

Entwicklung eines integrierten Messsystems für Segelflugzeuge zur Charakterisierung von Wind und Turbulenz in der freien Atmosphäre

Norman Wildmann (1), Klaus Ohlmann (2), Andreas Dörnbrack (1), and Markus Rapp (1)

(1) German Aerospace Center (DLR e.V.), Institute of Atmospheric Physics, Oberpfaffenhofen, Germany (norman.wildmann@dlr.de), (2) Aérodrôme de Serres, La Bâtie Montsaléon, France

In-situ-Messungen von Wind und Turbulenz in der freien Atmosphäre haben eine lange Tradition in der Meteorologie. Plattformen, die für meteorologische Messungen genutzt werden, erstrecken sich von Ballons über unbemannte Flugzeuge bis hin zu Forschungsflugzeugen mit umfassender Instrumentierung. Auch Segelflugzeuge wurden bereits eingesetzt, um Messungen von Wind, Temperatur und Luftfeuchte durchzuführen. Ein großer Vorteil ist ihre Flexibilität, Messungen sowohl in niedrigen wie auch in größeren Höhen mit relativ geringen Kosten durchführen zu können. Unter Bedingungen von starken Schwerewellen, die z.B. bei der Überströmung von Gebirgen ausgelöst werden, können leicht mehrere Kilometer Höhe mit Segelflugzeugen erreicht und lange Distanzen zurückgelegt werden.

Um die atmosphärischen Bedingungen während solcher Flüge genau zu quantifizieren und hochaufgelöste Turbulenzmessungen durchzuführen, wurde ein meteorologisches Sensorpaket entwickelt. Das System besteht aus einer Strömungssonde, einer inertialen Messeinheit sowie aus Druck-, Temperatur- und Luftfeuchtesensoren. Die Kombination dieser Sensoren erlaubt die Berechnung des dreidimensionalen Windvektors und dessen turbulente Fluktuationen in Skalen von wenigen Metern. Das Flugverhalten und die Flugstrategie bei Wellenflügen mit einem Segelflugzeug stellt einige Herausforderungen an die Messtechnik, die in dieser Arbeit berücksichtigt werden. So kann nicht von Messflügen mit konstanter Fluggeschwindigkeit, konstanter Flughöhe und geringen Rollwinkeln ausgegangen werden. Um die für die Windmessung entscheidenden Größen der Lagewinkel auch in dynamischen Flügen genau zu bestimmen, wurde ein System mit zwei GPS-Antennen auf dem Flügel des Seglers installiert. Der weite Machzahlbereich von 0.025 bis 0.2, der mit einem Segelflugzeug erreicht werden kann, erforderte die Kalibrierung der Strömungssonde für verschiedene, vorgegebene Geschwindigkeiten im Windkanal und die Validierung mit speziellen Manövern im Flug. Mithilfe von Spektren und Strukturfunktionen der thermodynamischen Größen kann die räumliche Auflösung der Sensoren analysiert werden und die Eddy Dissipation Rate (EDR) berechnet werden.

Für ausgewählte Flüge mit dem Messsystem werden Vertikalprofile von Wind, Temperatur und Feuchte präsentiert und mit meteorologischen Analysen verglichen.