



Achterbahn auf hohem Niveau

Mit fünfzig Grad Steigung klettert der Airbus A300 »Zero-G« in den Himmel und beschert seinen Passagieren einen schwerelosen Flug durch die Kabine. >> **Joachim Schüring**

Gilles Le Barzic fährt mit seinem Stift die steile Kurve auf dem Overheadprojektor nach und beschreibt die für ein Passagierflugzeug höchst ungewöhnliche Flugbahn: »Ab hier fliegt das Flugzeug nicht. Es fällt! Und wir sind alle da drin.«

Le Barzic war Kampfflieger und ist jetzt Testpilot – und Herr über den ältesten

noch fliegenden Airbus A300. »Zero-G« steht in großen Lettern an dessen Seite, und der Name ist Programm. Denn auf dem Vorfeld des Flughafens Köln/Bonn wartet er darauf, die Schwerelosigkeit zu erklimmen. 1973 war die Maschine zu ihrem Jungfernflug gestartet und bis 1988 zu Testzwecken des Herstellers unterwegs. Seither führt die französische Fir-

ma Novespace mit der Zero-G so genannte Parabelflüge durch – meist im Auftrag der Esa oder des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Ursprünglich für das Astronautentraining gedacht, wird der Flieger heute vor allem von Wissenschaftlern gebucht.

Bei den Flügen folgt das mit besonders kräftigen Triebwerken ausgestattete Flugzeug der gleichen Bahn wie ein in die Luft geworfener Ball (siehe Grafik S. 53). Dazu beschleunigt der Pilot die Maschine und zieht dann kräftig am Steuerknüppel. In dieser Phase lässt die vertikale Beschleunigung die Passagiere zunächst fast doppelt so schwer wer-



AH-Redakteur Joachim Schüring auf Dienstflug: So fühlt sich Raumstation an!

UNIS: C. MORAY / NOVESPACE; RECHTS: J. SCHÜRING / AH



Beim Schwungholen steigt der Airbus A300 Zero-G mit atemberaubend steilem Winkel in den Himmel. In diesem Moment heißt es »Injection!«.

den – die Anziehungskräfte in der Kabine steigen auf 1,8 g.

Noch während des Steigflugs werden die Triebwerke so weit gedrosselt, bis sie gerade den Luftwiderstand ausgleichen. Flieh- und Anziehungskräfte heben sich gegenseitig auf und rund zwanzig Sekunden lang können die Passagiere völlig losgelöst durch den Rumpf treiben.

Der Airbus A300 wurde eigens zu diesem Zweck umgebaut. In seinem engen Cockpit drängen sich gleich vier Mann Besatzung. Bei den Parabelflügen steuert Le Barzic das Höhenruder, während sich sein Kopilot allein um die Querruder kümmert. Hinter ihnen sitzen zwei Flug-

ingenieure. Der eine bedient den Gashebel, der andere behält an den Instrumenten die Übersicht. Zusammen schafft es die Crew, die Restbeschleunigungen in der Kabine unter einem hundertstel g zu halten.

In der Regel fliegen sie an einem Tag dreißig Parabeln hintereinander, sodass während einer dreitägigen Kampagne alles in allem eine halbe Stunde lang unter Ausschluss der Gravitation geforscht werden kann.

Nach der Sicherheitseinweisung wird den Fluggästen ein Tablettencocktail gereicht, der den Magen ruhig stellt. Die Medikamente sollen nicht die Freude am

Fliegen erhöhen, sondern die empfindlichen Geräte und das nur aufwändig zu säubernde Interieur schonen. Tüten gibt es zwar genug, ihre Handhabung erfordert in der Schwerelosigkeit aber einige Übung und der gute Rat der Cabin Crew »Open them, before you use them« war gar nicht so süffisant gemeint. Der »Kotzkomet« kann einen leicht säuerlichen Geruch in seinem Innern jedenfalls nicht ganz leugnen.

Sitze für ungefähr fünfzig Passagiere finden sich nur ganz vorne und ganz hinten im Flugzeug. Der Raum dazwischen ist ausgelegt mit weichen Matten – eine fensterlose, hundert Quadratmeter große Gummizelle. Hier bauen Mediziner, Biologen, Werkstoffkundler oder Physiker ihre Experimente auf.

Augen zu und durch

Bald schließen sich die Türen und Zero-G startet – zum ersten Mal von Deutschland aus – zum Flug in die Schwerelosigkeit. Von Köln/Bonn aus ist das Parabelgebiet über der Nordsee nur gut eine halbe Flugstunde entfernt.

Eigentlich sollen wir die erste Parabel noch angeschnallt in den Sitzen erleben: »Just relax and experience the feeling«, hatte es geheißen, doch kaum erlischt das »Bitte-anschnallen«-Zeichen, wird es eng in der Gummizelle. Niemand will auch nur einmal Schwerelosigkeit verschwenden.

Dann endlich tönt es mit französischem Akzent aus den Lautsprechern »30 seconds« ... »20« ... »10«. Gleich geht's los: »5, 4, 3, 2, 1, pull up!« Le Barzic zieht bei vollem Schub und 825 Kilometern pro Stunde die Nase des Airbus nach oben – woraufhin es uns zunächst nach unten zieht. Die 1,8fache Erdbeschleunigung zerrt bleiern an den Gliedern, wir sind fast doppelt so schwer wie eben.

Unbedacht schaue ich zur Seite – und spüre unmittelbar, wie mein Gleichgewichtsorgan abstürzt. Genau davor waren wir gewarnt worden: in diesem Moment doppelten Körpergewichts den Kopf zu bewegen. Der Magen reagiert spontan auf die schlimmen Signale; zum Glück halten die Medikamente, was sie versprechen. Also, jetzt bloß keine Extratouren mehr, Augen geradeaus und durch.

Das Flugzeug steigt und steigt. Die Spannung auch. Dann hören wir Le Barzic wieder zählen: »30« ... »40« ... »Injec- >

Schwerelosigkeit

Berücksichtigt man lediglich die Anziehungskräfte von Erde und Mond, so müssten wir 340 000 Kilometer weit zu dem Punkt fliegen, an dem sich beide Schwerfelder aufheben. In der nur 400 Kilometer hoch um die Erde kreisenden Internationalen Raumstation herrschen noch fast neunzig Prozent der Erdanziehungskraft. Die Astronauten schweben nur deshalb, weil sie in der Raumstation mit großer Geschwindigkeit um die Erde kreisen und die Fliehkräfte die Anziehungskräfte ausgleichen.



Freier Fall im 146 Meter hohen Bremer Fallturm. Dreimal täglich können hier Experimente in der Schwerelosigkeit durchgeführt werden – für jeweils 4,74 Sekunden.

Doch auch auf der Erde lässt sich Schwerelosigkeit simulieren. Etwa im Bremer Fallturm, in dessen Innern eine bis zu 2,4 Meter lange und achtzig Zentimeter durchmessende Kapsel rund 120 Meter in die Tiefe stürzt – bis sie mit knapp 170 Kilometern pro Stunde von Myriaden Styroporkügelchen abgebremst wird. Die Fallröhre muss druckdicht verschlossen und 1700 Kubikmeter Luft evakuiert werden – sonst wäre der Luftwiderstand zu hoch. Ganz billig ist ein solches Experiment deshalb nicht. Die 4,74 Sekunden ohne Erdanziehungskraft kosten rund 5000 Euro.

Bis zu eine Viertelstunde losgelöst am Himmel können im schwedischen Kiruna gebucht werden. Hier schießen die so genannten Sounding Rockets 780 Kilogramm Nutzlast über 700 Kilometer hoch in den Himmel. Die Kapsel mit den Experimenten wird irgendwo in hundert Kilometer Höhe ausgeklingt und folgt sodann der schwerelosen Parabelbahn. Der Preis für die lange Zeit ohne Schwerkraft ist hoch und liegt bei einigen Millionen Euro.

Doch Fallturm und Rakete haben einen entscheidenden Nachteil: die Wissenschaftler müssen am Boden bleiben. Im Airbus A300 Zero-G hingegen, dem weltweit größten für Parabelflüge zugelassenen Flugzeug, können auf hundert Quadratmetern gleich mehrere Arbeitsgruppen ihre Experimente aufbauen. In der Regel werden dann drei Tage hintereinander jeweils dreißig Parabeln geflogen. Kosten inklusiver aller Vorbereitungen: ungefähr 460 000 Euro.

nicht wahr, dass die Airbusnase nun steil nach unten kippt und wir zusammen mit dem Flieger im freien Fall in Richtung Nordsee rasen. 2400 Meter geht es ins Tal der Schwerkraft. Auf halbem Wege abwärts gehen 22 Sekunden Schwerelosigkeit zu Ende: »20« ... »30« ... »Pull out!« Von der einen zur anderen Sekunde hat uns die Schwerkraft wieder. Rums, geht es auf den Boden. Wer jetzt noch an der Decke hängt, kann sich wehtun.

Obschon sogleich wieder magenfeindliche 1,8 g herrschen, schüttelt Paul Friedrich unbekümmert den Kopf. Nach oben und nach unten, nach rechts und nach links. Er hat sich eine merkwürdige Apparatur über den Kopf gezogen, die ihn aussehen lässt wie ein Insekt oder Hannibal Lecter. Mediziner um Andrew Clarke von der FU-Berlin messen, wie gut Friedrich unter diesen Bedingungen Punkte an der Wand fixieren kann. Er gehört zu den Glücklichen, denen solche Experimente nicht auf den Magen schlagen.

Wenn auch Fischen übel wird

Ausnahmslos alle Astro- und Kosmonauten leiden hingegen schon nach kurzer Zeit an Knochenabbau und schrumpfenden Muskeln, weshalb einige Meter weiter Peter Nobmann festgeschnallt in einer engen Röhre liegt und auf einem umgebauten Heimtrainer strampelt. Ein Unterdruck in der Röhre sorgt in der Zeit ohne Schwerkraft für eine bessere Durchblutung der Beine. Friedrich Bodem und seine Mitarbeiter von der Universität Mainz wollen herausfinden, ob sich die Astronauten in der Raumstation auf diese Weise fit halten können. Die Daten werden es zeigen.

Nach drei Minuten Geradeausflug und Erholung bei 1 g holt Zero-G bereits Schwung für die nächste Parabel. In einem fort geht es nun rauf und runter, werden wir leicht und wieder schwer und manche auch grün im Gesicht. Zunehmend erfüllen die Tüten ihren Zweck.

Übrigens leidet nicht nur unsereins unter den Folgen eines aus dem Gleichgewicht gebrachten Gleichgewichtsorgans. Auch Fischen wird schlecht. Und wie bei uns, trifft es auch bei den Buntbarschen nicht jeden, sondern nur gut ein Drittel. »Die Fische haben Schwere-Sinnes-Steinchen – so genannte Otolithen – im Innenohr, damit regulieren sie

tion!« Der Mann an den Triebwerken drosselt den Schub, und es wird ganz leise. Von 1,8 auf 0 g innerhalb einer Sekunde, das fühlt sich an, als entspannte sich ein Gummiband, mit dem die Innereien zusammengehalten sind. Das Herz reagiert auf die plötzlich erweiterten Gefäße mit ein, zwei Extraschlägen, dann hat sich der Kreislauf an die ungewohnte Situation angepasst. Ohne mich zu bewegen bewege ich mich in Richtung Kabinendecke, stoße irgendwo an und verlie-

re die Kontrolle. Aus oben wird unten, alles dreht sich. Ganz anders als in der »Schwerelosigkeit« eines Schwimmbads fehlt jedweder Widerstand. Einmal angestoßen geht es hilflos und ungebremst ins nächste Hindernis.

Inzwischen erreicht Zero-G den Scheitelpunkt der Parabel in 8500 Meter Höhe und ist nur noch 370 Kilometer pro Stunde schnell. Seit gut zehn Sekunden schweben wir schon schwerelos. In der fensterlosen Gummizelle nehmen wir



BEDE BILDREI, SCHÖRING/AM



Schwerelos forschen Mit dem Eyetracker beobachten Forscher, wie schnell Paul Friedrich bei unterschiedlichen Schwerkraftverhältnissen Punkte fixiert (links). Peter Nobmann testet einen Ergometer, mit dem sich Astronauten im All fit halten sollen (rechts).

auszugleichen.« Mit Menschen wären solche Versuche nicht durchführbar. Denn zum einen sind unsere Otolithen sehr viel kleiner als die der Fische, zum anderen wartet auf die raumkranken Barsche im Anschluss an den Versuch der Seziertisch. Dann wollen Hilbig und seine Mitarbeiter wissen, warum jene Otolithen bei den Fischen so unterschiedlich wachsen.

ihr Gleichgewicht«, erzählt Reinhard Hilbig von der Universität Hohenheim. »Da bei den raumkranken Barschen diese Steinchen unterschiedlich groß sind, haben sie in der Schwerelosigkeit das Gefühl, schief zu liegen und versuchen, diese Fehlinformation durch Drehungen

Gegen Mittag setzt Le Barzic zur letzten Parabel an, zieht am Steuerknüppel und lässt das Flugzeug steil himmelwärts steigen. Wer jetzt aus einem der Fenster im hinteren Teil des Rumpfs schaut, sieht, was einen Urlauber in Angst und Schrecken versetzen würde:

Der Horizont kippt mit fast fünfzig Grad aus der Waagerechten – und läuft von oben links nach unten rechts durch das Kabinfenster. Beim Flug nach Mallorca erreicht ein normales Passagierflugzeug seinen größten Steigwinkel kurz nach dem Start – nämlich um die 18 Grad.

Schließlich heißt es noch einmal »Injection!«. Der Airbus steigt noch ein wenig, wird langsamer und erklimmt den Parabelgipfel. Dann geht es wieder abwärts. »Pull out!« Und wir kehren – brav wie ein Urlaubsflieger – zurück nach Köln/Bonn. <<

Redakteur **Joachim Schüring** hatte Glück und musste nicht zur Tüte greifen.

Ein spannender Tag im DLR_School_Lab zu gewinnen

Liebe Schülerinnen und Schüler, könnt ihr euch vorstellen, einen künstlichen Kometen herzustellen oder Lärm mit Gegenlärm auszulöschen? Zusammen mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt verlost ASTRONOMIE HEUTE einen Tag im DLR_School_Lab in Köln-Porz.

Dort werden Wissenschaftler und Studenten im Sommer 2005 einen Tag lang ein eigens für euch zugeschnittenes Programm organisieren. So werdet ihr beispielsweise mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera zuschauen, wie eine Kerze in der Schwerelosigkeit brennt. Und mit ausgefeilter Technik herausfinden, wie Pantoffeltierchen zwischen oben und unten unterscheiden können.

Weitere Informationen findet ihr im Internet:

www.dlr.de/Schoollab/Koeln_Porz

Wir werden euch die Anfahrt mit der Bahn (2. Klasse, innerhalb Deutschlands) sowie eine Nacht im Hotel organisieren. Den genauen Termin werden wir nach Einsendeschluss zusammen mit den Gewinnern organisieren. Auf geht's: Schickt uns bis zum 31. Januar 2005 eine Postkarte oder eine E-Mail an:

ASTRONOMIE HEUTE
Stichwort: School Lab
Postfach 10 48 40
69038 Heidelberg
redaktion@astronomie-heute.de

Teilnehmen könnt ihr, wenn ihr die 9. bis 11. Klasse besucht. Bitte vergesst nicht, euer Alter, die Schulklasse und den Namen eurer Schule anzugeben.

