

Über den Wolken

Mit dem Wetterballon in die Stratosphäre

Zielsetzung

Ziel des Projektpraktikums war neben der Realisierung eines eigenen Projektes die Durchmessung des Höhenprofils der unteren Atmosphäre. Zusätzlich sollte ein Video des Fluges aufgenommen werden.

Konkret gemessen werden sollten:

- ▶ Druck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit
- ▶ (Relative) UV-Intensität
- ▶ Beschleunigung und Magnetfeld

Zur Messung wurden eingesetzt:

- ▶ Xtrinsic-Senseboard: Fertigbauteil für Druck, Temperatur, Beschleunigung, Magnetfeld (innen)
- ▶ Einzelner Drucksensor (innen)
- ▶ Feuchte- und Temperatursensor (außen)
- ▶ Optische- und UV-Photodiode (außen)

Schematischer Aufbau der ICAO-Standardatmosphäre bis 50 km

Stratosphäre [ca. 20 bis 50 km]

- ▶ Linearer Anstieg der Temperatur von $-56,5$ auf $-2,5^{\circ}\text{C}$ durch Strahlenabsorption des Ozons
- ▶ Abfall des Luftdrucks von 55 auf 0,67 hPa
- ▶ Anstieg der UV-Intensität beim Durchschreiten der Ozonschicht (10 bis 40 km)
- ▶ Quasi konstantes Magnetfeld von 0 bis 50 km [2]

Tropopause [ca. 11 bis 20 km]

- ▶ Konstante Temperatur von $-56,5^{\circ}\text{C}$
- ▶ Relative Luftfeuchtigkeit bei ca. 0%

Troposphäre [ca. 0 bis 11 km]

- ▶ Schicht der meisten Wetterphänomene
- ▶ Linearer Abfall der Temperatur auf $-56,5^{\circ}\text{C}$
- ▶ Abfall des Luftdrucks von 1013 auf 226 hPa

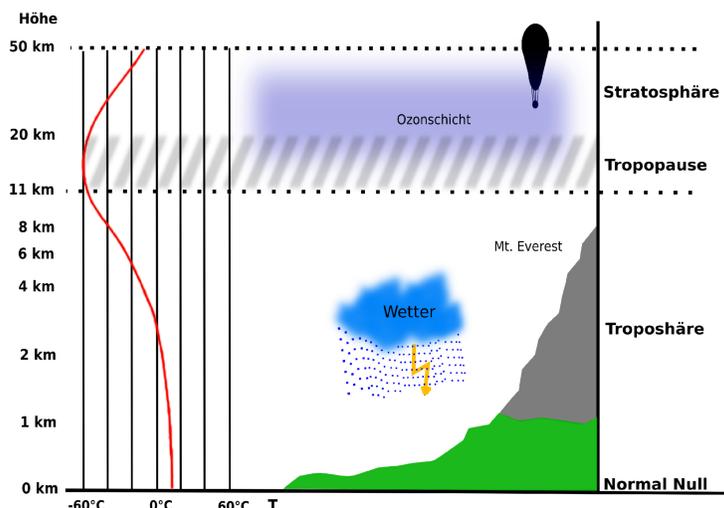


Abbildung 1: Schichtung der Atmosphäre (nach [3]).

Atmosphärendaten aus [1]

Aufbau und Flug

Bau der Messschaltung:

- ▶ Beschaffung der Bauteile (Sensoren, AD-Wandler, Dioden, etc.) durch Kauf oder in der Uni
- ▶ Test und Verbesserung der Schaltung mittels Vorstecken auf Breadboards
- ▶ Löten der Schaltung auf Platine
- ▶ Anschluss von Kamera, Senseboard und Schaltung an den Raspberry Pi
- ▶ Reparaturen und Verbesserungen zwischen den Flügen

Programmcode:

- ▶ Shell-Skript ruft bei Start des Pi Kamera und Sensorsteuerung auf
- ▶ Sensorsteuerung über python-Skript
- ▶ Kamerasteuerung über raspivid-Programm
- ▶ Messung in 25 min Intervallen um RAM-Speicherüberlauf zu vermeiden
- ▶ Zum 2. Flug Optimierung der Programmierung zum Schutz der Daten

Fluggerät und -verlauf:

- ▶ Messtechnik in Styrodurbox eingebaut
- ▶ Flugkonstruktion bestehend aus heliumgefülltem Latex-Ballon, Fallschirm und Radarreflektor
- ▶ Steigflug (ca. 1,5 Std)
- ▶ Platzen des Ballons durch Ausdehnung auf ca. 35 km Höhe erwartet
- ▶ Sinkflug ca. 1 Std
- ▶ GPS-Ortung der Messbox und Wiederbeschaffung

Präsentation der Messdaten

- ▶ Bei beiden Flügen führten Ausfälle zu unvollständigen Daten
- ▶ Feuchtesensor wegen mechanischer Beschädigung in beiden Flügen defekt
- ▶ UV- und Beschleunigungsmessungen haben funktioniert, ergaben jedoch keine aussagekräftigen Ergebnisse

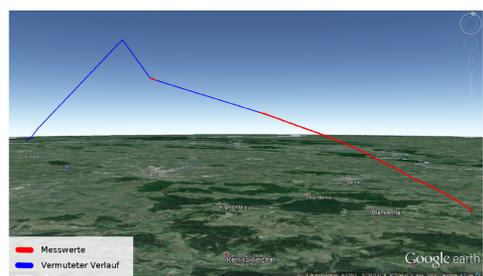


Abbildung 2: Rekonstruierte Trajektorie des ersten Fluges.

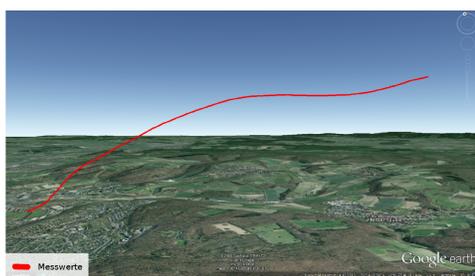


Abbildung 3: Teiltrajektorie des zweiten Fluges.

- ▶ Es ließen sich dennoch (Teil-)Trajektorien rekonstruieren (Abb. 2 & 3)
- ▶ Geschätzte Platzhöhe: 1. Flug 18,8 km; 2. Flug 13,6 km
- ▶ Temperatur- und Druckmessung zeigen das erwartete Verhalten (Abb. 4 & 5)
- ▶ Magnetfeld zeigt erwartetes nahezu konstantes Verhalten

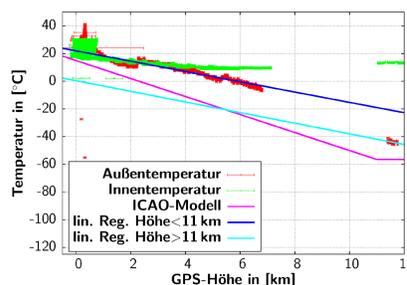


Abbildung 4: Innen- und Außentemperatur der Messsonde gegen die GPS-Höhe (erster Flug).

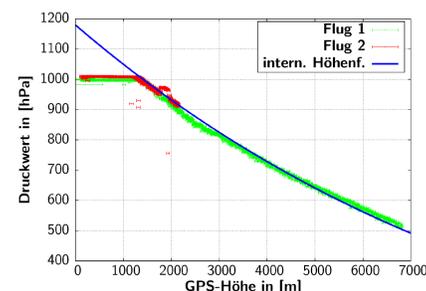


Abbildung 5: Messwerte des einzelnen Drucksensors gegen die GPS-Höhe.

Fazit

- ▶ Die grundsätzliche Konzeption der Schaltung war erfolgreich
- ▶ Die geplante Flughöhe wurde aufgrund der hohen Nutzlast und schwer zu bestimmender Helium-Füllmenge nicht erreicht
- ▶ Unerwartete Überhitzungsprobleme führten zu zeitweisem Ausfall der Messung
- ▶ Die erhaltenen Messwerte stimmen mit den Erwartungen überein

Literatur

- [1] KRAUS, HELMUT: „Die Atmosphäre der Erde“. 3. erweiterte und aktualisierte Auflage. Berlin Heidelberg : Springer Verlag, 2004, Seiten 139-143.
- [2] VAN MIEGHEM, J. (HRSG.); MATSUSHITA, S.; CAMPBELL, WALLACE H.: „International Geophysics Series Volume 11-1: Physics of Geomagnetic Phenomena“. New York London : Academic Press, 1967, S. 228, Tabelle 9.
- [3] Website des BR: „Querschnitt durch die Atmosphäre nach Daten des DWD“. <http://www.br.de/themen/wissen/meteorologie-wetter-atmosphaere-102.png%3Fversion%3D6acf8>, Abruf: 06.07.2014.