

EINE RAKETE LIGHT UND EINE ZWEITE CHANCE



Das Studenten-Raketenprogramm STERN startet in seine dritte Flugkampagne

Von Diana Gonzalez und Karsten Lappöhn

Rund drei Meter lang wird sie sein, die Rakete des HyCOMET-Studententeams von der Hochschule Augsburg. Das Kürzel steht für Hybrid-Composite Experimental Rocket. Doch im Moment ist von der Rakete noch nicht viel zu sehen. Jede Menge Kabel und einzelne Bauteile liegen auf Tischen und Werkbänken in der Werkstatt der Hochschule. An allen Ecken und Enden wird getüftelt, geschraubt, geprüft – die Endphase des Projekts STERN hat begonnen.

STERN steht für „Studentische Experimental-Raketen“. Dahinter verbirgt sich das Studentenprogramm des DLR Raumfahrtmanagements. In dem Programm können Hochschulteams eine eigene Rakete entwickeln, bauen und starten. Eine besondere Herausforderung – innerhalb einer Frist von nur drei Jahren gilt es, die gesamte Technik und einen Großteil der Einzelteile für die Rakete und für deren Betankungssystem zu konzipieren. Am Ende steht dann ein absolutes Unikat. Dabei müssen die gleichen Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden wie bei professionellen Forschungsraketen. Zahlreiche Tests sind daher vorab durchzuführen. Besonderes Augenmerk liegt auf den Triebwerken. Hierfür bauen die meisten Studentengruppen eigens eine kleinere Variante des Originalmotors oder ein Engineering-Modell – also eine massivere Ausgabe des späteren Triebwerks. So können verschiedene Configurationen getestet werden, ohne dass die teure Flughardware Schaden nehmen kann.

Auch das Telemetriesystem wird auf Herz und Nieren geprüft. Es soll später während des Raketenfluges wichtige Daten, etwa zu Geschwindigkeit und Höhe, zur Bodenstation funken. Um dies sicherzustellen, führen die Studenten Reichweitentests durch. Im Gegensatz zu den Triebwerktests, die unter hohen Sicherheitsvorkehrungen auf speziellen Testständen stattfinden müssen, sind diese Telemetrie-Tests recht einfach durchzuführen. Dafür positionieren die Studenten den Sender auf einer Erhebung, beispielsweise auf einem Hügel. Anschließend wird die Empfänger-Einheit in ein Fahrzeug gepackt und in einem Radius von rund 30 Kilometern um die Sendestation herumgefahren. Dabei überprüft die Gruppe kontinuierlich die Empfangsqualität des Signals.

Sind schließlich alle Tests bestanden, machen sich die Teams auf die Reise zum Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Nordschweden, den Startplatz für ihre Raketen.



Bild: HyEnD Uni Stuttgart

Montage der HEROS-Rakete an die Führungsschiene der Startrampe auf Esrange



MIRAS-Rakete auf der Startrampe

Eine Rakete auf Basis von Carbon

„Die Konstruktion einer eigenen Rakete war für uns eine große Herausforderung“, sagt Moritz Ellerbeck. Der Diplom-Ingenieur ist Leiter des HyCOMET-Teams. „Wir haben uns gefragt: Welche besonderen Erfahrungen und Kenntnisse können wir dafür nutzen, was unterscheidet uns von anderen Hochschulen?“ Der Bereich Raumfahrttechnik ist noch recht jung an der Hochschule Augsburg. Dafür wurden jedoch Kompetenzen auf einem ganz speziellen Gebiet aufgebaut: der Leichtbautechnik. Dabei arbeiten die Studenten an neuen Einsatzmöglichkeiten für Verbundwerkstoffe, wie carbonfaserverstärkten Kunststoff (CFK), kurz Carbon genannt. Schon heute ist das Material beliebt im Spitzensport, aber auch in der Luftfahrt und im Fahrzeugbau, denn es vereint zwei wichtige Eigenschaften: hohe Belastbarkeit bei geringem Gewicht. Genau das haben die Studierenden für ihr Projekt genutzt: Sie haben eine Rakete auf Basis von Carbon entwickelt – ein Light-Produkt sozusagen. Die gesamte Außenhaut der Rakete wird aus dem Verbundmaterial bestehen, auch der Treibstofftank wird mit Kohlefaser verstärkt sein. Nur rund 22 Kilogramm wird die Leichtbau Rakete bei ihrem Start wiegen und soll damit eine Höhe von rund 4,5 Kilometern erreichen.

Als Treibstoff für die Leichtbau Rakete dient eine Kombination aus flüssigem Lachgas und Polyethylen, dem Material, aus dem beispielsweise Plastikbecher und -flaschen hergestellt werden. „Wir packen nicht den Tiger in den Tank, sondern den Plastikteller“, sagt Ellerbeck augenzwinkernd. Wenn das Team nach Kiruna aufbricht, wissen die Studenten noch nicht genau, was sie vor Ort erwartet: Von der Startanlage, auf der sie ihre Rakete montieren werden, kennen sie bislang nur Beschreibungen und Fotos. Wird alles zusammenpassen? Oder müssen vor Ort noch Änderungen vorgenommen werden?

Ein Comeback und ein Rekordversuch

Anders sieht es beim Stuttgarter Team aus: Die Studenten der HyEnD-Gruppe waren mit ihrer HEROS-Rakete (Hybrid Experimental Rocket Stuttgart) bereits bei der ersten STERN-Flugkampagne im Oktober 2015 dabei. Sie kennen die Gegebenheiten und die Abläufe auf Esrange. Aber sie haben auch schon erfahren müssen, dass es in einem „echten“ Raumfahrtprojekt auch Rückschläge geben kann.

Ein Rückblick: Am Nachmittag des 22. Oktober 2015 steht HEROS auf der Startrampe. Nachdem der Tag mit strahlendem Sonnenschein begonnen hat, zieht sich der Himmel am Vormittag immer weiter zu.

Als die FAUST-Rakete des LEONIS-Teams von der TU Braunschweig startet, wird es bereits diesig, und die Sicht verschlechtert sich. Doch alles geht gut, die Rakete erreicht eine Höhe von rund sechs Kilometern. Nun ziehen Nebelschwaden auf, legen sich wie ein dichter Schleier über das Startgelände. Schon bald beträgt die Sichtweite nur noch wenige Meter. Selbst vom nahe gelegenen Hauptgebäude von Esrange aus ist nichts zu erkennen als graues Nichts. „Ten, nine, eight ...“, der Countdown schallt aus den Lautsprecheranlagen durch das Tal. Den Start selbst kann man nur erahnen. Um 16:45 Uhr hebt die Rakete planmäßig ab. Für einige Sekunden ist das Geräusch des Raketenmotors zu hören. Dann ein dumpfer Schlag: Was ist geschehen? Es folgen Stunden ängstlichen Wartens ... Als die Rakete später geborgen werden kann, wird klar: Antrieb und Heck der Rakete sind zerstört. Doch was war die Ursache für diesen Fehler?

„Das war eine riesige Enttäuschung für uns. Die gesamte Arbeit von drei Jahren schien uns in diesem Augenblick vernichtet“, sagt Dr.-Ing. Mario Kobald, Leiter des Stuttgarter Projekts, rückblickend. „Es hat eine Weile gedauert, bis wir in diesem Rückschlag eine Chance erkannt haben. Vermutlich hat uns dieser Fehler mehr gelehrt als ein Großteil unserer bisherigen Studien.“ Denn nach der Kampagne ging es erst richtig los mit der Arbeit: Das DLR stellte kurzerhand ein „Return to Flight-Programm“ auf die Beine, in dem die Studenten sämtliche Prozesse durchliefen, die in der Raumfahrt nach einem Fehlstart üblich sind. Solch ein Prozedere erfolgt auch bei den großen Trägerraketen, wie etwa Ariane oder Sojus, wenn eine Anomalie aufgetreten ist. Die Raketenteile von HEROS mussten gründlich untersucht, Daten ausgewertet und analysiert werden. Zahlreiche Triebwerktests wurden durchgeführt, um die Startsituation nachzustellen und um Verbesserungsmöglichkeiten für die Rakete zu finden.

Mit Hilfe der Experten von der Mobilen Raketen-Basis des DLR, kurz MORABA, und des DLR-Testzentrums in Lampoldshausen verfolgte das Team in fast kriminalistischer Kleinarbeit jede Spur, rekonstruierte anhand der Messdaten die Flugbahn der Rakete sowie die Druck- und Temperaturverhältnisse im Tank. So wurde schließlich klar: Eine zu niedrige Treibstoff-Temperatur löste die Fehlzündung aus. „HEROS fliegt mit einer Kombination aus Lachgas und Wachs“, erläutert Kobald. „Am Start-Tag war es recht kalt, die Außentemperatur lag bei unter null Grad. Dadurch wurde das Lachgas zu stark heruntergekühlt. Das hat dazu geführt, dass der Druck im Tank abnahm. Das Ergebnis: Es traten Druckschwankungen auf, die das Triebwerk in Schwingung versetzt haben, bis es instabil und letztendlich sogar zerstört wurde. Die Heizsysteme vor dem Start waren offensichtlich nicht ausreichend.“

Bei der dritten STERN-Kampagne im Oktober 2016 bekommt das Stuttgarter Team eine neue Chance. Denn mit ihrer verbesserten rund sieben Meter langen und 180 Kilogramm schweren Rakete wollen die Studenten nicht nur einen perfekten Flug schaffen, sondern auch gleich noch den bisherigen Höhenrekord für studentische Raketen brechen. Der wurde im letzten Jahr von der Universität Delft aufgestellt und liegt bei rund 21 Kilometern. Wenn alles klappt, könnte HEROS mit dreifacher Schallgeschwindigkeit sogar die stolze Höhe von rund 40 Kilometern erreichen.

Geduldssprobe bei der „Öko-Rakete“

Dass man sich nicht entmutigen lassen darf, zeigt auch das Beispiel der sogenannten „Öko-Rakete“ von Studenten des Zentrums für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) der Universität Bremen, die bei der zweiten STERN-Kampagne im April 2016 geflogen ist. Auch hier wurde die Geduld der Studenten auf eine harte Probe gestellt: Vier Startversuche waren notwendig, bis die Rakete erfolgreich vom Boden abhob. Zuerst wurde der Countdown wegen zu starken Windes abgebrochen, dann führte ein Fehler während des Bepankungsvorgangs zum Abbruch und beim dritten Mal trat aus einem undichten Ventil Helium aus. Erst der vierte Countdown führte zum Erfolg. Dabei hatte die Bremer Gruppe auf eine Treibstoffkombination von flüssigem Sauerstoff und Kerzenwachs (Paraffin) gesetzt, was der ZEPHyR-Rakete (ZARM Experimental Hybrid Rocket) in den Medien den Beinamen „Öko-Rakete“ einbrachte.



Auf dem Testfeld 11.5 des DLR-Instituts für Raumfahrtantriebe in Lampoldshausen wurde das Triebwerk der HEROS-Rakete getestet

Dabei ist gerade der Umgang mit flüssigem Sauerstoff sehr anspruchsvoll: Die Arbeit mit einem minus 183 Grad Celsius kalten Treibstoff, einer sogenannten kryogenen Flüssigkeit, die zudem sehr schnell mit anderen Materialien reagiert, erfordert besondere Sicherheitsvorkehrungen und Kenntnisse. Auch eine Verflüssigungsanlage für den Sauerstoff mussten die Studenten eigens für ihr Experiment konstruieren.

Triebwerke, die mit einer Kombination aus festem Treibstoff wie Wachs oder Kunststoff und einem flüssigen Gas angetrieben werden, bezeichnet man als Hybridmotoren. Im STERN-Programm haben sich alle Studentengruppen mit Ausnahme der TU Berlin für einen solchen Antrieb entschieden. Für die erfahrenen Ingenieure und Techniker von Esrange war der Umgang mit diesen Triebwerken ein Novum, denn dort werden normalerweise Forschungsraketen mit Feststoffmotoren gestartet. Spannend fänden sie das, sagt einer von ihnen. Beeindruckt wären sie aber vor allem von der Professionalität, welche bisher alle STERN-Gruppen an den Tag gelegt hätten. Sie unterscheiden sich nicht von der industrieller Teams.

Flexibilität und Ausdauer zahlen sich aus

Wer an einem Raumfahrtprojekt arbeitet, der sollte bestimmte Eigenschaften mitbringen. Dazu gehören etwa Ausdauer und Neugier. Flexibilität zählt aber auch dazu: Als während der Kampagne beim Team von der Hochschule Bremen, nachdem ein technisches Problem behoben worden war, die Zündschnüre für die AQUASONIC-Rakete auszugehen drohten, wurde gekonnt improvisiert. Um die Vorräte für den Start zu schonen, wurde bei ein paar kleineren Vorab-Tests des Zündsystems in Wildwest-Manier eine Lunte mit Schwarzpulver gelegt – unter Einhaltung aller Sicherheitsvorschriften, versteht sich. Denn gerade in der Raumfahrt gilt: Safety first! Darüber wachen auch die Sicherheitskräfte von Esrange mit Argusaugen. Im Ergebnis konnte die Bremer Rakete dann erfolgreich starten.

Alle Studierenden haben ihre Flugkampagnen daher nicht nur unbeschadet überstanden, sie haben die Mitarbeit an ihren STERN-Projekten auch für ihr Studium nutzen können: Bis dato wurden rund 240 studentische Arbeiten erstellt und 35 Paper veröffentlicht. Teilgenommen haben bislang insgesamt 460 Studenten von acht deutschen Hochschulen. Auch die Industrie hat inzwischen Interesse an dem vielversprechenden Raumfahrt Nachwuchswachstum gezeigt. So hatte die Airbus Safran Launchers GmbH die Raketen der zweiten Flugkampagne mit einem Experiment ausgestattet, bei denen sogenannte thermoelektrische Generatoren Strom durch Temperaturdifferenzen erzeugen. Die dabei gesammelten Daten werden derzeit ausgewertet.

Für die Teams der Hochschule Augsburg und der Universität Stuttgart wird es derweil ernst. Ein letztes Review, bei dem geprüft wird, ob Rakete und Bodeninfrastruktur einsatzbereit und fertig für den Transport sind, trennt sie noch von ihrer Reise nach Kiruna. Dort stehen den Studenten noch weitere Tests und schließlich die letzte Prüfung, das Flight-Readiness-Review bevor. Dann können HyCOMET und HEROS in den Himmel über Esrange starten ...

Diana Gonzalez ist Online-Redakteurin im DLR Raumfahrtmanagement und hat die erste STERN-Kampagne in Kiruna begleitet.

Karsten Lappöhn arbeitet beim DLR Raumfahrtmanagement in der Abteilung Trägersysteme und leitet das STERN-Programm.



Studenten bei Laminier-Arbeiten zur Herstellung einer Raketenspitze für ein verkleinertes Modell der HyCOMET-Rakete



HEROS ist mit 7,5 Metern die größte Rakete aus dem STERN-Programm. Am Testzentrum des DLR-Instituts für Raumfahrtantriebe in Lampoldshausen wurden auch die Triebwerktests durchgeführt.

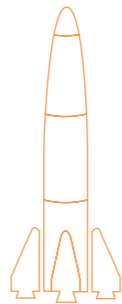
STERN-PARTNER IN LAMPOLDSHAUSEN UND OBERPFAFFENHOFEN

Das DLR-Testzentrum Lampoldshausen besitzt jahrzehntelange Erfahrung beim Test von Raketenantrieben insbesondere für das schon seit den Siebzigerjahren laufende europäische Ariane-Programm. Darüber hinaus werden anwendungsorientierte und auch grundlagennahe Arbeiten auf dem Gebiet der Raketenantriebe durchgeführt. Mit den vielen Starts von Höhenforschungsraketen besitzt die DLR MORABA umfangreiche Gesamtsystemkompetenz, wenn es darum geht, die Raketen hinsichtlich der strukturellen Integrität, des Flugverhaltens beziehungsweise der Flugleistung zu beurteilen. Zu den Aufgaben der Lampoldshausener DLR-Kollegen zählen Reviews, Motorentests auf dem Testfeld 11.5 in Lampoldshausen und der „Workshop Raumfahrtantriebe“, in dem die Studenten sich aktiv mit systemrelevanten Arbeiten an Antrieben und Prüfständen auseinandersetzen können. In die Zuständigkeit der MORABA-Kollegen in Oberpfaffenhofen gehören ebenso Reviews, aber auch die Vortragsreihe „STERN-Stunden“ zu Themen wie Flugdynamik, Telemetrie, TÜV etc. und der Zugang zum Raumfahrtzentrum Esrange.

DIE GROSSEN INDIVIDUALISTEN

Sie stehen im Freien als Testanlagen oder in eigens für sie errichteten Gebäuden, fliegen als Forschungsplattformen am Himmel oder kreisen im Erdorbit. Eines ist ihnen gemeinsam: Sie gelten als Großanlagen der Forschung. Im Vergleich zu Forschungsgeräten in Laborgebäuden normaler Dimension fallen sie wegen ihrer Architektur oder Bauweise auf. Oft sind sie exklusiv in ihrer Leistungsfähigkeit und in jedem Fall hochspeziell in ihrer Ausstattung. Für Forscherinnen und Forscher weltweit haben sie eine enorme Anziehungskraft. Großgeräte sind komplexe Anlagen, werden international genutzt und oft auch so betrieben. Sie stehen für den Erkenntnisfortschritt schlechthin. Gründe genug, um den Großanlagen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt eine Serie im DLR-Magazin zu widmen. Tauchen Sie mit uns ein in die Welt der Windkanäle und Forschungsflugzeuge, Flug- und Verkehrssimulatoren, Satelliten und Prüfstände für Weltraumraketen. Teil 1 der Serie beginnt im Harthäuser Wald ...

ZUGPFERD DER TRÄGER-TECHNOLOGIE



Teil 1 der Serie Großgeräte: Der Prüfstand P8 für Raketenmotoren

Von Manuela Braun

Für den Laien hat er den Charme einer Garage, in diesem Fall von zwei nebeneinanderliegenden Garagen, abgelegen im Grünen. Für die Fachleute ist er eine in Europa einmalige Testanlage. Ein wenig Beton, drumherum jede Menge Tanks und Leitungen, es sieht alles etwas verbaut aus, wie es dort auf dem Gelände am Waldrand steht. Äußerlich stellt der Prüfstand P8 sein Licht gewaltig unter den Scheffel. Rein optisch kommt er beispielsweise gegen den Höhensimulationsprüfstand P4 auf dem Gelände des DLR in Lampoldshausen nicht an. „Aber so einen wie den P8, den gibt es baugleich nirgendwo noch einmal auf der Welt“, sagt Prüfstandsleiter Gerd Brümmer. Wäre der P8 ein Pferd, würde Brümmer ihm jetzt voller Stolz aufmunternd auf die Schulter klopfen. Für die Wissenschaftler und Ingenieure ist der Forschungs- und Technologieprüfstand P8 seit über 20 Jahren ein zuverlässiges Arbeitstier: Mehr als 1.400 Versuchstage wurden durchgeführt, mittlerweile sind es im Jahr 70 bis 80 Testläufe. Alle paar Tage herrschen in den Testzellen, die nun mal von außen lediglich wie etwas größere Garagen aussehen, Bedingungen wie in richtigen Raketentriebwerken. „Wir verwenden die Treibstoffe mit den entsprechenden Drücken bei den entsprechenden Temperaturen“, erläutert der Prüfstandsleiter.



Im geschützten Kontrollraum liegt die Verantwortung für die Tests im Raketenmotorenprüfstand P8 des DLR. Draußen ist im Umkreis von einhundert Metern alles gesperrt.

MIT 12.000 MESSPUNKTEN DEM LÄRM AUF DER SPUR

DICKE LUFT ÜBER TOGO: Mit der Falcon in Westafrika
AUF SIGNALJAGD: Mit dem Roten Pfeil in Italien
SERIENSTART GROSSGERÄTE mit dem Raketenprüfstand P8



Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

Impressum

DLR-Magazin – Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Redaktion: Sabine Hoffmann (ViSdP), Cordula Tegen (Redaktionsleitung)
An dieser Ausgabe haben mitgewirkt: Manuela Braun, Dorothee Bürkle, Diana Gonzalez, Julia Heil und Fabian Locher

DLR-Kommunikation
Linder Höhe, 51147 Köln
Telefon: 02203 601-2116
Telefax: 02203 601-3249
E-Mail: kommunikation@dlr.de

Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, 87437 Kempten
Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH, 53842 Troisdorf, www.cdonline.de

ISSN 2190-0094

Online:
DLR.de/dlr-magazin

Onlinebestellung:
DLR.de/magazin-abo

Die in den Texten verwendeten weiblichen oder männlichen Bezeichnungen für Personengruppen gelten für alle Geschlechter.

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Die fachliche Richtigkeit der Namensbeiträge verantworten die Autoren. Hinweis gemäß § 33 Bundesdatenschutzgesetz: Die Anschriften der Postbezieher des DLR-Magazins sind in einer Adressdatei gespeichert, die mit Hilfe der automatischen Datenverarbeitung geführt wird.

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.

ClimatePartner^o
klimanutral
Druck | ID: 53106-1608-1003



Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.

Titelbild

Leiser fliegen, aber wie? DLR-Forscher untersuchen die Wege des Triebwerkschalls in die Kabine. Dazu experimentieren sie im Acoustic Flight-Lab-Demonstrator in Hamburg.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages