



Schwerelosigkeit im Mini-Fallturm

Ein seltsamer Anblick – in diesem Raum scheint sich alles in Schwerelosigkeit zu befinden: Einige Menschen schweben kopfüber, andere wurden sicherheitshalber angeschnallt, um den Boden nicht unter den Füßen zu verlieren; schwere Apparaturen sind befestigt, damit sie sich nicht unkontrolliert bewegen und zur Gefahr werden. Doch wo spielt sich diese Szene ab? Die Antwort: in einem Flugzeug!

8.000 m über dem Meeresspiegel fliegt der Airbus A300 Zero-G steil nach oben. Dann wird es plötzlich ganz still: Mit ausgeschalteten Triebwerken nutzt das Flugzeug den noch verbliebenen Schwung, um die Scheitelhöhe der Flugbahn zu erreichen. Dann neigt es sich der Erde zu und fällt fast senkrecht nach unten – bis der Pilot schließlich die Triebwerke wieder startet und die Maschine nach oben zieht.

Bei diesem ungewöhnlichen Manöver entspricht die Flugbahn im „oberen“ Teil einer Parabel – also der Bahn, der zum Beispiel auch ein schräg nach oben geworfener Ball folgt. Und dieser Parabelflug wiederholt sich an einem Flugtag des A300 Zero-G bis zu 32 Mal. Das Besondere: Im „oberen“ Teil der Bahn herrscht im Inneren des Flugzeugs Schwerelosigkeit – ähnlich wie bei einer Achterbahnfahrt, wo man ja auch manchmal glaubt, aus dem Sitz gehoben zu werden. Die Wissenschaftler untersuchen dabei, wie sich Materialien oder Organismen unter der Bedingung der Schwerelosigkeit verhalten. Im DLR_School_Lab Neustrelitz erforschen Schülerinnen und Schüler selbst die Geheimnisse der Schwerelosigkeit – auch wenn sie dabei nicht in die Luft gehen. Stattdessen ermöglicht es hier ein Mini-Fallturm, die Gravitation zu überlisten und faszinierende Phänomene zu erforschen.

Schwerelosigkeit im Mini-Fallturm



Während einer EVA, einer extra-vehicular activity, schwebte Bruce McCandless ohne Verbindung zum Spaceshuttle schwerelos im Weltall. Die freie Bewegung im Raum ist nur mittels „Düsen-Rucksack“ möglich.

Kein Oben, kein Unten

Jeder kennt die Bilder schwebender Astronauten im Weltraum – dahinter die Erde, ansonsten das „schwarze Nichts“. Was wie ein Abenteuer anmutet, ist ein spannendes Betätigungsfeld für Wissenschaftler aus der ganzen Welt – oder genauer: für die Astronauten, die im Auftrag der Wissenschaftler verschiedene Versuche im Orbit durchführen. Die Experimente in der Schwerelosigkeit liefern dabei Erkenntnisse für viele Anwendungsbereiche: von der Materialforschung über die Biologie bis zur Medizin. Und auch bei der Entwicklung von Raketen und Satelliten muss an all die mit der Schwerelosigkeit zusammenhängenden Effekte gedacht werden.



Astronauten beim Experimentieren im Weltraumlabor Spacelab während der Shuttle-Mission D1

Was passiert, wenn einem Stoff die am Boden allgegenwärtige Erdanziehung „entzogen“ und er sich selbst überlassen wird? Wie durchmischen sich verschiedene Flüssigkeiten? Und wohin wachsen Pflanzen, wenn es kein Oben und kein Unten gibt? Wie wird unsere Orientierung beeinflusst?

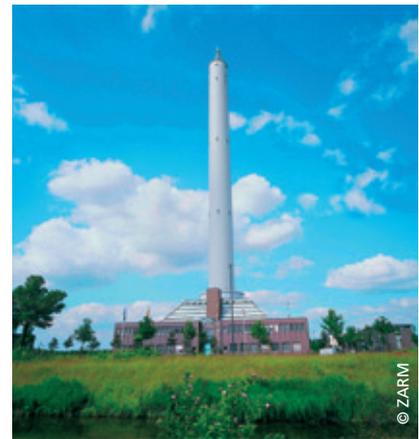
Auf Fragen dieser Art sollen Antworten gefunden werden. Doch nicht jeder hat

die Möglichkeit, an einem Parabelflug teilzunehmen oder gar zur ISS zu fliegen. Es geht auch anders: hier auf der Erde – zwar nur für Sekundenbruchteile, aber immerhin durchaus wirkungsvoll.

Experimentieren unter Schwerelosigkeit

Je nach Versuchsbedingungen stehen den Wissenschaftlern unterschiedliche Möglichkeiten für das Experimentieren unter Schwerelosigkeit – genauer spricht man von Mikrogravitation – zur Verfügung. Dabei ist es wichtig, ob der anstehende Versuch als automatisierter Vorgang ablaufen kann oder betreutes Personal anwesend sein muss; oder ob bei medizinischen Versuchen der Mensch selbst das Untersuchungsobjekt ist. Und schließlich hängt vieles davon ab, ob nur kurzzeitig oder längerfristig experimentiert werden soll.

Für selbstständig ablaufende Versuche stehen den Wissenschaftlern Falltürme, wie der in Bremen, oder verschiedene Forschungsraketen (TEXUS / MAXUS) zur Verfügung. Hier werden Schwerelosigkeitszeiten von ca. 10 s bzw. 10-15 min erreicht. Experimente, die während ihres Ablaufs vor Ort eine Betreuung verlangen oder bei denen medizinische Untersuchungen am Menschen durchgeführt werden, sind an Parabelflüge oder be-



Fallturm in Bremen

mannte Raumfahrtmissionen gebunden. Innerhalb einer Flugphase des A300 Zero-G herrscht für 22 s Schwerelosigkeit. In einer Raumstation wie der ISS können sogar Langzeituntersuchungen über mehrere Monate durchgeführt werden.



Der Airbus A300 Zero-G während des Aufstiegs in der Parabelbahn

Wenn Wasser sich zur Kugel formt ...

Auch wenn die Wissenschaft auf der Erde Schwerelosigkeit nur annähernd erreichen kann, ist es durchaus machbar, in dieser „Mikrogravitation“ genannten Umgebung reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Die Fallbeschleunigung (Normalbeschleunigung) beträgt auf der Erde $9,81 \text{ m/s}^2$. Im Fallturm in Bremen, den auch das DLR für wichtige Experimente nutzt, wird eine Mikrogravitation von 10^{-5} m/s^2 erreicht, d. h. die Erdanziehung wird fast vollständig „ausgeschaltet“.

Wie ist das möglich? Es herrscht in einem System immer dann Schwerelosigkeit, wenn sich dieses antriebslos bewegt, eben wie im freien Fall! Stell dir dazu folgende Situation vor: Du stehst in einem Aufzug auf einer Waage. Wenn der Aufzug jetzt ungebremst nach unten fallen würde, zeigt die Waage was an?



Unter Schwerelosigkeit nehmen Flüssigkeiten aufgrund ihrer Oberflächenspannung die stabilste Form – die Kugelgestalt – an, denn im Vergleich zu allen anderen Körperformen hat die Kugel bei selbem Volumen die kleinste Oberfläche. Die schwebende Wasserkugel wirkt wie eine Linse.

Genau: null Kilogramm! Es herrscht Schwerelosigkeit. Übrigens: Aufzüge werden so oft überprüft, dass das natürlich nie passiert! Der Turm in Bremen verfügt über eine 110 m lange Fallröhre. Während die Experiment-Kapsel nach unten fällt, herrscht in ihrem Inneren also Schwerelosigkeit. Und seit 2004 besteht zusätzlich die Möglichkeit, die Experiment-Kapsel von unten nach oben zu „katapultieren“, denn auch während des Aufstiegs bewegt sie sich antriebslos. Auf diese Weise konnte die Zeit, in der Mikrogravitation in der Kapsel herrscht, auf ungefähr 10 s verdoppelt werden.

Mini-Fallturm im DLR_School_Lab Neustrelitz

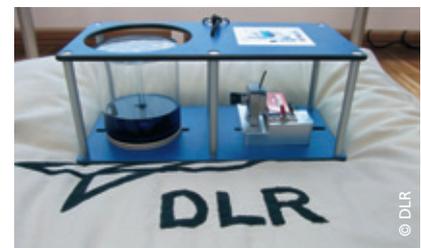
Dass Schwerelosigkeit in einem fallenden System auftritt, wird auch beim Mini-Fallturm im DLR_School_Lab in Neustrelitz ausgenutzt:



Dieser Mini-Fallturm steht im DLR_School_Lab Neustrelitz

Während des 2 m tiefen Falls kann für ca. 0,6 s Schwerelosigkeit „erzeugt“ werden – Zeit genug, um vielfältige Experimente durchzuführen. Die Schülerinnen und Schüler können untersuchen, wie unter dieser Bedingung Kerzen brennen oder wie Eier- und Pendeluhren funktionieren. Und was passiert wohl in einem nicht ganz mit Wasser gefüllten, abgeschlossenen Gefäß? Eine Kamera im Inneren der Fallkapsel zeigt es! Auf den aufgezeichneten Bildern ist deutlich zu erkennen, dass während des

freien Falls die Luft in Form einer Kugel vollständig vom Wasser eingeschlossen wird. Faszinierend – die jungen Forscher staunen und entdecken so z. B. die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten. Im Rahmen der Versuchsauswertung werden dazu Phänomene der Adhäsion und Kohäsion thematisiert: Versucht jemand, vorsichtig eine Cent-Münze auf eine Wasseroberfläche zu legen, schwimmt diese auf der Flüssigkeit. Die Kohäsionskräfte zwischen den einzelnen Wassermolekülen verhindern, dass die Oberflächenspannung durchbrochen wird und die Münze versinkt. Kohäsionskräfte sind die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen des gleichen Stoffes. Das Wirken dieser Kräfte ist z. B. auch dafür verantwortlich, dass der Morgentau in kleinen Tröpfchen auf Blättern von Pflanzen beobachtet werden kann. Und warum steigt Wasser in einem dünnen Rohr höher auf als in einem dicken? Bei diesem z. B. für die Nahrungsaufnahme von Pflanzen wichtigen Phänomen der Kapillarität sind die Adhäsionskräfte von entscheidender Bedeutung. Sie bewirken die Anziehung zwischen den Teilchen verschiedener Stoffe. In der Schwerelosigkeit haben Kohäsions- und Adhäsionskräfte durch den „Wegfall“ der Gravitation ganz andere Wirkungen als sonst. Und genau darum geht es bei all diesen Versuchen: Die Schwerkraft wird „ausgeschaltet“, um andere Effekte genauer studieren zu können. Während eines Besuches im DLR_School_Lab Neustrelitz erhalten die Jugendlichen so Einblicke in aktuelle Forschungsthemen – und Antworten auf viele manchmal zunächst seltsam erscheinende Fragen.



In der Fallkapsel sind Versuchsbehälter und Minikamera integriert. Die Minikamera überträgt den Versuchsablauf zur Auswertung auf einen PC.

Deutsche Forschung unter Weltraumbedingungen

Die Schwerkraft beeinflusst und „überdeckt“ alle physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge auf der Erde. Schwerkraft und Leben sind auf unserem Planeten untrennbar miteinander verbunden.

Teil des Deutschen Raumfahrtprogramms ist es, neue Erkenntnisse in Wissenschaft und Technologie zu gewinnen und innovativ für den Menschen auf der Erde nutzbar zu machen.

Entwicklung neuer Diagnostikmethoden und Therapien in der Medizin

Die Untersuchungen der Astronauten liefern neue Erkenntnisse über das Zusammenspiel verschiedener Systeme des menschlichen Körpers, etwa der Muskeln und Knochen, des Herzens, des Kreislaufs sowie des Immunsystems. Die reversiblen Veränderungen, die Astronauten im All in kurzer Zeit erfahren, ähneln dem Alterungsprozess des Menschen; sie lassen sich im Zeitraffer studieren. Die Rückanpassung an die Schwerkraft auf der Erde wird wissenschaftlich begleitet. Dieses Wissen dient der Gesunderhaltung der Astronauten und der Diagnostik und Therapie (z. B. Behandlung von Osteoporose) kranker Menschen.

Innovative Materialforschung

Mittels schmelztechnischer Verfahren werden metallische und halbleitende Werkstoffe überwiegend aus dem flüssigen Zustand hergestellt. Um die Wechselbeziehung zwischen Erstarrungsbedingungen und den Eigenschaften eines Werkstoffs aufzuklären, bieten Experimente ohne den störenden Einfluss der Gravitation entscheidende Vorteile. Eigenschaften, wie zum Beispiel Oberflächenspannung und Zähigkeit lassen sich wesentlich genauer bestimmen als in Laboren auf der Erde.

Präzise Daten sind Grundlage für realitätsnahe Computersimulationen. Diese gewinnen in der Industrie immer mehr an Bedeutung und ermöglichen eine effiziente, energie- und damit umweltschonende Entwicklung neuer Werkstoffe.

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 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Das DLR Neustrelitz

Der DLR-Standort Neustrelitz liegt etwa 100 Kilometer nördlich von Berlin im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Hier arbeiten über 70 Wissenschaftler, Ingenieure und Angestellte.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Standort sind den Themenbereichen satellitengestützte Erdbeobachtung, Navigation und Ionosphärenerkundung zugeordnet und gliedern sich in verschiedene Forschungsprogramme ein.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

DLR_School_Lab Neustrelitz
Kalkhorstweg 53
17235 Neustrelitz

Leitung: Dr. Albrecht Weidermann
Telefon: 03981 237 862
oder 03981 480 220
Telefax: 03981 237 783
E-Mail: schoollab-neustrelitz@dlr.de

www.DLR.de/dlrschoollab