

Im NanoRack zur ISS

Die Experimente von drei Studierendenteams wurden beim Überflieger-Wettbewerb von DLR und DPG ausgewählt und fliegen in diesem Jahr zur Internationalen Raumstation.

Maike Pfalz



Im japanischen Modul KIBO (ursprünglich Japanese Experiment Module) werden im Rahmen der Hori-

zons-Mission die Gewinner-Experimente des Überflieger-Wettbewerbs in Betrieb genommen.

Nicht viel größer als eine Brot-dose, leichter als 10 kg, betrieben per USB-Anschluss – das sind nur einige der zahlreichen Spezifikationen, welche die ausgewählten Experimente des Überflieger-Wettbewerbs erfüllen müssen. Aber damit ist es längst nicht getan: Neben den harten Randbedingungen an das Experiment, die zu einem großen Teil der Sicherheit dienen, galt es für die erfolgreichen Studierendenteams zudem, einen extrem knappen Zeitplan einzuhalten. Im Dezember 2016 haben das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) Studierende aller Fachrichtungen von deutschen Hochschulen aufgerufen, ihre Ideen für ein Experiment auf der Internationalen Raumstation bis Ende Februar 2017 einzureichen. Anfang Mai fand

der Auswahlworkshop in Bonn statt, auf dem Studierendenteams der Universitäten Duisburg-Essen, Frankfurt am Main und Stuttgart als Überflieger ausgewählt wurden. Um ihre Ideen Wirklichkeit werden zu lassen, blieb ein Dreivierteljahr Zeit. Zudem standen jedem Team 15 000 Euro zur Verfügung.

Bereits im Internationalen Jahr des Lichts hatten DLR und DPG gemeinsam einen Schülerwettbewerb ausgeschrieben. „Die Resonanz dazu war phänomenal. Wenn wir uns zusammenschließen, können wir viel mehr erreichen als allein“, betont Arnulf Quadt, der im DPG-Vorstand für Öffentlichkeitsarbeit zuständig ist. Nach der Bekanntgabe, dass Alexander Gerst für seine nächste Mission ausgewählt ist, habe es daher nahegelegen, die Zusammenarbeit wieder aufleben zu lassen. Das Ergebnis ist neben

dem Überflieger-Wettbewerb das Schulheft „Mit Astronauten ins Weltall“ mit Materialien und Mitmach-Experimenten für die dritte bis sechste Klasse.¹⁾ „Das Heft wurde uns regelrecht aus der Hand gerissen“, freut sich Quadt.

Auch die Resonanz auf den Überflieger-Wettbewerb war beeindruckend, sodass bereits die Vorauswahl schwer fiel. Nur acht Teams bekamen im Mai 2017 die Gelegenheit, ihre Experimentidee in einem 45-minütigen Vortrag zu präsentieren und anschließend in einer ebenso langen Diskussion mit einer Fachjury zu verteidigen. „Das lief ab wie bei der Begutachtung eines großen wissenschaftlichen Projekts“, erklärt Gert-Ludwig Ingold, DPG-Vorstand für Bildung und wissenschaftlichen Nachwuchs, der als eines der Jurymitglieder die Qual der Wahl hatte. „Das Niveau war erstaunlich hoch. Es war beeindruckend zu sehen, wie professionell die zum Teil noch sehr jungen Studierenden ihre Ideen präsentiert haben“, unterstreicht er.

Neben der Frage, ob das Experiment unter den harten Randbedingungen überhaupt realisierbar scheint, gab insbesondere die wissenschaftliche Relevanz den Ausschlag: „Es sollte für uns erkennbar sein, dass die Studierenden mit ihrem Experiment wichtige Erkenntnisse erzielen können und nicht nur irgendeinen Versuch zur ISS schicken wollen“, stellt Johannes Weppler fest, Projektleiter für den Wettbewerb beim DLR Raumfahrtmanagement. Am Ende fiel die Wahl auf zwei Experimente, die sich mit Fragen der Planetenentstehung beschäftigen, und ein Technologie-Demonstrationsexperiment.

Das Team von der Universität Duisburg-Essen aus der Arbeitsgruppe von Gerhard Wurm möchte mit seinem Projekt ARISE (Planet

¹⁾ Das Heft kann kostenlos heruntergeladen oder bestellt werden unter www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/astro-nauten.html.

formation due to charge induced clustering on ISS) herausfinden, welche Rolle elektrostatische Aufladungen bei der Clusterbildung größerer Teilchen spielen.²⁾ Bekannt ist, dass Partikel bis zu einem Durchmesser von mehreren Millimetern beim Zusammenstoßen aneinander haften bleiben. Doch ab einer gewissen Größe prallen sie voneinander ab. „Die Idee zu unserem Projekt entstand aus einem Fehlexperiment“, erläutert Teamchef Tobias Steinpilz, der an der Universität Duisburg-Essen promoviert. Eigentlich sollten Glaskügelchen bei einem Versuch im Bremer Fallturm, bei dem sich die Experimentierkapsel rund neun Sekunden lang in Schwerelosigkeit befindet, eine Gasbewegung sichtbar machen. Doch dann seien sie auf dem Boden liegen geblieben, als herrsche noch Schwerkraft. „So entstand die Idee, dass die Kugeln sich elektrostatisch aufgeladen haben könnten. Darüber schreibe ich meine Doktorarbeit“, sagt Steinpilz.

Einige Wochen vor Ausschreibung des Überflieger-Wettbewerbs gingen Tobias Steinpilz und ein anderer Doktorand aus der Arbeitsgruppe Wurm dieser Frage mit einem größeren Aufbau im Fallturm nach. Dabei traten bereits Effekte auf, die auf eine elektrostatische Aufladung hindeuten. „Die Dauer des Versuchs reichte aber nicht aus, um ein Zusammenklumpen zu beobachten“, bedauert Steinpilz. Als sein Doktorvater ihn auf den Wettbewerb hinwies, suchte er sich daher Mitstreiter, um das Experiment „ISS-tauglich“ zu machen. „Jeder, den ich gefragt habe, hat sofort zugesagt. Es ist eine fantastische Chance, ein eigenes Experiment auf die ISS schicken zu dürfen!“

Die wissenschaftliche Fragestellung des ARISE-Projekts lässt sich ausschließlich auf der ISS untersuchen, denn die Kräfte zwischen den elektrostatisch aufgeladenen Glaskugeln sind so klein, dass sie nur unter Mikrogravitation beobachtbar sind. Die Glaskugeln simulieren dabei die kosmischen Staubteilchen und werden im Experiment gezielt zur Kollision gebracht. Fraglich ist, ob sie tatsächlich aneinander haften



Das Team der Universität Duisburg-Essen (v. l. n. r.: Felix Jungmann, Tobias Steinpilz, Grzegorz Musiolik, Maximilian Kruß

und Tunahan Demirci) möchte die Rolle von Entladungen bei der Planetenentstehung untersuchen.

bleiben und immer größere Cluster bilden. Auf der ISS soll der Aufbau 30 Tage lang in Betrieb sein. „Das gibt uns die Möglichkeit, das Experiment hundert bis zweihundert Mal durchzuführen und dabei die Parameter zu verändern“, erläutert Tobias Steinpilz. Einmal pro Tag besteht die Möglichkeit, die Daten herunterzuladen und den Parametersatz für die Experimente des folgenden Tages anzupassen.

Ein Modell wird Realität

Doch der Weg bis zum fertigen Experiment war lang und arbeitsreich. „Bereits bis zum Auswahlworkshop hatten wir mehrere hundert Stunden Arbeit investiert. Es wäre daher sehr ärgerlich gewesen, wenn es nicht geklappt hätte“, sagt Tobias Steinpilz. Beim Workshop hatte das Team sein Experiment als gedrucktes 3D-Modell im Gepäck, und auch in puncto Elektronik und Programmierung war viel Entwicklungsarbeit geleistet. Doch danach galt es, das Experiment tatsächlich zu realisieren.

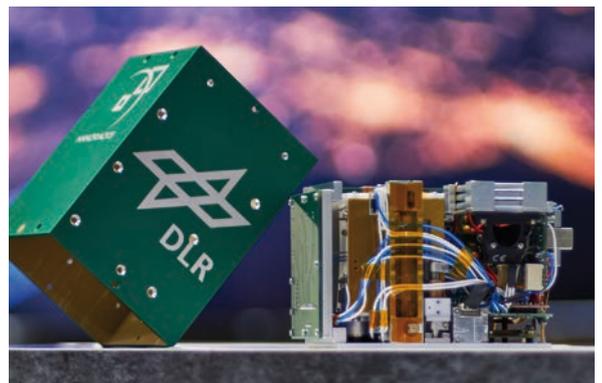
Damit Alexander Gerst es in Betrieb nehmen kann, muss es in einem so genannten Nanocube installiert sein. Das ist ein Quader mit $10 \times 10 \times 15$ Zentimeter Außenkante, der per USB-Anschluss mit der ISS verbunden ist. Die Schnitt-

stelle zwischen dem Experiment und der ISS hat Recktor Software-Entwicklung programmiert. „Das hätte uns zu viel Zeit gekostet, weil wir uns erst intensiv hätten einarbeiten müssen. Wir promovieren schließlich nebenher noch“, unterstreicht Tobias Steinpilz.

Das erste funktionierende Modell des Experiments war im Oktober fertig und ging dann auf die Reise zur Firma NanoRacks in die USA. NanoRacks überprüft im Auftrag der gemeinnützigen Gesellschaft DreamUp – neben der DPG ein Unterstützer des Wettbewerbs – Nutzlasten für Weltraumexperimente und stellt sicher, dass sie den Anforderungen der NASA entsprechen. „Dort wurde unser Modell auf Herz und Nieren geprüft, um beispielsweise sicherzustellen, dass von den verbauten Batterien keine Gefahr ausgeht“, erläutert Steinpilz. Im Januar hatten

2) Neuigkeiten zu ARISE finden sich auf fb.com/iss.arise.

Das ARISE-Experiment vor dem Einbau in den grünen Kubus.



Das Team EXCISS von der Goethe-Universität mit Tamara Koch (mittlere Reihe, 2. v. l.), Dominik Spahr (vordere Reihe, 1. v. l.) und David Merges (hinten, 1. v. l.) untersucht Chondren.



zudem alle drei Überflieger-Teams Besuch von Mitarbeitern der Firma NanoRacks, um mit ihnen die spezifischen Details ihrer Experimente zu diskutieren. Dieser Besuch war erforderlich, weil alle drei Gewinnerexperimente deutlich komplexer waren als anfangs gedacht.

Anfang Februar lagen dem ARISE-Team alle notwendigen Freigaben für sein Experiment vor. Tobias Steinpitz und seine Mitstreiter sehen dem Raketenstart zuversichtlich entgegen: „Sobald unser Experiment Daten liefert, werden wir daraus wissenschaftlichen Nutzen ziehen können!“

Mit Blitzen zu Klumpen

Auch das EXCISS-Experiment von Studierenden der Goethe-Universität Frankfurt widmet sich der Planetenentstehung. EXCISS steht für Experimental Chondrule Formation at the ISS und möchte der Frage nachgehen, wie Chondren entstan-

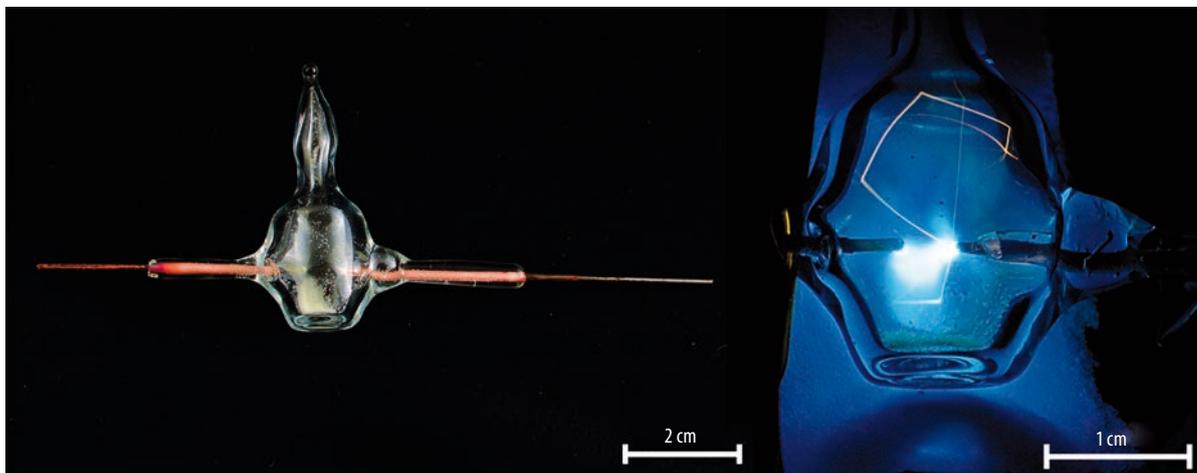
den sind, also millimeterkleine Kügelchen, die aus Silikaten und Metallen bestehen und sich in vielen Meteoriten finden, den so genannten Chondriten. „Man geht davon aus, dass Chondren unter den ersten Objekten waren, die sich im solaren Nebel gebildet haben und dass sie bei der Bildung von Meteoriten und später Planeten eine entscheidende Rolle gespielt haben“, führt die Geowissenschaftlerin Tamara Koch aus, die das Team leitet. „Zu ihrer Entstehung gibt es allerdings bislang nur Theorien.“ Eine Möglichkeit könnten Blitze sein – und dem geht die Frankfurter Doktorandin mit ihren elf Teamkollegen nach.

Die Probenkammer des Experiments besteht aus Glas und ist mit einer dünnen Atmosphäre aus Argon und einem Staub aus Magnesiumsilikat gefüllt. Durch Laden und Entladen von Plattenkondensatoren werden Blitze erzeugt, welche die Partikel so stark aufheizen, dass sie sich zu Chondren zusammenschließen – so die Hoffnung des Teams.

Von den bekannten Theorien zur Chondrenentstehung erklärt die Blitzhypothese sehr viele Eigenschaften. Zudem lässt sich diese Theorie auf dem verfügbaren Raum prüfen. „Das war ein Kompromiss zwischen realistisch und realisierbar“, stellt Tamara Koch pragmatisch fest. Die Idee zu diesem Experiment entstand bei einem Brainstorming, als die Doktorandin mit anderen Studierenden der Geowissenschaften und der Physik überlegt hat, welches Experiment auf der ISS die Arbeit der Gruppe besonders gut ergänzen könnte.

Mit einem kleinen Laboraufbau hat das Team seit der erfolgreichen Auswahl unter anderem getestet, wie viel Energie im Lichtbogen notwendig ist, um die Partikel genügend aufzuheizen, oder welche Elektroden sich am besten eignen. Pellets von Magnesiumsilikat haben die Studierenden gemörsert und gesiebt, damit nur Partikel zurückbleiben, die mindestens 80, aber höchstens 120 μm groß sind. Auch dieses Experiment funktioniert nur in der Schwerelosigkeit. „Auf der Erde würde unser Pulver am Glasboden liegen bleiben, aber die Staubkörner sollen zwischen den Elektroden schweben. Werden sie dann vom Blitz getroffen, beschleunigen sie und kollidieren mit anderen Staubteilchen“, erläutert Tamara Koch. Da das Experiment relativ viel Energie benötigt und somit lange Ladezeiten der Akkus, sollen parallel erste Auswertungen stattfinden, um die Parameter gezielt ändern zu können. „Für Alexander Gerst wird das allerdings recht langweilig. Im

Die Probenkammer des EXCISS-Experiments (links) besteht aus Glas mit Wolframelektroden. Die Probenkammer und die Elektroden wurden bereits mit hoher Energie getestet (rechts).



Idealfall baut er das Experiment in ein Versuchsrack ein und startet es. Den Rest übernehmen wir vom Boden aus“, sagt Kochs Teamkollege Dominik Spahr, der in Mineralogie/Kristallographie promoviert.

Aufwändig war es dagegen herauszufinden, welche Spezifika das Experiment erfüllen muss. „Wir haben an mehreren Stellen den Pfad verlassen, den andere Projekte vor uns genommen haben. Das hat die Abstimmung mit NanoRacks schwierig gemacht“, erklärt er. Denn NanoRacks musste offene Fragen zunächst mit der NASA abklären. So trudelten die Antworten auf einzelne Fragen erst nach Wochen ein. Um Ideen intensiv zu testen und zu optimieren, fehlte dann die Zeit. „Zu jedem neu entwickelten Teil haben wir uns parallel eine Alternative überlegt, um schnell reagieren zu können, wenn etwas nicht funktionieren sollte“, verdeutlicht David Merges, der für die Elektronik zuständig ist.

Über Monate hinweg hat das Team jede freie Minute investiert. „Manchmal haben wir Tag und Nacht gearbeitet“, blickt Koch zurück. „Aber diese tägliche Herausforderung hat uns gereizt!“ Um das Experiment in der kurzen Zeit überhaupt realisieren zu können, hatten die Studierenden auch Hilfe von außen: So durften sie von der Firma BIOVIA ein elektronisches Laborbuch nutzen, ZEISS hat die Optik zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe sich die Mikropartikel einzeln registrieren lassen. Zudem unterstützt die Schwiete-Stiftung das Team bei Personalkosten. Mitglieder des Vereins Hackerspace Frankfurt haben zudem die gesamte Software für das EXCISS-Experiment entwickelt. Wenn es zur ISS startet, soll der Computerclub daher dabei sein: „Ohne diese Hilfe würde unser Experiment gar nicht laufen“, stellt Dominik Spahr fest.

Gezielt gepumpt

Einer völlig anderen Fragestellung widmet sich das Experiment aus Stuttgart. Bei PAPELL – Pump Application using Pulsed Elec-



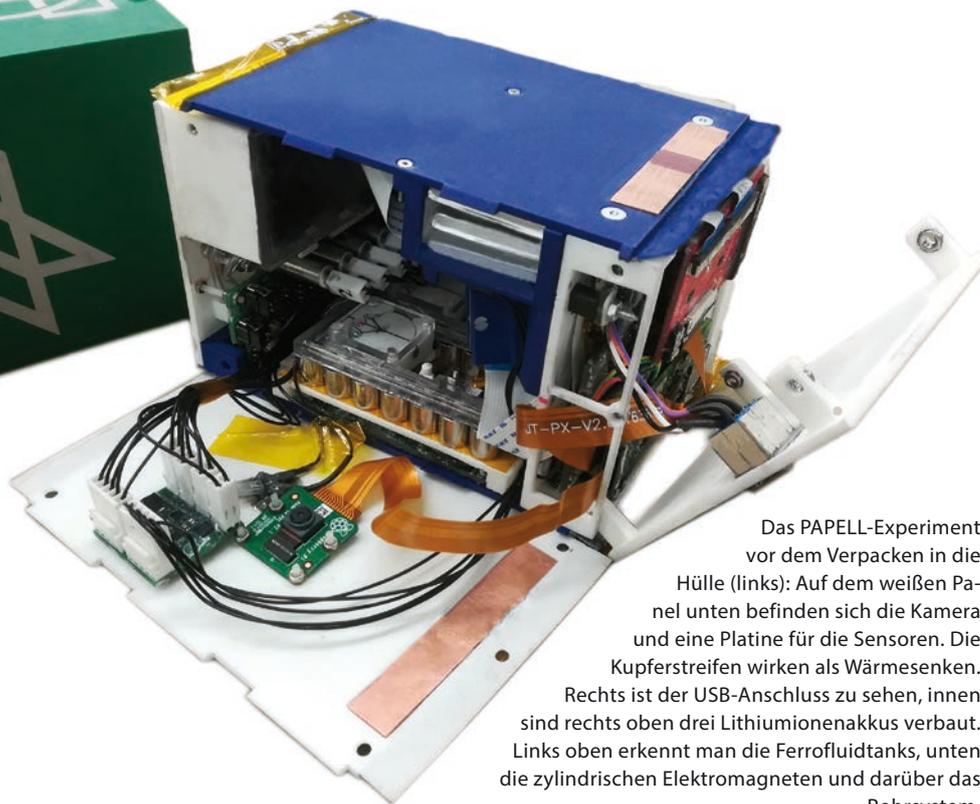
Rund 30 Studierende bilden das PAPELL-Team von der Universität Stuttgart. Vorne in der ersten Reihe sitzen Manfred Ehresmann (2. v. l.) und neben ihm Franziska Hild.

tromagnets for Liquid relocation – handelt es sich um einen Technologie-Demonstrator, der auf ein Forschungsthema des NASA-Wissenschaftlers Steve Papell zurückgeht: 1963 hatte dieser die Idee, den Treibstoff einer Rakete mithilfe elektromagnetischer Felder zu pumpen. Daher entwickelte er ein Ferrofluid – also kleinste Ferritpartikel in einer Emulsion – und entsprechende Pumpmechanismen. Diese Idee haben rund 30 Studierende aufgegriffen und in Miniaturform für die ISS realisiert. Sie alle sind Mitglieder der Studentischen Kleinsatellitengruppe der Universität Stuttgart KSat e.V. – ein Verein, der mit viel Expertise bei der Realisierung helfen konnte. Vor diesem Hintergrund war sofort klar, dass sie sich für den Überflieger-Wettbewerb bewerben würden. „Wir sind die perfekte Zielgruppe für diesen Wettbewerb, denn genau dafür wurde unser Verein gegründet“, stellt Manfred Ehresmann, Doktorand am Institut für Raumfahrtssysteme und Projektbetreuer bei PAPELL, fest.

Im Zentrum des Experiments stehen ein Ferrofluid und mehrere Elektromagnete, die sich einzeln schalten lassen. Wird der erste Elektromagnet angeschaltet, zieht er das Ferrofluid an. Der zweite sorgt für den Weitertransport. „Wenn wir die Elektromagnete der Reihe nach an- und abschalten, transportieren

wir einzelne Tropfen des Ferrofluids. Das ist der erste Schritt zu einer Pumpe“, erläutert Franziska Hild, die studentische Projektleiterin bei PAPELL. Neben dem reinen Transport wollen die Studierenden versuchen, einen Tropfen aufzuteilen und wieder zusammenzuführen, um einen Massenstromregler zu realisieren. In einem abgeschlossenen Rohrsystem möchten sie zudem einen Gas- und Feststofftransport demonstrieren.

Nützlich könnte das für die Raumfahrt sein. „Eine Ferrofluidpumpe könnte eine Brennkammer ohne mechanische Teile ermöglichen, in der zwei Gase chemisch miteinander reagieren können“, erläutert Manfred Ehresmann. Das Experiment benötigt keine Mikrogravitation. Daher hat das Team ein identisches Experiment aufgebaut, um es zeitgleich am Boden zu betreiben. Damit wollen die Studierenden Unterschiede feststellen und haben die Möglichkeit, neue Software zu testen, bevor sie diese zur ISS hochladen. „Das Ziel ist ganz klar, eine solche Pumpe in der Raumfahrt anzuwenden. Aber dafür muss man sie vorher unter Schwerelosigkeit getestet haben“, betont Franziska Hild. Interessant könnte ein solcher verschleißbarer Antrieb für Langzeitmissionen – beispielsweise zum Mars – sein. Aber auch auf der Erde könnte die Technologie zum Einsatz kommen,



Das PARELL-Experiment vor dem Verpacken in die Hülle (links): Auf dem weißen Panel unten befinden sich die Kamera und eine Platine für die Sensoren. Die Kupferstreifen wirken als Wärmesenken. Rechts ist der USB-Anschluss zu sehen, innen sind rechts oben drei Lithiumionenakkus verbaut. Links oben erkennt man die Ferrofluidtanks, unten die zylindrischen Elektromagneten und darüber das Rohrsystem.

wenn Pumpen sehr lange in Betrieb sein sollen, ohne dass Wartungspersonal in der Nähe ist. „Ein Beispiel sind Brunnenpumpen in abgelegenen Regionen“, sagt Ehresmann.

Auch das PARELL-Team hat bei den intensiven Sicherheitschecks der Firma NanoRacks unter Beweis stellen müssen, dass das Experiment keine Gefahr für die Astronauten und die ISS darstellt. „Alle Tests liefen erfolgreich, sodass inzwischen alles genehmigt ist“, freut sich Franziska Hild. Selbst als alle Elektromagnete gleichzeitig in Betrieb waren – was später nicht der Fall sein wird –, lag die Magnetfeldstärke um eine Zehnerpotenz unter dem erlaubten Grenzwert. Zum Transport der Ferrofluidtropfen wird es aber hoffentlich reichen.

Die letzten Monate waren für alle Beteiligten sehr arbeits-, aber auch abwechslungsreich. Anfangs haben die Studierenden beispielsweise versucht, die Elektromagnete selbst zu drehen. Allerdings war recht schnell klar, dass sie bei über 50 Elektromagneten im Experiment schnell an ihre Kapazitätsgrenzen kommen. Schwierig war es auch, eine perfekte Beschichtung für die Experimentierkammer zu finden.

Denn das Ferrofluid darf daran nicht haften bleiben – das würde der Kamera den Blick versperren. „Wir haben abenteuerliche Experimente mit Backpapier oder Butterbrotpapier angestellt“, lacht Manfred Ehresmann. Zum Einsatz kommt nun eine spezielle Teflon-Nanobeschichtung, die am Karlsruher Institut für Technologie entwickelt wurde.

Der Start des Experiments ist für den 20. Mai (nach Redaktionsschluss) vorgesehen, sodass für die Stuttgarter Studierenden die stressigste Phase vorbei ist. „Der Zeitplan war extrem eng, aber wir haben die Arbeit in unserem Team gut verteilt“, bekräftigt Franziska Hild. Bereits jetzt bedeutet die Teilnahme am Überflieger-Wettbewerb einen großen Erfolg für das Team, das größtenteils aus jungen Studierenden besteht – Manfred Ehresmann ist der einzige Doktorand. „Wir haben schon viele wichtige Erfahrungen gesammelt, außerdem ist es für uns natürlich eine Ehre, dass Alexander Gerst unser Experiment in Betrieb nehmen wird“, freuen sich Ehresmann und Hild. Einen Teil der Daten erhalten sie während des 30-tägigen Betriebs, aber

viel wichtiger ist ihnen, dass sie nach der Mission ihr Experiment zurückbekommen. „Dann können wir einen großen Schatz an Daten heben“, ist Manfred Ehresmann überzeugt.

Begeisterung auf Dauer

Der Überflieger-Wettbewerb zielt darauf ab, den Nachwuchs für Wissenschaft und Technik zu begeistern. Bei den drei Gewinnerteams hat das definitiv geklappt. „Die Nachwuchsförderung ist uns sehr wichtig. Wir wollen damit Werbung für den gesamten Bereich der Naturwissenschaften und Technik machen“, erläutert Johannes Weppeler. Ob es eine Wiederholung des Wettbewerbs geben wird, steht aber noch nicht fest. „Das Programm ist für uns aktuell an Alexander Gersts Mission gekoppelt, weil die Sichtbarkeit in Deutschland dadurch besonders hoch ist“, sagt Weppeler.

Für Studierende besteht dennoch die Möglichkeit, Experimente zu entwickeln, die in reduzierter Schwerkraft stattfinden sollen: Mit dem Rexus/Bexus-Programm bietet das DLR Studierenden die Möglichkeit, wissenschaftliche und technische Experimente auf Raketen oder Ballonen durchzuführen. Gert-Ludwig Ingold war auch hier Mitglied der Jury. „Zwei Experimente, die bei Überflieger nicht zum Zuge kamen, wurden für Rexus/Bexus ausgewählt“, freut er sich.

Wenn Alexander Gerst am 6. Juni zu seiner zweiten Langzeitmission startet, werden das viele Menschen in Deutschland gespannt verfolgen. Dieses Mal hat er sogar eine Flagge der DPG dabei, mit der er sich auf der ISS fotografieren lassen wird. „Gerst ist als Physiker ein tolles Vorbild. Er zeigt, was man mit einem Physikstudium alles erreichen kann“, stellt Arnulf Quadt fest. Mehr als 50 Experimente deutscher Universitäten und Forschungseinrichtungen, deutscher Firmen und des DLR wird Gerst im Rahmen seiner Horizons-Mission betreuen – darunter die drei Gewinnerexperimente des Überfliegerwettbewerbs.