

Wieder neuer Höhenrekord für Segelflugzeuge durch Perlan 2

Dieter Etling

In Heft 4-2017 der Mitteilungen DMG hatten wir über die neue Rekordhöhe von 15,9 km für Segelflugzeuge berichtet, die am 03. September 2017 durch das mit einer Druckkabine ausgestattete Spezialsegelflugzeug *Perlan 2* erreicht wurde. Dabei wurden die Aufwinde in den Leewellen der südlichen Anden ausgenutzt, der Startflughafen war El Calafate (50° S, 72° W) in Argentinien. Die Wahl dieses Startplatzes erfolgte wegen der dort in den Wintermonaten (Südhemisphäre) anzutreffenden Windverhältnisse: damit Leewellen (oder allgemein Schwerewellen) sich bis in die untere und mittlere Stratosphäre ausbreiten können, muss unter anderem die Windgeschwindigkeit bis dorthin mit der Höhe zunehmen. Dies ist in der winterlichen Stratosphäre der Fall, wo man westliche Winde im Bereich des Polarnacht-Strahlstroms vorfindet.

Auch in der Wellensaison 2018 war das von der Privativinitiative Perlan Project zusammen mit Airbus International betriebene Segelflugzeug *Perlan 2* wieder in El Calafate, um dem eigentlichen Ziel des Perlan-Projektes näherzukommen, eine Höhe von 90.000 ft (etwa 27 km) mit einem Segelflugzeug zu erreichen.

Neue Rekordhöhe 22,5 km

Am 26.08.2018 erreichte *Perlan 2* mit den Piloten Jim Payne und Morgan Sandercock die Höhe von 18,5 km, 2,6 km höher als beim Rekordflug 2017. Am 28.08.2018 wurde diese Höhe noch einmal um 1 km übertroffen. Dabei überquerte *Perlan 2* erstmals die sogenannte Armstrong-Grenze, benannt nach dem amerikanischen Fliegerarzt Harry Armstrong, die bei einem Aussendruck von 63 hPa liegt. Bei diesem Umgebungsdruck, der in der Standardatmosphäre bei etwa 19 km Höhe erreicht wird, fängt das Blut im menschlichen Körper an zu siedeln. Luftfahrzeuge (Flugzeuge, Ballone) müssen daher mit einer Druckkabine ausgestattet sein, damit eine Personenbeförderung in diesen Höhenbereichen möglich ist. Der Höhepunkt im wahrsten Sinne des Wortes aber war der Flug am 02.09.2018, bei dem die fast unglaubliche Höhe von 22,5 km erreicht wurde. Dabei flog *Perlan 2* höher als das legendäre Aufklärungsflugzeug U2, welches im Jahr 1986 eine Rekordhöhe von 21,9 km erzielte (mit Düsenantrieb!). Gegenüber dem Höhenrekord aus dem Jahr 2017 wurde demnach eine Steigerung um etwa 6,5 km erreicht. Zum Ziel 90.000 ft (27 km) sind es jetzt „nur“ noch knapp 5 km an Höhengewinn, der in den Aufwinden der stratosphärischen Leewellen erfolgen muss.

Der ehemalige Höhengewinn Grob Egrett als Schleppflugzeug

Wie war nun eine derartige Steigerung im Höhengewinn mit *Perlan 2* in nur einem Jahr möglich? Bereits in der Saison 2017 hatten Simulationen von Leewellen im Bereich der südlichen Anden ergeben, dass die Leewellen in der unteren und mittleren Stratosphäre oft stärker ausgeprägt sind als diejenigen im Troposphärenbereich (s. z. B. Abb. 2). Es mussten zunächst die schwächeren Wellenaufwinde in der Troposphäre ausgenutzt werden, bis man in das Wellensystem der unteren Stratosphäre gelangte. Das kostete



Abb. 1: Das Segelflugzeug *Perlan 2* (rechts) wird von der Grob Egrett (links) bis in die untere Stratosphäre geschleppt (© Airbus International/Perlan).

natürlich Flugzeit, die an der Zeit für den Stratosphärenflug abging. Dabei wurde das Segelflugzeug von einem Motorflugzeug bereits in eine Höhe von etwa 4 km geschleppt, weit höher als der übliche Schlepp beim „normalen“ Segelflug in der unteren Troposphäre.

Hier setzte nun das Perlan/Airbus Team an: man müsste *Perlan 2* bereits in die untere Stratosphäre schleppen, um Zeit für den Wellenflug in der Stratosphäre zu gewinnen. Dabei kam man auf das in Deutschland bei der Firma Grob gebaute Höhenflugzeug Grob 520 Egrett. Dieses Flugzeug wurde in den achtziger Jahren als Höhengewinn für die deutsche Luftwaffe entwickelt. Obwohl die Egrett nur über einen Propellermotor verfügte konnte sie Gipfelflughöhen um die 15 km erreichen, ihr Höhenrekord lag sogar bei 16,7 km. Nachdem das Projekt aufgegeben wurde, verteilten sich die fünf gebauten Exemplare in die Welt, eins davon kam bei Airborne Research Australia für meteorologische Messkampagnen zum Einsatz.

Im Jahr 2018 konnte das Perlan Projekt eins der noch im Flugbetrieb tätigen Exemplare für die Verwendung als Schleppflugzeug gewinnen. Damit konnte nun das Segelflugzeug *Perlan 2* bis über die Tropopause hinaus geschleppt werden (Abb. 1). So lag denn auch die typische Schlepphöhe, in der das Segelflugzeug ausgeklinkt wird, bei den oben erwähnten Rekordflügen bei etwa 14 km, was für sich genommen schon eine Rekordhöhe für das Schleppen von Segelflugzeugen darstellt.

Numerische Wettervorhersage für Schwerewellen

Die Rekordversuche von *Perlan 2* sind ohne Planung anhand der Vorhersage von Leewellen im Bereich der Stratosphäre nicht möglich. Im Gegensatz zur Troposphäre, wo die Lage der Leewellen häufig durch Lenticularis sichtbar gemacht wird, sind die Schwerewellen in der Stratosphäre praktisch „unsichtbar“. Der Pilot muss also auf andere Mittel zurückgreifen, um die Steiggebiete der Leewellen zu erkennen und auszufliegen. Hier helfen nun die Modelle für die numerische Wettervorhersage, welche bei genügender Auflösung Schwerewellen direkt vorhersagen können. Im Perlan Projekt erfolgt die meteorologische Beratung für die Flugplanung durch die amerikanische Firma Weather Extreme Ltd. Diese verwendet zur Wellenvorhersage das Modell WRF-EMS mit einem im Bereich von Südamerika genesteten horizontalen Gitter, wobei die Gitterweite im innersten Gebiet im Lee der Anden 0,67 km beträgt. Ein

Beispiel für eine Wellenvorhersage mit dem WRF-EMS Modell für den Bereich der Anden im Fluggebiet von *Perlan 2* ist für den eingangs erwähnten Rekordflug vom 03. September 2017 in Abb. 2 dargestellt.

Die Piloten haben Vertikalschnitte (wie in Abb. 2) und Horizontalschnitte der vertikalen Windgeschwindigkeit aus den WRF-Simulationen im Cockpit auf einem Display und können so die Gebiete mit Wellenaufwinden ansteuern. Dabei hat es sich gezeigt, dass die stratosphärischen Leewellen im Gebiet der Anden zwar im Prinzip richtig vorhergesagt wurden, ihre genaue Lage und Stärke aber nicht immer genau mit den von *Perlan 2* aktuell vorgefundenen Vertikalgeschwindigkeiten übereinstimmte. Die Piloten müssen daher nach wie vor die optimalen Aufwindgebiete ausloten, wobei natürlich die Ergebnisse der Modellvorhersagen eine große Hilfe sind. Nach jedem Flug wird die Wellenvorhersage mit den beim Flug vorgefundenen Auf- und Abwindgebieten verglichen, um damit eine Verifizierung der Leewellenvorhersage für die untere und mittlere Stratosphäre zu ermöglichen.

Weitere Informationen zu den Rekordflügen von *Perlan 2* sowie zur Entwicklung des *Perlan* Projektes findet man unter www.perlanproject.org/

Quellen: Pressemitteilungen von Airbus vom 29.08.2018 und 03.09.2018. WeatherExtreme Ltd.: persönliche Mitteilung.

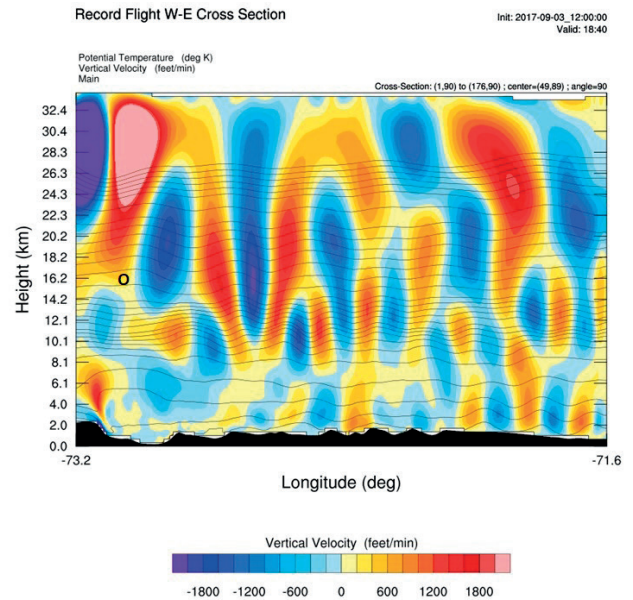


Abb. 2: Zonalschnitt der vertikalen Windgeschwindigkeit (farbige Flächen; blau: abwärts, rot: aufwärts) im Bereich der Anden entlang des Breitengrads 50° S. Ergebnis der Simulationen mit dem WRF-EMS Modell für den 03.09.2017, 12 UTC. Die Position von *Perlan 2* beim Erreichen der Rekordhöhe ist durch einen Kreis angedeutet (© WeatherExtreme Ltd.).

Ballonmission von NASA und DLR macht Jagd auf silbrig-weiße Wolken

DLR

Am oberen Rand unserer Atmosphäre existiert eine dünne Schicht silbrig-weißer Eiswolken. Die als leuchtende Nachtwolken (englisch noctilucent clouds, NLC) oder auch polare Mesosphärenwolken bekannten Wolken bilden sich im Sommer in 83 Kilometern Höhe über den Polen unserer Erde. Eine Langzeit-Ballon-Mission der NASA mit einem Instrument des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an Bord konnte diese Wolken über einen Zeitraum von fast sechs Tagen hochpräzise an ihrem Ursprungsort in der Mesosphäre beobachten. Mit Hilfe der Ergebnisse werden Wissenschaftler Turbulenz in der Atmosphäre, aber auch in Ozeanen, Seen und anderen Planetenatmosphären besser verstehen, und vielleicht sogar Wettervorhersagen verbessern.

Ballonexperiment zu NLC

Am 8. Juli 2018 startete ein riesiger Ballon zur Untersuchung von NLC. Für fast sechs Tage fuhr der Ballon in 38 km Höhe von seinem Start in Erange (Schweden) durch die Stratosphäre über die Arktis bis in den Westen von Nunavut (Kanada). Während seiner Fahrt nahmen Kameras an Bord des Ballons sechs Millionen hochauflösende Bilder mit einem Datenvolumen von 120 Terabyte auf, wobei die meisten Bilder NLC in verschiedenen Stadien zeigen. Unter anderem lassen diese Bilder Prozesse erkennen, die zu Turbulenz führen. „Was wir bisher gesehen haben, sieht nach einem sehr spektakulären Datensatz aus“ sagt der Leiter

der PMC Turbo-Mission Dave Fritts von GATS in Boulder (USA). „Unsere Kameras haben wahrscheinlich einige wirklich interessante Ereignisse erfasst und wir hoffen, damit neue Einblicke in die komplexe Dynamik zu gewinnen“.

Leuchtende Nachtwolken entstehen aus Eisteilchen, welche auf winzigen Meteorstaub-Partikeln in der oberen Atmosphäre kondensieren. Sie erscheinen als intensiv silbrig-hellblau leuchtende Wolken, die im Sommer vom Rand der Polarregionen kurz nach Sonnenuntergang vom Boden aus beobachtbar sind. Die Wolken werden von sogenannten atmosphärischen Schwerewellen beeinflusst. Schwerewellen entstehen zum Beispiel durch Konvektion in der Atmosphäre oder wenn Luft getrieben von Wind aufgrund von Bergketten nach oben ausweichen muss. Die entstehenden Wellen spielen eine wesentliche Rolle beim Transport von Energie von der unteren Atmosphäre bis hinauf zur Mesosphäre.

„Es ist uns zum ersten Mal gelungen, den Energiefluss von den größeren Schwerewellen hin zu kleineren Instabilitäten und Turbulenz in der oberen Atmosphäre direkt abzubilden“, sagte Fritts. „In diesen Höhen kann man das Brechen der Schwerewellen direkt sehen – ähnlich wie das Brechen von Meereswellen am Strand – und den Übergang zu Turbulenz beobachten“.

Zur Beobachtung der Wolken war die Nutzlast des PMC Turbo-Ballons mit sieben speziell angefertigten Kamerasystemen ausgerüstet. Jedes System umfasste eine hochauflösende Kamera, eine Computer- und Kommunikationseinheit, sowie 32 Terabyte Datenspeicher. Die Ka-