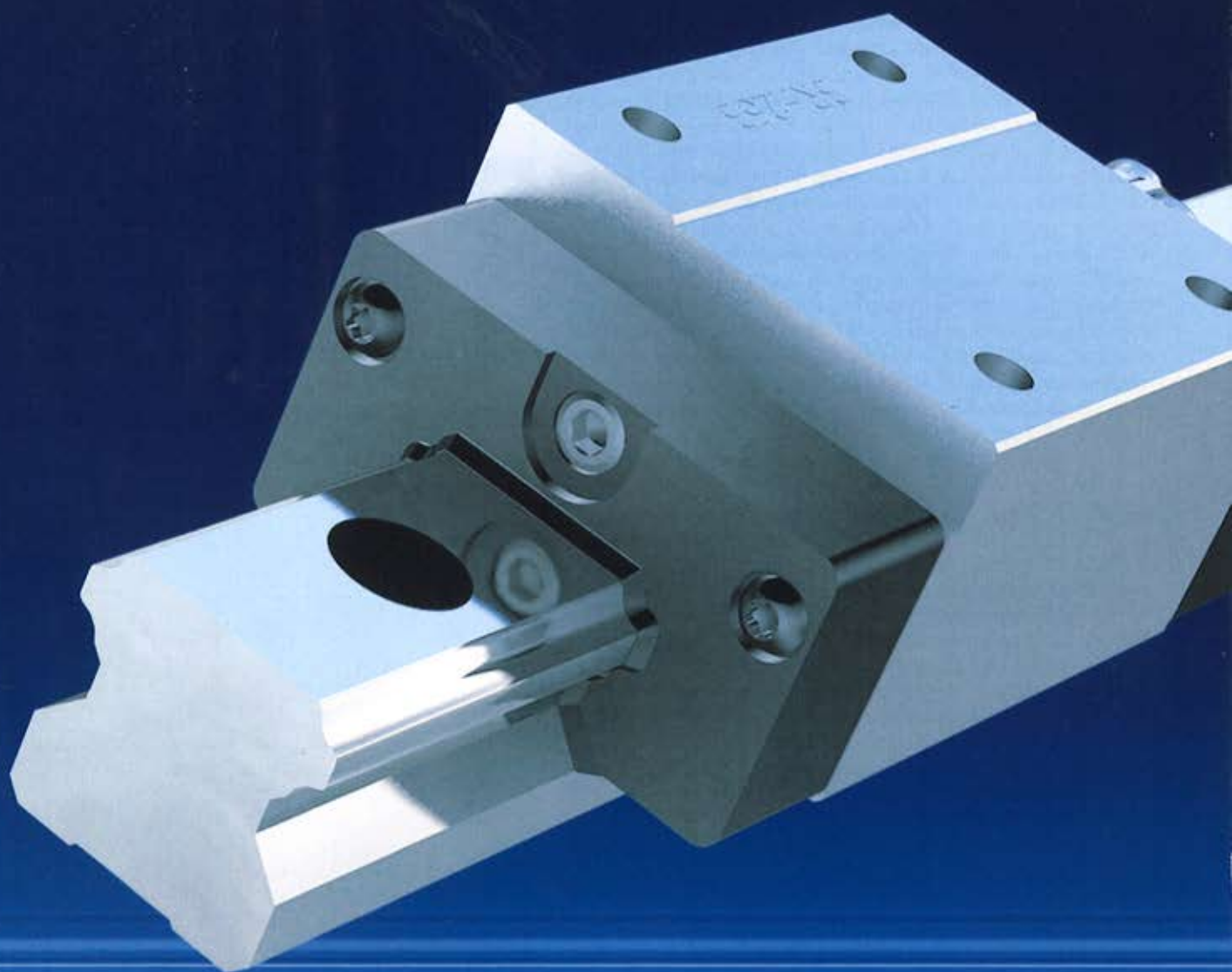


# SPECIAL

HANNOVER MESSE 2023





LINEARFÜHRUNGEN FÜR TRIEBWERKTEST

## RAKETE AUF DEM PRÜFSTAND

Nixus lautet der Name eines Forschungsprojekts der Wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik und Raumfahrt (Warr) der TU München. Im Rahmen des Projektes wird eine mit flüssigem Treibstoff betriebene Höhenforschungsrakete entwickelt. An einem Prüfstand soll das Versorgungssystem der Brennkammer getestet werden. Eine wichtige Rolle spielen dabei Profilschienenführungen und Präzisionslaufwagen.

**B**ei dem Projekt Nixus entsteht eine etwa fünf Meter hohe flüssig-flüssig-Rakete mit einem Durchmesser von 20 Zentimetern. „Der Erstflug ist im Juni 2023 beim Spaceport America Cup geplant“, berichtet Projektleiter Lorenz Pak von der Warr Raketentechnik. „Später soll noch die Teilnahme an der European Rocketry Competition folgen.“ Die maximale Flughöhe der mit dem Kürzel Ex-4 benannten Rakete soll bei zehn Kilometern liegen, womit sie den aktuellen studentischen Weltrekord in der Klasse für flüssig-flüssig-Raketen aufstellen würde.

Das Projekt soll Studierende an die Prozesse und Vorgehensweisen der kommerziellen Raumfahrt heranführen. Dies bedeutet, dass für die Forschungsrakete auch höchste technische Ansprüche gelten und die fortschrittlichsten Techniken, Materialien und Fertigungsmethoden zum Einsatz kommen. Innovation wird bei Warr großgeschrieben. So stammt zum Beispiel das Triebwerk

Jörg Schulden, Produktmanager Lineartechnik, Rodriguez GmbH, Eschweiler



der Ex-4-Rakete vollständig aus der eigenen Entwicklung der Studentengruppe. Es wurde zusammen mit einer integrierten regenerativen Kühlung additiv aus einer korrosionsbeständigen Nickelbasislegierung gefertigt. Sämtliche Komponenten wie Ventile, Druckminderer, Massenstromregler, ein Hochdruckbehälter (der einem maximalen Druck von über 300 Bar standhält) und sogar die Außenhaut der Rakete, die zu einem großen Teil aus Kohlefaserverbund besteht, haben die Studierenden selbst hergestellt.

## WICHTIGE TESTS

Im Raketentriebwerk wird Flüssigsauerstoff mit Ethanol (flüssig-flüssig) verbrannt und damit ein Schub von 3,25 kN erzeugt. Damit das Triebwerk vor dem Erstflug der Rakete umfangreich getestet und gegebenenfalls entsprechend optimiert werden kann, wurde ein spezieller Prüfstand für das Projekt Nixus entwickelt und errichtet. Aufgrund der Flüssigbrennstoff-Komponenten benötigte dieser einen ganz speziellen Aufbau. Zwei wichtige Funktionen des neuen Prüfstands sind die Massenstrommessung der Treibstofftanks sowie die Schubmessung der Brennkammer. Für die Realisierung dieser Funktionen setzt die Arbeitsgemeinschaft auf eine Kombination aus Linearführungen und Lastmesszellen.

Wie schon im Raketen-Projekt Cryosphere, bei dem es der Warr vor einigen Jahren darum ging, als erstes studentisches Team in Europa eine Hybridrakete mit einem kryogenen Motor zu entwickeln, kommen auch bei dem Projekt Nixus wieder Profilschienen und Präzisionslaufwagen von Rodriguez aus Eschweiler beim Aufbau des Prüfstands zum Einsatz. Damals hatte das Forschungsteam gute Erfahrungen mit der Lineartechnik des Herstellers gemacht und auch bei diesem Raketenprojekt hat sich das Unternehmen wieder bereit erklärt, die Forschungsgruppe zu unterstützen.

„Um den Massendurchfluss der Treibstoffe zu bestimmen, messen wir das Gewicht der Tanks“, erklärt Pak. „Über die Veränderung dieser Werte in einem gewissen Zeitraum lässt sich der Massenstrom ermitteln.“ Diese Messung muss so präzise wie möglich sein, da ein Großteil der Optimierungen an der Rakete auf diesen Werten basiert. Um eine ideale Verbrennung zu erreichen, müssen die Forscher zudem den Druck in der Brennkammer definieren, um so eine optimale Steuerung des Vorgangs im realen Betrieb zu gewährleisten.

## LINEARTECHNIK FÜR PRÄZISE MESSUNG

Um eine genaue Massenmessung zu ermöglichen, werden die beiden Treibstofftanks mit den Linearführungen separat gelagert, sodass diese sich einflusslos in vertikaler Richtung bewegen können. Für diesen Zweck stellte Rodriguez Profilschienen und Präzisionslaufwagen für das Forschungsprojekt zur Verfügung. „Für unsere Anwendung auf dem Prüfstand benötigen wir eine steife und präzise Lagerung unseres Versorgungssystems“, beschreibt Pak die Anforderungen des Projekts. Die Massensensoren werden unterhalb der Tanks angebracht. Um valide Ergebnisse zu erhalten, müssen die Linearführungen so präzise sein, dass mögliche Vibrationen und seitliche Bewegungen nicht die Messungen beeinflussen. Hinzu kommt, dass die vollen Tanks etwa 100 kg wiegen und dadurch die Linearführungen und Schlitten besonders hohen Momenten ausgesetzt sind, welche nur durch qualitativ hochwertige Systeme aufgenommen werden können.

Dazu kommt, dass sich die Strukturelemente durch hohe Temperaturgradienten in Folge der Beförderung und Lagerung von cryogenem Flüssigsauerstoff bei -180 °C deutlich verformen. Die Linearführungen müssen auch in diesem Fall die so erzeugten Momente und Spannungen aufnehmen, ohne dass die Laufeigenschaften der Führungen zu sehr beeinträchtigt werden.

## STEIFIGKEIT ALS WICHTIGES MERKMAL

Im Prüfstand für das Projekt kommen insgesamt vier 1.800 mm lange Profilschienenführungen der Größe 20 inklusive Abdeckkappen sowie je zwei vierreihige, langzeitgeschmierte Präzisionslaufwagen ohne Flansch zum Einsatz. „Profilschienenführungen 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,



## DIE IDEE



„Damit die Studenten das Triebwerk vor dem Erstflug der Rakete umfangreich testen und optimieren können, wurde ein spezieller Prüfstand entwickelt und errichtet. Die damit durchgeführten Messungen müssen so präzise wie möglich sein, da ein Großteil der Optimierungen an der Rakete auf diesen Werten basiert. Deshalb kommen im Prüfstand vier Profilschienenführungen sowie je zwei vierreihige, langzeitgeschmierte Präzisionslaufwagen zum Einsatz.“



Jörg Schulden,  
Produktmanager Lineartechnik,  
Rodriguez GmbH, Eschweiler





**01** Sicher und stabil: Zur Lagerung der Tanks sind Profilschienen vertikal verlaufend an den Stirnseiten des Prüfstands verschraubt

**02** Aus allen Richtungen: Die X-Anordnung der Laufbahnen ermöglicht eine gute Einstellung der Vorspannung

**03** Druckbetankung: Um genaue Messungen zu ermöglichen, werden die Treibstofftanks mit den Linearführungen separat gelagert

**04** Prüfen, bevor es hochgeht: Im Prüfstand kommen Profilschienenführungen inklusive Abdeckklappen und Laufwagen zum Einsatz

**05** Heißer Strahl: Um den Massendurchfluss der Treibstoffe zu bestimmen, wird das Gewicht der Tanks gemessen

Abgesehen von der Qualität der Produkte sind die jungen Forscher auch von der guten Zusammenarbeit mit Rodriguez überzeugt. Deshalb arbeiten sie nun bereits zum zweiten Mal mit den Experten für Lineartechnik aus Eschweiler zusammen. „Bei Rodriguez gibt es einen klasse Service und unsere Anfragen wurden immer zügig bearbeitet, was gerade im Prototypenbau wichtig ist“, erklärt Pak abschließend. „Daher werden wir uns auch in Zukunft gerne wieder an Rodriguez wenden, sollten wir wieder Linearführungen an unseren Prüfständen benötigen.“ Die Chancen für weitere erfolgreiche Raketen-Projekte stehen gut, denn das Unternehmen bietet umfangreiche Linearführungsvarianten für jede Bewegungsaufgabe.

Bilder: Warr, Rodriguez

[www.rodriguez.de](http://www.rodriguez.de)

zudem wird das System weniger empfindlich für Fluchtungsfehler. Aus diesem Grund kommen Linearführungen dieser Bauart zum Beispiel auch in Produktionsmaschinen oder in der Robotik zum Einsatz.“ Ein weiterer Vorteil: Das integrierte Schmiersystem der Profilschienenführungen verlängert die Wartungsintervalle des Systems erheblich, was in der Praxis weniger Aufwand bedeutet. Ein optional lieferbares Metallabdeckband schützt die Schienen zudem vor Verunreinigungen. Bei dem Projekt Nixus sind je zwei Profilschienen vertikal verlaufend an den beiden Stirnseiten des Prüfstands verschraubt. Jede Führung hat zwei Laufwagen. An den beiden Stirnseiten wird, mit Hilfe der Laufwagen, jeweils ein Treibstofftank angebracht. Die Tanks sind wiederum über Stützen auf Waagen abgelegt. Durch die verschiebbare Lagerung wird das zusätzliche Gewicht des Treibstoffs sicher auf die Waagen übertragen. Dies lässt sich während der Betankung und des Betriebs des Triebwerks genau verfolgen. „Die Präzision und Steifigkeit der Linearführungen waren besonders wichtig für diesen Aufbau“, betont Pak. „Insbesondere die Steifigkeit des Systems hat die Inbetriebnahme deutlich vereinfacht und die Genauigkeit und Präzision der Messungen deutlich verbessert.“





18

**SPECIAL**  
Rodriguez, Eschweiler



ANZEIGE



48

# INHALT

## EDITORIAL

03 Low-Code oder gleich No-Code?

## SOFTSTARTER

06 Menschen, Märkte, Unternehmen

08 Play before Pay

## ELEKTRISCHE ANTRIEBSTECHNIK

### ELEKTROMOTOREN

12 **TITEL** Hilfe beim Energiesparen

### STEUERN UND AUTOMATISIEREN

22 Maßgeschneidert und variabel

24 Hunger auf Steuerung

26 Geschützt besser rollen

### SENSORIK UND MESSTECHNIK

28 Mini-Encoder

## MECHANISCHE ANTRIEBSTECHNIK

### GETRIEBE UND GETRIEBEMOTOREN

18 Nie mehr Gedanken um den Antriebsstrang machen

### WÄLZ- UND GLEITLAGER

30 Lager für extreme Umgebungen

39 Härter als Eisenerz

ANZEIGE



## TITELBILD

Nord Drivesystems,  
Bargteheide