

Kapriolen für die Forschung



Fotos: Novespace/zvg

Parabelflüge, die primär für medizinische, biologische und physikalische Zwecke durchgeführt werden, gibt es in Europa seit über 30 Jahren. In dieser Zeit wurden während mehr als 130 Forschungskampagnen rund 1500 wissenschaftliche Experimente durchgeführt. Im kommenden Juni startet eine A310 ab Dübendorf zu einer neuen Parabelmission.

Prof. Dr. Dr. Oliver Ullrich während einer Parabel.



Bis Ende 2014 setzte die Firma Novespace den Airbus A300 ZERO-G für Parabelflüge ein. Ab 1999 hatten Wissenschaftlerteams mehr als 400 Experimente in 15 Stunden Schwerelosigkeit an Bord der Maschine durchgeführt und so wichtige biologische, medizinische und physikalische Fragen beantwortet. Nach 5200 Flügen und 13 180 geflogenen Parabeln wurde der A300 von Novespace durch einen A310-300 ersetzt.

Bei der Ausführung von Parabelflügen machte sich vor allem Frankreich einen Namen. So führte das Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) im Auftrag der europäischen Raumfahrtagentur ESA bereits 1984 derartige Kampagnen durch – damals noch mit einer Caravelle. Zwischen 1997 und 2014 hob jeweils ein Airbus A300 von Novespace, einem Tochterunternehmen des CNES, in dessen Auftrag, jenem der ESA und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu Schwerelosigkeitsflügen ab. Seit April 2015 setzt Novespace eine in Bordeaux stationierte A310-300 – eine ehemalige deutsche Regierungsmaschine – ein. Dabei handelt es sich weltweit um das grösste Flugzeug, das für solche Zwecke genutzt wird.

«Chuck» Yeager als Pionier

Zum ersten Mal theoretisch beschrieben wurden Parabelmanöver im Jahr 1950 von den deutschen Gebrüdern Fritz und Heinz Haber. Fritz arbeitete während des Zweiten Weltkriegs bei den Junker Flugzeugwerken, während sein Bruder als Physiker sein Brot verdiente und bei der Deutschen Luftwaffe als Aufklärungspilot tätig war. In Vorbereitung auf die US-Raumfahrtprogramme Mercury, Gemini und Apollo führten dann die beiden US-Testpiloten Scott Crossfield und der berühmte Charles «Chuck» Yeager mit Abfangjägern die ersten Parabelflüge durch – zunächst für humanphysiologische Forschungszwecke. Die dabei erreichte Schwerelosigkeit dauerte bis zu 20 Sekunden. Später setzte die NASA zwei KC-135 Stratotanker ein; seit 2005 verwendet sie eine C-9B Skytrain II, eine Spezialausführung der DC-9-32, für Parabelflüge. Solche werden auch an

andern Orten der Welt durchgeführt, etwa in Russland mit einer Ilyushin Il-76 und in den USA mit einer Boeing 727. Daneben wird auch immer wieder Privatpersonen die Gelegenheit geboten, die Schwerelosigkeit am eigenen Leib zu erfahren, so etwa in Österreich («Pauls Parabelflüge»), Holland (durch die Technische Universität Delft und das Dutch National Aerospace Laboratory) sowie in Frankreich (durch Air Zero G, einem Brand von Novespace).

Vierköpfige Besatzung

Doch was passiert nun genau bei einem solchen Flugmanöver? Zunächst steigt das Flugzeug normal auf eine Höhe von 20 000 Fuss (6 100 Meter). Dann beginnt die etwa 20 Sekunden dauernde Pull-up-Phase, während der die Piloten die Nase des Flugzeugs bei einer Erdanziehung von 1,8 bis 2 g hochziehen, bis ein maximaler Steigwinkel von 50 Grad erreicht wird. Ab jenem Moment beginnt die 22 Sekunden dauernde Phase der Schwerelosigkeit. Auf dem Höhepunkt der Parabel, ungefähr auf Flugfläche 280 (etwa 8 500 Meter), geht das Flugzeug in einen steilen Sinkflug über. Dabei erreicht es einen Anstellwinkel von bis zu minus 42 Grad, ehe es auf einem weniger steilen Kurs auf die Ausgangshöhe zusteuert und die Pull-out-Phase beendet.

Die Besatzung eines Zero-G-Flugzeugs wie der A310 von Novespace besteht aus drei Piloten und einem Flight Engineer. Alle vier Crewmitglieder haben ihre genau definierte Funktion. Ein Pilot ist für das Rollen des Flugzeugs zuständig, ein anderer für die Pitch-Bewegungen und der dritte für die Schubregelung. In diesem Sinne fliegen alle gleichzeitig in ihren spezifischen Funktionen; es gibt



In der Schwerelosigkeit hat die geringste Bewegung, beispielsweise, wenn man sich mit dem kleinen Finger abstösst, grosse Folgen.

also im Gegensatz zu einem normalen kommerziellen Linienflug nur «Pilots flying». Der Flugingenieur bedient die Instrumente und ist für die Kommunikation verantwortlich. Bei den Crews von Novespace handelt es sich um erfahrene Piloten der Armée de l'Air: «Einige von ihnen haben mehr als 100 verschiedene Flugzeugtypen geflogen und verfügen über einen Erfahrungsschatz von 5000 Parabeln und mehr», erläutert Prof. Oliver Ullrich, Präsident der Swiss SkyLab Foundation, einer privaten gemeinnützigen Stiftung, die in der Schweiz seit 2016 den Novespace-Airbus chartert und damit Parabelflüge ab Dübendorf durchführt (siehe Kasten auf Seite 25).

Viel wartungsintensiver

Ein Zero-G-Flugzeug ist in verschiedene Zonen eingeteilt. In der von Novespace eingesetzten A310 gibt es im vorderen und hinteren Teil der Maschine Sitzgelegenheiten für maximal 40 Passagiere. Im mittleren Bereich befindet sich die 20 Meter lange und 100 Quadratmeter grosse Experimentzone mit ausgepolstertem Boden und Wänden. Wenige Minuten nach dem Start begeben sich die Forscher in diesen Bereich und beginnen ihre Arbeit. Aus Sicherheitsgründen können sich höchstens 40 Personen, die zudem von insgesamt acht Sicherheitsfachleuten begleitet werden, in dieser Zone aufhalten. «In der Schwerelosigkeit hat die geringste Bewegung, beispielsweise, wenn man sich mit dem kleinen Finger abstösst, grosse Folgen. Das kennt der Mensch, der die Erdanziehung gewohnt ist, nicht», erläutert Ullrich.

Grundsätzlich lassen sich mit jedem Flugzeug Parabelflüge durchführen, vorausgesetzt, es ist dafür zertifiziert, denn die Materialermüdung, beispielsweise bei den Triebwerken, ist viel grösser als bei Flugzeugen, die im kommerziellen Einsatz stehen. Dies hat Auswirkungen auf den Preis einer solchen Kampagne: «Diese Flüge sind so teuer, weil die Wartungszyklen um den Faktor 30 höher

sind als bei einem normalen Flugzeug. Wir bezahlen deshalb auch nicht pro Flugstunde, sondern für die Zahl der geflogenen Parabeln, denn das ist es, was das Flugzeug auf die Dauer belastet», erklärt der Stiftungspräsident von Swiss SkyLab. Zu den für Parabelmissionen geeigneten Flugzeugen gehört laut Ullrich auch der Airbus A380.

Bedingungen wie im All

Wo sieht Ullrich die Vorteile solcher Missionen? «Zum einen handelt es sich um eine echte Schwerelosigkeit, nicht um eine Simulation. Dabei erreichen wir eine fantastische g-Qualität von bis zu 0,005 g. Die Erdanziehung beträgt so nur noch ein Zweihundertstel des eigenen Körpergewichts. Das sind fast Bedingungen wie auf einer Raumstation», freut sich Ullrich. Ferner muss die Erdatmosphäre nicht unter kostspieligem Einsatz von Raketen und Raumfahrttechnologie verlassen werden. Ebenso schätzen die Wissenschaftler die für Laien vielleicht kurze Zeit von 22 Sekunden der Schwerelosigkeit. Sie reicht aber oft für physikalische und biologische Experimente aus. Diese Zeit ist auch geeignet, wenn es um die Erforschung einer Ursache geht, denn während dieser kurzen Zeit gibt es noch keine Folgeeffekte, die das Experiment stören könnten.

Grosses Potenzial in der Medizin

In der jüngeren Vergangenheit wurden auf Flügen ab Dübendorf verschiedenste Experimente durchgeführt. Die Uni Zürich untersuchte, wie menschliche Zellen auf den Sauerstoffmangel in der Schwerelosigkeit reagieren – eine wichtige Frage bei Aussenbordeinsätzen im Weltraum. Die Uni Basel testete das Sedimentationsverhalten unter der Schwerkraft des Mars, um herauszufinden, wie sich die Marslandschaft gebildet hat. Die ETH Zürich analysierte die Rolle der Schwerkraft beim Verhalten von Phytoplankton, von im Wasser schwebenden pflanzlichen Organismen.

Chiropraktoren der Uni-Klinik Balgrist in Zürich prüften funktionale Zusammenhänge beim Entstehen von Rückenerkrankungen, die bei Schwerelosigkeit besser identifiziert werden können. In der Medizin sieht Oliver Ullrich ein grosses Potenzial für die Erforschung von Gewebekulturen unter dreidimensionaler Architektur: «Heute werden die meisten Laborforschungen in 2-D-Zellkulturen gemacht. Aber es gibt kein Gewebe und kein Organ, das platt ist. Folglich ist beispielsweise ein Krebsmedikament, das in einer 2-D-Zellkultur getestet wurde, nicht einfach auf ein 3-D-Gewebe anwendbar. Weil sich die Zellen unter normaler Schwer-

kraft setzen würden, funktionieren 3-D-Versuche unter normaler Gravitation aber nicht.» Laut Ullrich können Forschungen unter Schwerelosigkeit teure und zeitraubende Tierversuche ersparen, denn: «Ein mit Vorläuferzellen kräftefrei erzeugtes Gewebe oder Organ, etwa eine Leber, könnte kostengünstiger und sicherer sein als dasjenige eines Spenders und wäre zudem frei verfügbar.» **cp**

Thomas Strässle

Nächste Flüge im Juni

In der Schweiz werden Parabelflüge von der Swiss SkyLab Foundation organisiert. Dabei startet die A310-300 von Novespace jeweils von Dübendorf aus und nimmt Kurs in Richtung nördliches Mittelmeer, wo in der Regel keine Turbulenzen zu erwarten sind. Häufig befindet sich die Flugzone auf der Höhe der Insel Korsika. Die Flugdauer für Hin- und Rückflug sowie die Parabelmanöver beträgt zwei bis zweieinhalb Stunden. Dabei werden pro Mission 15 Parabeln geflogen. Ist Bordeaux der Ausgangspunkt für solche Flüge, finden jeweils doppelt so viele Schwerelosigkeitsmanöver statt. Von der Schweiz aus haben bisher zwei Parabelmissionen stattgefunden. Beim ersten Flug im April 2015 charterte die Uni Zürich den Airbus, beim zweiten vom Oktober 2016 war die SkyLab Foundation der Auftraggeber. Diese private Stiftung sei gegründet worden, weil eine Universität nicht die optimale Organisationsform für die Durchführung solcher Flüge sei, erklärt deren Präsident, Oliver Ullrich, hauptberuflich Professor für Anatomie an der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich. Dübendorf bietet «ideale» Voraussetzungen für Parabelflüge, weil mit wenigen Flugbewegungen eine hohe Wertschöpfung im Forschungs- und Technologiebereich erzielt werde. Der Flugplatz befindet sich in unmittelbarer Nähe zu wichtigen Forschungsinstitutionen wie die Uni Zürich, die ETH sowie die Eidgenössische Materialforschungsanstalt (EMPA) und bietet eine gute aviatische Infrastruktur. In der Finanzierung solcher Flüge sieht der Swiss SkyLab-Präsident die grösste Herausforderung. Während sie in Deutschland und Frankreich zu 100 Prozent durch Steuergelder finanziert werden, kommen in der Schweiz die Industrie, die Forschung und Privatpersonen dafür auf, wobei letztere «eine ganz wesentliche Stütze» (Ullrich) darstellen. Grundsätzlich können alle Interessierten einen der 40 Plätze an Bord belegen – vorausgesetzt, sie bezahlen dafür 8500 Franken und haben sich einem Gesundheitscheck unterzogen. Dieser stützt sich im Wesentlichen auf den Medical Class 2-Check, wie ihn Privatpiloten absolvieren müssen, stellt aber bezüglich Sehvermögen weniger hohe Anforderungen. Dafür werden umfangreichere neurologische und kardio-vaskuläre Abklärungen getroffen. Die nächsten Flüge werden erstmals an zwei Flugtagen, am 12. und 13. Juni 2018, stattfinden. www.dovespace.ch



Prof. Dr. Dr. Oliver Ullrich.

Von der Schweiz aus haben bisher zwei Parabelmissionen stattgefunden. Geflogen wurde mit einer in Bordeaux stationierten A310-300 ab Dübendorf. Es handelt sich weltweit um das grösste Flugzeug, das für solche Zwecke genutzt wird.

