

Vom Windde

Von Dr. Niklas Reinke

BEXUS – Studenten forschen in luftiger Höhe

Der Ballon für BEXUS-7 ist startbereit.



Das polnisch-rumänische Studenten-Team bei letzten Vorbereitungen.



verweht

Es ist ein langer Weg zu ESRANGE, egal woher man kommt. Mitunter muss man dreimal zwischenlanden, bevor man mitternachts den Flughafen von Kiruna im schwedischen Norden erreicht. Dann liegen 45 Kilometer Autofahrt vor einem, über verlassene Straßen, durch düsteren Wald. Kein Mond scheint heute auf dem Weg durch lichte Fichtenwälder, nur das neblig-grüne Schimmern eines Polarlichtes sorgt kurzzeitig für

geisterhafte Beleuchtung. Der Oktober ist die finsterste Jahreszeit nördlich des Polarkreises, denn erst, wenn später Schnee die weiten Fluss- und Seelandschaften dauerhaft bedeckt, wird die Mittwinternacht heller, freundlicher. Doch kalt ist es auch jetzt schon, minus vier Grad Celsius. In Kiruna hat der Winter bereits begonnen.

Die 26 Studenten, die zum Forschungsaufenthalt vom 3. bis 11. Oktober 2008 zum europäischen Startplatz für Höhenforschungsraketen gekommen sind, stört das nicht. Aus zehn Ländern sind sie nach Lappland gereist, aus ganz Europa und Australien. Weit hinauf wollen sie von hier. Schwer bepackt mit Laptops, Messgeräten und Werkzeugkästen, Norwegerpullover, Mütze und Schal betreten sie das weitläufige Gelände von ESRANGE. Auf dem Areal ragen ausrangierte Höhenforschungsraketen wie Statuen eines gotischen Kirchhofs gen Himmel. In der Mitte des

Geländes sind in einem roten Backsteingebäude Administration und Missionskontrolle untergebracht. Die beiden Radardome auf dem Dach vervollständigen das Bild eines postmodernen Sakralbaus. Von seinen Zinnen hat mein einen guten Überblick, sieht auf die Raketeneinrichtung mit dem pyramidenförmigen Startturm und den großflächigen Ballonstartplatz. Etwas abseits erhebt sich der Radar Hill, auf dem haushohe Parabolantennen aufmerksam die Flugbahnen der sich in polaren Erdorbits befindlichen Satelliten und Raketen beobachten – Augen und Ohren der Weltraumlotsen zugleich.

ESRANGE ist ein wissenschaftlich-technisches Monasterium, ein Rückzugsort für Forscher und Tüftler, Himmelsstürmer und Präzisions-Ingenieure. Zwischen 1964 und 1966 wurde die European Space Range von der European Space Research Organisation (ESRO), einer der Vorgängerorganisationen der ESA, errichtet. Es





Die Teams bringen ihre Experimente auf der Forschungsgondel an.



Die Gondel verlässt die „Kathedrale“.



Das Team DOLS beim Interferenz-Test.
Anne Theuerkauf legt letzte Hand an.



war der erste Ort, von dem aus das westliche Europa ab 1966 in den Weltraum startete. Forscherteams, vor allem aus Deutschland und Großbritannien, schweißte hier das nächtelange Ausharren bei arktischen Temperaturen zusammen. Mit ihrer Arbeit auf Höhenforschungsraketen legten sie den Grundstein für die europäische Raumfahrt, eine der wirklich großen Leistungen des politischen Europas. Seit 1974 werden von hier aus auch Forschungsballone gestartet. In diesen Oktobertagen führen hier, auf 68 Grad nördlicher Breite, nah an der norwegischen und finnischen Grenze, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die Schwedische Nationale Raumfahrt Organisation (SNSB) ihr gemeinsames Programm REXUS/BEXUS (Raketen- bzw. Ballon-Experimente für Universitätsstudenten) durch. Es ermöglicht Studenten, eigene praktische Erfahrungen bei der Vorbereitung und Durchführung von Raumfahrtprojekten zu gewinnen.

Die mit Helium gefüllten BEXUS-Ballone eignen sich besonders für Atmosphärenforschung und technologische Experimente, denn sie durchfliegen die Troposphäre und stoßen vor in die über ihr liegende Atmosphärenschicht, die Stratosphäre. Hierfür müssen die Ballone deutlich leichter als Luft sein und so beschaffen, dass sie den mit zunehmender Höhe sinkenden Luftdruck ausgleichen. Die Ballone bestehen aus mikrometerdünner Folie, so fein wie ein Haar. Während ihres drei- bis sechsständigen Flugs erreichen die Ballone eine Höhe von 20 bis 35 Kilometern. Dort oben ist es bei minus 50 Grad Celsius empfindlich frisch und der Luftdruck beträgt auf maximaler Höhe nur wenige Tausendstel des Bodendrucks. Das gesamte Forschungsequipment muss diesen Be-

dingungen standhalten und robust in der Ballongondel, einem schmucklosen Aluminiumgestell, installiert sein, denn trotz vorhergehender Messungen kann ein ruhiger Flug nicht immer garantiert werden.

Vorbereitungen am Polarkreis

Die Nacht hat den Boden weiß gefärbt, doch es schneit nicht; es ist vielmehr so, als wenn die Luft Eiskristalle ausatmen würde. Nur knapp fünf Minuten Fußmarsch sind es vom Hauptgebäude zum Ballonstartplatz, doch für die zieht man sich besser warm an. Hier steht die Vorbereitungshalle, die wegen ihrer Größe „Kathedrale“ genannt wird. In dieser geht es die letzten Tage vor dem Start eilig zu. Die acht Experimentier-teams haben sich an Werkbänken breit gemacht, sie schrauben, löten, bohren. Die Ballonstarts sind der Höhepunkt ihrer Forschungsprojekte, auf den die Nachwuchswissenschaftler ein Jahr lang hingearbeitet haben. Drei Experimente aus deutschen Hochschulen konnten sich für die diesjährige Forschungskampagne qualifizieren, fünf weitere stammen von Studenten aus Schweden, Polen, Rumänien, Italien, den Niederlanden, Österreich, Tschechien und Australien.

Anne Theuerkauf sieht zuversichtlich auf die kleinere der beiden Ballongondeln. Die Doktorandin am Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock ist vor einem Jahr im Internet auf die Ausschreibung der DLR Raumfahrt-Agentur gestoßen. Zusammen mit zwei Kommilitoninnen hat sie gleich zwei Versuche eingereicht: Die Experimente Turatemp (Turbulence in the stratospheric temperature field) und Turawind (Turbulence in the stratospheric wind field) sollen die in der

Stratosphäre ablaufenden physikalischen Vorgänge besser beschreiben. Die Studentinnen vermessen dazu kleinräumige Schwankungen im Temperatur- und Windfeld. Diese entstehen durch Turbulenzen bei der Brechung von Schwerewellen. Schwerewellen werden in der unteren Atmosphäre angeregt, zum Beispiel bei der Strömung von Luft über ein Bergmassiv. Sie können den bei ihrer Entstehung erhaltenen Impuls bis hinauf in die Mesosphäre in 50 bis 85 Kilometer Höhe transportieren. In der immer dünner werdenden Atmosphäre nimmt dabei die Amplitude der Wellen zu, bis sie – ähnlich wie Wasserwellen am Strand – brechen. Dabei geben sie ihre Energie an die Umgebung ab und verändern sie. Die Ergebnisse dieses Experiments sollen in Computermodell über das Weltklima einfließen.

Zwei Tage haben die Teams Zeit, ihre Anlagen in die Ballongondeln einzubauen, dann wird es ernst: Am Sonntag, dem 5. Oktober 2008, erfolgt der Interferenz-Test für BEXUS-6, dem für Montag vorgesehenen Ballon. Ein gewaltiges Kransystem hievt den Metallkubus zum drei Stockwerke hohen Portal der Kathedrale, dort übernimmt HERKULES. HERKULES ist mit den Ausmaßen einer Lokomotive fürwahr ein dicker Brummi, eine Spezialanfertigung, von der es nur noch eine zweite Version gibt und zwar in den USA. 70.000 Kilogramm brächte die Ballonstartmaschine auf die Waage. „Der Fahrer spürt nicht, wenn er einen von Euch überrollt, also haltet großräumig Abstand“, warnt Sicherheitschef Per Baldemar mit mahrender Stimme, die es gewohnt ist zu befehlen – Per hat früher beim schwedischen Militär gearbeitet. HERKULES muss stark und schwer sein, um den Zugkräften standzuhalten, die bei einem Ballonstart auftreten. Immerhin

Ein Programm für den wissenschaftlichen Nachwuchs

Jährlich im Herbst können Studenten ihre Vorschläge für Experimente in der Gondel eines Ballons (BEXUS – Ballon-EXperimente für Universitäts-Studenten) oder auf Höhenforschungsraketen (REXUS – Raketen-EXperimente für Universitäts-Studenten) einreichen. Jeweils die Hälfte der Raketen- und Ballon-Nutzlasten stehen Studenten deutscher Universitäten und Hochschulen zur Verfügung. SNSB hat den schwedischen Anteil für Studenten der übrigen ESA-Mitgliedsstaaten geöffnet, wobei die Ausschreibung über die ESA abgewickelt wird. Die programmatische Leitung und die Ausschreibung der deutschen Experimente erfolgt durch die DLR Raumfahrt-Agentur in Bonn. Für die Organisation, Betreuung und Integration der deutschen Experimente wurde am DLR-Institut für Raumfahrtssysteme in Bremen das REXUS/BEXUS-Projektbüro eingerichtet. Ihm obliegt die DLR-interne Projektleitung. Die Flugkampagnen werden von Euro-Launch, einem Joint Venture der Mobilien Raketen Basis des DLR (MoRaBa) und dem ESRANGE Space Center des schwedischen Raumfahrtunternehmens SSC (Swedish Space Cooperation), durchgeführt.





HERKULES hat BEXUS-6 auf den Ballonstartplatz gefahren.



Thomas Hedqvist (mitte) ist für den Countdown verantwortlich.



10.000 Kubikmeter Helium werden in den Ballon gefüllt.



gibt es auch Großballone, die weit über eine Million Kubikmeter umfassen. Heute wird die Maschine nur dafür benutzt, die Forschungsgondel einige Meter von der Vorbereitungshalle zu entfernen, um zu testen, ob die Experimente selbstständig funktionieren, die telemetrischen Daten plangemäß zur Bodenstation übermittelt werden und es dabei zu keinen elektromagnetischen Interferenzen zwischen den Versuchsapparaten kommt. Nach zwei Stunden steht fest: BEXUS-6 ist startbereit. – Das Wetter leider nicht. Im Flight Readiness Review am Sonntagabend wird den zerknirschten Studenten mitgeteilt, dass ein Tiefdruckgebiet über ESRANGE herzieht. Bei Regen kann der Ballon nicht ausgelegt, bei zuviel Wind nicht kontrolliert aufgefüllt und gestartet werden. Am Montagabend sieht es noch trüber aus, alles ist in milchigen Dunst gehüllt.

Das aber gibt den Teams Zeit, noch ein wenig an ihren Experimenten zu feilen, wofür insbesondere die zweite deutsche Studentengruppe dankbar ist. Acht Studenten der Hochschulen in Braunschweig, Tübingen, Heidelberg, München, Mainz, Cambridge und Barcelona haben sich in einer interdisziplinären Gruppe zusammengeschlossen, um Mikroorganismen der oberen Atmosphäre aufzuspüren. Hierfür benötigen sie Elektrotechniker ebenso wie Biologen und Physiker, selbst Designer sind eingebunden. Über Freundschaften und Internet-Foren schufen sie das Team DOLS (Diversity and Origin of Life in the Stratosphere), das weder von Diplom- noch Promotionsambitionen angetrieben wird, sondern von der puren Begeisterung an Technik und Forschung.

Am Dienstagabend herrscht Anspannung im Konferenzraum. Das Aus-

harren der letzten Tage hat der anfangs sehr entspannten Stimmung den notwendigen Missionsernst verliehen. Mikael Wertotak ist eine der ausschlaggebenden ESRANGE-Größen, denn er verfolgt die Wind- und Wetterprognosen verschiedener meteorologischer Dienste und errechnet die möglichen Flugbahnen der nicht steuerbaren Ballone. Die Ballone sollen nah an der schwedischen Grenze runtergehen, möglichst nicht in finnischem Militärgelände und schon gar nicht in Russland. Während der Briefings ist Mikael Miene ernst. Von Mikael's Analyse hängen Wohl und Weh einer lange vorbereiteten Mission ab. Doch an diesem Abend ist sein Blick eine Nuance lebhafter, denn er hat gute Neuigkeiten: Mittwoch ist der perfekte Starttag, so gut, dass Countdown-Chef Thomas Hedqvist gleich beide Missionen für den kommenden Tag ansetzt.

Der Countdown läuft

Das bedeutet eine kurze Nacht. Tiefe Finsternis umhüllt die Range, als Anne Theuerkauf gegen 4.30 Uhr die Kathedrale betritt. Mit ihrem Team überprüft sie noch einmal Turawind und Turatemp, später muss sie den Batteriebetrieb einschalten. Auch die übrigen Gruppen legen letzte Hand an ihre Versuche an, die Missionskontrolleure überprüfen die Telemetriestrukturen zur Gondel. Der Countdown läuft – noch vier Stunden bis zum Start. Als um 7 Uhr feststeht, dass alle Systeme einsatzbereit sind, wird BEXUS-6 erneut an HERKULES befestigt. Wie Weihnachtsschmuck hängt die Nutzlast nun am Ende des Gefährts.

T minus 2 Stunden: Kalte Luft schneidet in die Wangen. Die Fahrt auf das riesige Startfeld beginnt. Langsam rollt der gigantische Trans-

porter über die dunkelgraue Fläche, mit Sicherheitsabstand verfolgt von Flugingenieuren, Wissenschaftlern und Fernseh-Teams. Als über den Wipfeln des Waldes die Sonne orangegold die Nacht vertreibt, kommt der Kollos wenige hundert Meter von der Kathedrale entfernt auf dem Kiesgrund zum Stehen. Über ein Seilsystem wird die Nutzlast mit dem Fallschirm verbunden, der später den Sinkflug abbremsen wird.

T minus 1 Stunde: Die niedrige Sonne hat den letzten Raureif geschmolzen und blendet. Über das Feld tuckert ein kleiner Trecker, auf dessen Anhänger unpräzise eine flache Bretterkiste von gut einem mal einem Meter ruht. Mit Argusaugen wird sie von allen Umstehenden verfolgt, denn sie beinhaltet wertvolle Fracht: den ersten Stratosphärenballon des Tages. Die Experten der Swedish Space Cooperation, deren Vorfahren ganz sicher bärenstarke Wikinger waren, ziehen die seidenfarbene Folie aus ihrem roten Plastik-Kokon und legen den hauchdünnen Ballon der Länge nach auf eine Plane. Im Anschluss wird er hinter dem Fallschirm mit dem Gesamtsystem verbunden, das nun gut 100 Meter misst.

T minus 30 Minuten: Per Baldemar ist jetzt hoch konzentriert. Routiniert bellt er Sicherheitskommandos, denn gleich werden dutzende von LKW-Ladungen Helium mit Hochdruck in den Ballon gefüllt. Kein Experimentator, kein Journalist darf sich jetzt mehr in der Nähe des zum Leben erwachenden Himmelsgefährts aufhalten. Wie mit überdimensionierten Föhen werden 10.000 Kubikmeter Gas in die Kunststoffhülle geblasen, die sich daraufhin aufbläht zu einem stattlichen, lang gestreckten Ballon. Gerade einmal zehn Minuten dauert dieser Vorgang, das ohrenbetäubende





Gut sichtbar hängt der Fallschirm nach erfolgreichem Flug in den Baumwipfeln.



Studenten aus zehn Ländern vor ihren Forschungsgondeln BEXUS-6 und -7.

Zischen ist bis hinauf auf den einen Kilometer entfernten Radar Hill zu vernehmen.

T minus 1 Sekunde: Der Ballon ist gefüllt. HERKULES steht für seinen Kraftakt bereit. Kein Lüftchen regt sich. Doch der Start zögert sich hinaus, denn das polnisch-rumänische Experiment – der Star der vergangenen Tage – erhält keine Funkverbindung. Die Studenten aus Warschau und Bukarest haben einen 2,7 Kilogramm schweren Gleiter gebaut, der aus 17 Kilometer Höhe von der Ballongondel ausgeklinkt werden soll.

Beim anschließenden Sinkflug wollen sie Steuer- und Kontrollierbarkeit eines ferngesteuerten Flugkörpers testen. Doch nun, hier draußen auf dem Flugfeld, erhalten sie keinen Kontakt mehr zu ihrem Mini-Shuttle. Schließlich muss es von der Mission BEXUS-6 entfernt werden. Jetzt begleitet nur noch das Experiment LowCoins von Studenten der Universität Rom, das neue Sensoren zur Lage und Positionsbestimmung des Ballons erproben wird, die Versuche der Rostocker. Ein Hauch von Wehmut liegt in der Luft.

Doch dann ertönt wieder die Stimme von Thomas Hedqvist durch die Lautsprecheranlagen: „Ready for lift off – the balloon has been released.“ Vom Radar Hill herab sieht man zunächst nichts, dann schwingt sich der Ballon mit dem anhängenden Fallschirm über HERKULES hinweg – und verharrt. Denn jetzt muss die Nutzlast behutsam freigegeben werden, ohne dass sie wild hin-und-her schaukelt. Um 9 Uhr wird BEXUS-6 in den verhangenen Morgenhimmel entlassen, wo er bald in das Höhen-grau eintaucht.

Wenig später ist ein frühes Mittagessen angesagt, denn viel Zeit bleibt nicht, bis der Countdown für BEXUS-7 beginnt. Am frühen Nachmittag stellt ESRANGE zudem einen Wetterballon zur Verfügung, der den kürbisgroßen polnisch-rumänischen Gleiter um 13.15 Uhr doch noch startet, wenn auch nur auf 2,5 Kilometer Höhe. Über die Flugeigenschaften können die Studenten die Erkenntnis gewinnen, dass die Stabilisierung eines trudelnden Fallkörpers komplizierter ist, als sie sich das gewünscht hätten – unkontrolliert schlägt ihr Gefährt im borealen Wald nieder. Nomen est omen: Das Team hatte, wohl etwas selbstironisch, ihren Flugkörper auf den Namen ICARUS getauft.

Die Vorbereitungen zu BEXUS-7 laufen ähnlich ab wie zuvor BEXUS-6, nur dass das DOLS-Team etwas munterer wirkt als das Team von Turatemp/Turawind am Morgen. Die Nutzlast-Gondel von BEXUS-7 ist deutlich größer, auch der Ballon wird mit 12.000 Kubikmetern ein größeres Volumen besitzen. Mit an Bord geht das Experiment Stratospheric Census einer internationalen Studentengruppe, die zusammen an der Universität Kiruna ihren Space Master absolvieren und eine ähnliche Frage-

stellung wie DOLS verfolgt. Das TimePix-Experiment von Studenten der Universität Prag verwendet einen Hybrid-Pixel-Detektor, um in Echtzeit kosmische Strahlung zu messen. Und mit dem AURORA-Experiment der Universität Rom schließlich werden Sensoren zur Bestimmung der physikalischen Atmosphärendaten verwendet. Außerdem beinhaltet es ein Teleskop, das Bilder aus der hohen Atmosphäre aufnehmen kann.

Um 15 Uhr ist auch BEXUS-7 startklar. Nach reibungslosem Countdown schwebt der Stratosphären-Ballon in das wolkenlose Azur. Elegant bewegt er sich zunächst wie eine gewaltige Himmelsqualle, doch je länger man seinen Aufstieg verfolgt, desto mehr kann man erahnen, dass er auf seiner Gipfelhöhe von 27 Kilometern aufgrund des abnehmenden Luftdrucks eine stattlich runde Figur abgeben wird. Die Studenten können das in der Kathedrale über die mitgeführte Webcam beobachten. Im Kontrollzentrum selbst sieht man alle wichtigen Flugdaten: Windgeschwindigkeiten auf den unterschiedlichen Höhen, Fluggeschwindigkeit und den angepeilten Landeplatz.

Ein Ende mit Spannung

Zum Abendessen verkünden die Informationsbildschirme die frohe Kunde, dass BEXUS-6 „schreiend“ in Finnland gefunden worden ist. Das Experiment Turatemp hat die Fluktuationen der Lufttemperatur anhand der Amplitudenschwankungen eines abgestrahlten Tonsignals gemessen. Dessen lautes Heulen hat das Bergungsteam zielsicher an den Landeplatz geführt – wo sie als erstes dem quälenden Geräusch durch Stromentzug ein Ende bereiten. Doch BEXUS-7 macht es noch einmal spannend: Um 19.30 Uhr strahlt von allen Monitoren im

Kontrollzentrum das kontinuierlich neu berechnete Landezenario – und das verheißt nichts Gutes: BEXUS-7 steuert im unaufhaltsamen Sinkflug direkt auf einen der finnischen Seen zu. Doch Mikael Wertotak bleibt die Ruhe selbst, zu häufig schon hat er ähnliche Situationen erlebt. Ungewissheit begleitet das Ballon-Team in die wohlverdiente Nachtruhe.

Am Donnerstagmorgen schneit es, dieses Mal richtig – der gestrige Doppelstart war eine gute Entscheidung gewesen. In Finnland aber schneit es nicht und mit dem neuen Tageslicht wird BEXUS-7 gefunden: Die Nutzlast ist mit 72 Stundenkilometern in einem dichten Birkenwald niedergegangen – der Fallschirm allerdings landet im benachbarten Fluss.

Ende gut, alles gut. Bei der Launch-Party am Abend spricht das BEXUS-Team dem schwedischen Starköl zu und feiert den Abschluss der Kampagne. Wo denn die Rentiere wären, will ein Student wissen. – Die halten sich zu dieser Jahreszeit noch in den Bergen weiter im Norden auf. Nach einigen weiteren Bieren erfährt man von den Schweden eines der letzten wirklichen wissenschaftlichen Geheimnisse, welches das Weltbild des einen oder anderen durcheinander bringen mag: Rudolf, das Rentier, kann kein wahres Männchen sein, denn „richtige“ Rentierbullen stoßen ihr Geweih bereits im November ab – Weibchen und kastrierte Tiere erst im Januar. So klingt eine in jeder Hinsicht bildsame Exkursion in den Polarkreis aus.

Autor:

Dr. Niklas Reinke, Leiter Kommunikation der DLR Raumfahrt-Agentur.

