



## Schwerelosigkeit im Mini-Fallturm

Ein seltsamer Anblick – in diesem Raum scheint sich alles in Schwerelosigkeit zu befinden: Die ESA-Astronauten Samantha Cristoforetti und Jean-Francois Clervoy schweben zusammen mit zwei Schülern. Doch wo spielt sich diese Szene ab? Die Antwort: in einem Flugzeug!

8000 Meter über dem Meeresspiegel fliegt der Airbus A310 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 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 A310 Zero-G bis zu 32 Mal. Das Besondere: Im „oberen“ Teil der Bahn herrscht im Inneren des Flugzeuges 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 hier ein Mini-Fallturm, die Gravitation zu überlisten und faszinierende Phänomene zu erforschen.

# Schwerelosigkeit im Mini-Fallturm

## 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.



Während einer EVA, einer extra-vehicular activity, schwebte Bruce McCandless ohne Verbindung zum Space Shuttle schwerelos im Weltall. Die freie Bewegung im Raum war nur mittels „Düsen-Rucksack“ möglich. (Quelle: NASA)

Was passiert, wenn einem Körper die am Boden allgegenwärtige Erdanziehung „entzogen“ und er sich selbst überlassen wird? Wie durchmischen sich verschiedene Flüssigkeiten? Wird der Nährstofftransport von Pflanzen beeinflusst? Und wohin wachsen sie, wenn es kein Oben und kein Unten gibt?

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



Airbus A310 Zero-G während des Stars zum Parabelflug (Quelle: DLR)

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 selbständig ablaufende Versuche stehen den Wissenschaftlern Falltürme wie der des ZARM (Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation) in Bremen zur Verfügung. Hier werden Schwerelosigkeitszeiten von ca. neun Sekunden erreicht. In Forschungsraketen erhöht sich diese Zeit auf 10-15 Minuten. Experimente, die während ihres Ablaufs vor Ort eine



Fallturm in Bremen (Quelle: ZARM)



ESA-Astronaut Alexander Gerst (Mitte links) und seine Kollegen während der ISS-Mission Horizons 2018 (Quelle: NASA)

Betreuung verlangen oder bei denen medizinische Untersuchungen am Menschen erfolgen, sind an Parabelflüge oder bemannte Raumfahrtmissionen gebunden. Innerhalb einer Flugphase (Parabel) des A310 Zero-G herrscht für 22 Sekunden Schwerelosigkeit. In einer Raumstation wie der ISS können sogar Langzeituntersuchungen über mehrere Monate durchgeführt werden.

## Wenn Wasser sich zur Kugel formt ...

Auch wenn die Wissenschaft auf der Erde Schwerelosigkeit nur annähernd erreichen kann, ist es durchaus möglich, in dieser „Mikrogravitation“ genannten Umgebung reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Die Fallbeschleunigung (Nor-



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. (Quelle: NASA)

malbeschleunigung) beträgt auf der Erde  $1g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Im Fallturm in Bremen, den auch das DLR für wichtige Experimente nutzt, wird eine Mikrogravitation von  $10^{-5} \text{ m/s}^2$  erreicht, d.h. die Erdanziehung wird fast vollständig „ausgeschaltet“. Wie ist das möglich? Die Antwort: 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? Genau: null Kilogramm! Es herrscht Schwerelosigkeit. Übrigens: Aufzüge werden so oft überprüft, dass das natürlich nie passiert! Der Fallturm in Bremen verfügt über eine 110 Meter lange Fallröhre. Während die Experiment-Kapsel nach unten fällt, herrscht in ihrem Inneren also Schwerelosigkeit. Und seit 2004 besteht zusätzlich die Möglichkeit, die Kapsel von unten nach oben zu „katalysieren“, denn auch während des Aufstiegs bewegt sie sich – wenn sie

einmal unterwegst ist – antriebslos. Auf diese Weise konnte die Zeit, in der Mikrogravitation in der Kapsel herrscht, auf ungefähr zehn Sekunden verdoppelt werden. Damit das alles klappt und die Reibung an der Luft die Fallkapsel nicht abbremst, muss in der Röhre ein Vakuum herrschen. Daher wird sie mittels 18 Hochleistungs-Vakuumpumpen nahezu luftleer gepumpt (Restluftdruck:  $p = 10 \text{ Pa} = 10^{-4} \text{ bar}$ ).

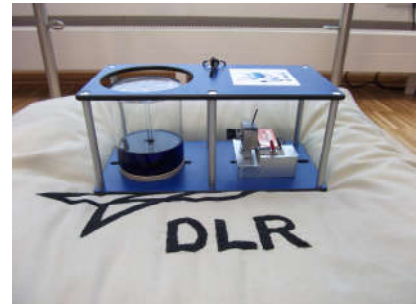
### Mini-Fallturm im DLR\_School\_Lab Neustrelitz

Dass Schwerelosigkeit in einem fallenden System auftritt, wird auch beim Mini-Fallturm im DLR\_School\_Lab in Neustrelitz ausgenutzt: Mittels fallendem Smartphone und Beschleunigungs-App oder unter Anwendung des am Messplatz vorhandenen Beschleunigungssensors kann nachgewiesen werden, dass in der Experiment-Kapsel während des ca. zwei Meter tiefen Falls für ca. 0,6 Sekunden Schwerelosigkeit herrscht – Zeit genug, um vielfältige Experimente durchzuführen. Die Schülerinnen und Schüler können untersuchen, wie unter dieser Bedingung Kerzen brennen oder wie mechanische Eier- und Pendeluhrn funktionieren. Und was passiert wohl in



Dieser Mini-Fallturm steht im Schülerlabor des DLR-Standortes Neustrelitz. (Quelle: DLR)

einem nicht ganz mit Wasser gefüllten, abgeschlossenen Gefäß? Eine Kamera im Inneren der Fallkapsel zeigt es! Die Zeitlupenbetrachtung der aufgezeichneten Videos offenbart den jungen Forschern Erstaunliches.



In der Fallkapsel sind Versuchsbehälter und Minikamera integriert. Die Kamera überträgt den Versuchsablauf zur Auswertung auf einen PC. (Quelle: DLR)

In den durchzuführenden Experimenten können sie Kräfte und ihre Wirkungen unter Vernachlässigung der Erdanziehung in verschiedenen Anwendungsbereichen erforschen. Dabei lernen die Jugendlichen beispielsweise die Phänomene der Adhäsion und Kohäsion kennen und verstehen. Und genau darum geht es bei all diesen Versuchen: Die Schwerkraft wird „ausgeschaltet“, um andere Effekte genauer studieren zu können.

In einem weiterhin Versuchsteil bestimmen die Schülerinnen und Schüler mittels verschiedener Versuchsanordnungen die irdische Fallbeschleunigung. Aus dem dabei erhaltenen Wert kann die Zeit, innerhalb der in der frei fallenden Experiment-Kapsel des Mini-Fallturms Schwerelosigkeit herrscht, berechnet werden. Theoretisch ergibt sich mit den Werten ( $s = 2,00 \text{ m}$  und  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ) unter Verwendung des Weg-Zeit-Gesetzes der gleichmäßig beschleunigten Bewegung:

$$s = 1/2 \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = (2 \cdot s / g)^{1/2} = \underline{0,64 \text{ s}}$$

Während ihres Aufenthalts im DLR-Schülerlabor in Neustrelitz erhalten die jungen Besucher durch die Versuche am Mini-Fallturm Einblicke in aktuelle Forschungsthemen – und Antworten auf viele manchmal zunächst seltsam erscheinende Fragen.



## Deutsche Forschung unter Weltraumbedingungen

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.

### Live in Zellen schauen

Beim Experiment **FLUMIAS** werden auf der ISS Vorgänge in lebenden Zellen in Echtzeit beobachtet und Veränderungen visualisiert. Damit lassen sich völlig neue Einblicke in menschliches Gewebe, Zellstrukturen, Mikroorganismen und Pflanzen gewinnen. Dieses hilft auf der Erde, Ursachen globaler Gesundheitsprobleme zu erkennen und zu therapieren.

### Muskeltonus-Messungen

Im Experiment **Myotones** überwacht ein Hightech-Gerät in Smartphonegröße biomechanische Eigenschaften der Muskulatur von Astronauten im Weltraum. Es registriert nicht-invasiv Veränderungen auf Grund der fehlenden Schwerkraft. Die erhaltenen Daten geben präzise Auskunft über Elastizität, Steifheit und Tonus des untersuchten Muskels im Ruhezustand. Bei Alexander Gerst wurde das Gerät während seiner ISS-Mission 2018 erstmals erfolgreich eingesetzt. Auf der Erde werden die Myotones-Erkenntnisse genutzt, um Rehabilitations- und Trainingsprogramme gegen Muskel- und Knochenschwund zu verbessern und gleichzeitig die Trainingserfolge im Fitness- und Leistungssport zu bewerten.

(weitere Informationen: [https://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10081/151\\_read-30005/#/gallery/32185](https://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10081/151_read-30005/#/gallery/32185))

## Das DLR im Überblick

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur 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 20 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Göttingen, Hamburg, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, 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.

## DLR Neustrelitz

Der DLR-Standort Neustrelitz liegt etwa 100 Kilometer nördlich von Berlin im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Hier arbeiten über 80 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.

Hinweise zum Experiment:

Alter: 14 bis 20 Jahre

Gruppengröße: 3 bis 5

Dauer: 60 bis 90 Minuten

Inhaltlicher Bezug: Physik, Raumfahrt, Technik



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR\_School\_Lab Neustrelitz  
Kalkhorstweg 53  
17235 Neustrelitz

Leitung: Dr. Albrecht Weidemann  
Telefon 03981 480 220  
Telefax 03981 237 783  
E-Mail [schoollab-neustrelitz@dlr.de](mailto:schoollab-neustrelitz@dlr.de)

[www.DLR.de/dlrschoollab/neustrelitz](http://www.DLR.de/dlrschoollab/neustrelitz)