



DLR_School_Lab

TU Dortmund

Schwerelosigkeit

Experimente zur Mikrogravitation im Mini-Fallturm

Jeder hat sie schon mal im Fernsehen oder im Kino gesehen: Astronauten, die durch die Raumstation schweben oder Weltraumspaziergänge machen. Manchmal sieht man auch Wassertropfen oder Gegenstände durch die Internationale Raumstation schweben.

Warum ist man auf der Internationalen Raumstation schwerelos und auf der Erde nicht? Oder kann man Schwerelosigkeit, auch Mikrogravitation genannt, auch auf der Erde erleben? Ja, das geht! Jeder, der schon mal auf einem Trampolin gesprungen ist, einen Sprung vom 10-Meter-Turm gewagt oder in einer Achterbahn gesessen hat, war für kurze Zeit annähernd schwerelos.

Schwerelosigkeit



Ein Wasserkügelchen schwebt in der Raumfähre Atlantis am NASA-Astronaut Leland Melvin vorbei
Bild: NASA

Was ist Schwerelosigkeit?

Die Erdanziehungskraft, auch Gravitation genannt, ist dafür verantwortlich, dass wir fest mit unseren Füßen auf der Erde stehen und dass Sachen, die uns aus der Hand rutschen, auf den Boden fallen. Je weiter wir uns von der Erdoberfläche entfernen, desto geringer wird die Gravitation, sie wirkt allerdings bis ins Unendliche.

Genau genommen kann man absolute Schwerelosigkeit an keinem Punkt in unserem Sonnensystem erreichen, denn jeder Himmelskörper, von der riesigen Sonne bis hin zum kleinsten Meteoroid, hat aufgrund seiner Masse eine bestimmte Anziehungskraft. Da alle Himmelskörper in ständiger Bewegung sind, gibt es keinen Ort, an dem sich alle Gravitationskräfte gegenseitig vollständig aufheben. Aus diesem Grund spricht man besser von annähernder Schwerelosigkeit oder Mikrogravitation (μg). Mikrogravitationsbedingungen findet man aber nicht nur in den entfernten Weiten des Weltraums, sondern auch auf der ISS, ja sogar auf der Erde. Diese Bedingungen sind dadurch charakterisiert, dass mit einer Waage kein, oder fast kein Gewicht gemessen werden kann. Daher wird häufig auch der Begriff Gewichtslosigkeit im Zusammenhang mit Schwerelosigkeit gebraucht.

Die internationale Raumstation (ISS)

Seit 1998 umkreist die ISS in einer Entfernung von etwa 350 km die Erde, dabei sorgt die Anziehungskraft der Erde sorgt dafür, dass sie nicht ins Weltall abdriftet. Die durch die Kreisbewegung um die Erde resultierende Zentrifugalkraft kompensiert die Anziehungskraft: Aufgrund ihrer Bahngeschwindigkeit stürzt die internationale Raumstation weder auf die Erde, noch treibt sie in den Weltraum.

Tatsächlich befindet sie sich im „freien Fall“ um die Erde. Und in jedem freien Fall herrscht Mikrogravitation, so auch auf der ISS. Seit November 2000 führen Astronauten dort spannende Experimente durch. Sie erforschen beispielsweise, wie sich die fehlende Schwerkraft auf den menschlichen Körper auswirkt und wie Pflanzen unter diesen Bedingungen wachsen. Weiterhin werden metallische und halbleitende Werkstoffe ohne die Einwirkung von Störkräften getestet, dreidimensionale Plasmakristalle gezüchtet oder die Haltbarkeit von Implantaten überprüft.

Mikrogravitation auf der Erde

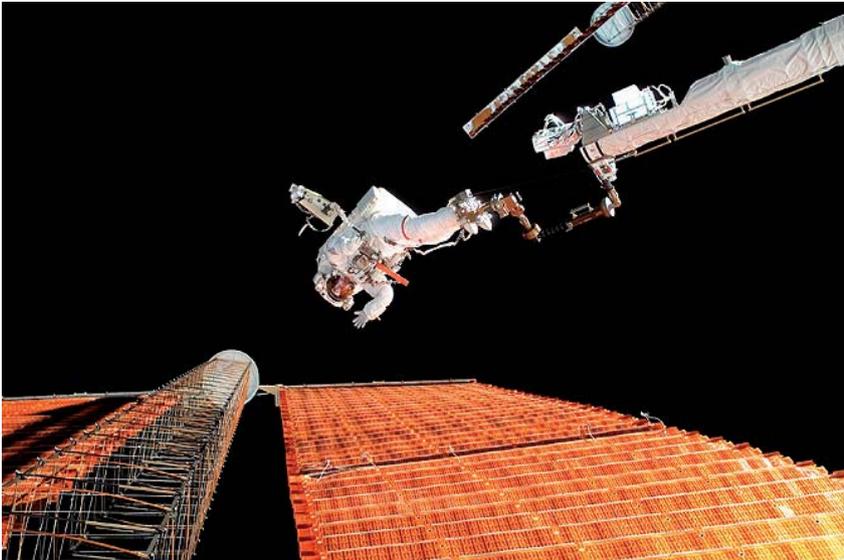
Viele Experimente zur Schwerelosigkeit kann man auch auf der Erde durchführen. Vor allem Versuche, für die keine Langzeitstudien nötig sind, bieten sich dafür an.



Der einzige europäische Fallturm steht in Bremen und gehört zum Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM).

Falltürme

Schwerelosigkeitsexperimente bis etwa 10 Sekunden können in Falltürmen durchgeführt werden. Der Fallturm in Bremen hat eine Höhe von 146 Metern und eine Fallstrecke von 120 Metern, was einem freien Fall von ca. 4,6 Sekunden entspricht. Vor



NASA-Astronaut Scott Parazynski repariert ein Sonnensegel der ISS, das sich nicht ganz entfaltet hat. Der gesamte Außenbordeinsatz dauerte über sieben Stunden. Bild: NASA

dem Experimentstart, wird der Turm evakuiert, um die Luftreibung und die daraus resultierende Verringerung der Fallgeschwindigkeit zu verhindern. Neben dem Bremer Fallturm gibt es auch in Australien, den USA und Japan Falltürme. Allerdings dürfen in keinem Menschen in die Fallkapsel steigen.

Raketenstarts

Mit Höhenforschungsraketen, die im schwedischen Kiruna bis in 270 Kilometer Höhe geschossen werden, können maximal sechs Minuten Schwerelosigkeit erreicht werden. Es gibt jährlich die Möglichkeit für Studenten, sich mit eigenen Experimenten an den Rexus/Bexus-Programmen zu beteiligen. Jedoch ist es auch hier nicht möglich, dass Menschen mitfliegen.

Parabelflüge

Ursprünglich für das Astronautentraining in Schwerelosigkeit ins Leben

gerufen, werden heute bei Parabelflügen hauptsächlich Experimente durchgeführt. Flugkampagnen der ESA werden mit einem Airbus A300 ZERO-G durchgeführt. Bei Parabelflügen sind Wissenschaftler an Bord des Flugzeugs und können den Versuchsablauf beobachten und ihn bei Bedarf abändern.



Zwei Schülerinnen befestigen die Fallkapsel am Mini-Fallturm im DLR_School_Lab.

An einem Parabelflugtag fliegt der Airbus innerhalb von drei bis vier Flugstunden 31 Parabeln. Aus dem horizontalen Flug steigt das Flugzeug steil nach oben, drosselt die Schubkraft der Turbinen und sinkt auf einer parabelförmigen Bahn wieder nach unten. Dabei befindet es sich im freien Fall und es herrscht für etwa 22 Sekunden annähernde Schwerelosigkeit.

Das Experiment

Der Mini-Fallturm im DLR_School_Lab hat eine Fallhöhe von zwei Metern, was einem freien Fall von etwa 0,6 Sekunden entspricht. Da wir die Vorgänge, die bei unseren Experimenten in einem so kurzen Zeitraum ablaufen, schlecht beobachten können, nimmt eine computergestützte Kamera alles auf und wir können das Experiment anschließend in Zeitlupe analysieren. In unsere Fallkapsel werden nacheinander verschiedene Experimente eingebaut. Die Kapsel wird über einen Elektromagneten am Fallturm befestigt. Schaltet man den Magneten aus, beginnen der freie Fall und die Videoaufzeichnung. So können wir erforschen, wie sich verschiedene Flüssigkeiten, eine Kerzenflamme oder ein Gravimeter in annähernder Schwerelosigkeit verhalten. Dabei lassen sich physikalische Phänomene wie Oberflächenspannung, Adhäsion und Kohäsion besonders gut beobachten.

Glossar

Adhäsion

Wechselwirkungen zwischen Molekülen eines festen Stoffes mit einem flüssigen oder gasförmigen Stoff führen zu einer „Aneinanderhaftung“ der beiden unterschiedlichen Materialien.

Bahngeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit, mit der sich ein Körper auf einer Umlaufbahn um einen Massenschwerpunkt bewegt. Umwandern sich zwei Körper, beschreibt die Bahnkurve jeweils eine Ellipse. Die mittlere Bahngeschwindigkeit der Erde um die Sonne beträgt 29,78 Kilometer pro Sekunde; die der ISS um die Erde 7,78 Kilometer pro Sekunde.

Gravitation

Gravitation oder Schwerkraft ist ein physikalisches Phänomen. Jeder Körper besitzt eine Masse, die andere Massen anzieht bzw. von ihnen angezogen wird. Dabei erfahren die Massen eine Beschleunigung. Die Stärke der Anziehungskräfte ist abhängig von der Größe der Massen und deren Abstand.

Gravimeter

Ein Gerät, mit dem die Schwerkraft angezeigt werden kann. Im Schülerlabor kommt ein magnetisches Gravimeter zum Einsatz.

Kohäsion

Als Kohäsion (auch Kohäsionskraft oder „Zusammenhangskraft“ genannt) bezeichnet man die Bindungskraft zwischen Atomen und Molekülen innerhalb eines Stoffes.

Meteoroid

Objekte in unserem Sonnensystem, die größer als der interplanetare Staub, aber kleiner als Asteroiden sind. Tritt ein Meteoroid in die Erdatmosphäre ein, erzeugt er eine Leuchterscheinung (Meteor). Kleine Meteore werden auch als Sternschnuppen bezeichnet.

Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung ist eine Eigenschaft der Grenzfläche zwischen einer Flüssigkeit und einem Gas. Man spricht daher auch von Grenzflächenspannung. Die Oberfläche der Flüssigkeit verhält sich ähnlich einer gespannten, elastischen Folie. Dieser Effekt ist zum Beispiel die Ursache dafür, dass Wasser kugelige Tropfen bildet, oder dass kleine Insekten über

das Wasser laufen können.

Plasmakristall

Auf der Erde liegen die meisten Stoffe in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand vor. Im Universum macht ein vierter Aggregatzustand über 99 Prozent aller sichtbaren Materie im Weltraum aus: das Plasma. Plasma besteht aus Ionen, freien Elektronen und einer Neutralgaskomponente. Elektrisch geladene Staubpartikel im Plasma ordnen sich in einem regelmäßigen, makroskopischen Gitter an; man spricht von Plasmakristallen. Auf der Erde lassen sich durch Einwirkung der Schwerkraft lediglich zweidimensionale Kristalle erzeugen.

Rexus/Bexus-Programm

Das Programm Rexus/Bexus gibt Studenten die Möglichkeit, wissenschaftliche und technische Experimente auf Raketen und Ballonen unter speziellen Atmosphärenbedingungen durchzuführen. Die Rexus-Raketen erreichen eine Höhe von bis zu 100 Kilometern. Die Bexus-Stratosphärenballone fliegen ungesteuert bis zu 35 Kilometer hoch.

Zentrifugalkraft

Man nennt diese Kraft auch Fliehkraft und sie hängt mit der Massenträgheit von Objekten zusammen. In einem rotierenden System, wie einem Kettenkarussell, wirken verschiedene Kräfte. Ein Beobachter, der ruhig neben dem Karussell steht, sieht, dass die Menschen in den Sitzen von den Ketten zur Mitte des Karussells gezogen werden. Diese zum Mittelpunkt gerichtete Kraft wird auch Zentripetalkraft genannt. Eine Person, die im Karussell sitzt, wird von der Zentripetalkraft auf der Kreisbahn gehalten, sie spürt aber noch eine weitere Kraft: Die Fliehkraft, die sie auf dem Sitz nach außen rutschen lässt. Je nach Beobachtungspunkt treten also zwei Kräfte auf. Der außenstehende Beobachter merkt von der Zentrifugalkraft nichts, sie wirkt nur auf die Person, die sich im beschleunigten Karussellsitz befindet. Daher spricht man auch von einer Scheinkraft.

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, Verkehr und Energie 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 sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die TU Dortmund

Natur zu erforschen, Menschen zu bilden, technische Herausforderungen anzunehmen und den damit verbundenen kulturellen und gesellschaftlichen Wandel unserer Gesellschaft mitzugestalten, dies sind die Kernaufgaben der Technischen Universität Dortmund.

An den 16 Fakultäten der TU Dortmund studieren über 22.000 Menschen. Schwerpunkte liegen hier in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in der Lehrerbildung.



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

DLR_School_Lab TU Dortmund

Gebäude BCI, Raum F1-U01
Emil-Figge-Straße 66
44221 Dortmund

Leitung Dr. Sylvia Rückheim
Telefon 0231 755-6356
Telefax 0231 755-3187
E-Mail schoollab-tudortmund@dlr.de

www.DLR.de/dlrschoollab/tu-dortmund