

# Stratosphärenballon Stroke 2 (DK0TUI)

Sven Kaden (DG1SVE)

31.08.2017

## Zusammenfassung

Ein ambitioniertes Stratosphärenballon-Projekt des Fachbereich Maschinenbau der Ernst-Abbe-Hochschule in Jena.

## 1 Vorbereitung

Es war wieder einmal der Zufall, der mir dieses Projekt in die Hände spielte. Unter [www.amateurfunk-wiki.de](http://www.amateurfunk-wiki.de)<sup>1</sup> gab es einen Hinweis auf den Fachbereich Maschinenbau der Ernst-Abbe-Hochschule in Jena. Das Projekt, getauft auf den Namen *Stroke*<sup>2</sup>, war bereits im Jahr 2015 als Stroke 1 unterwegs. Am 24.02.2016 sollte nun Stroke 2 unter dem Rufzeichen DK0TUI-11 starten.

Die Kontaktaufnahme gestaltete sich problemlos. Prof. Dr. Jörg Grabow (DL3AKB, OV X30) beantwortete geduldig meine Fragen. Es standen zwei Konfigurationen zur Verfügung. APRS auf 144,800 MHz in FM/AFSK entweder mit 300 mW oder 1 W. Welche Verwendung finden würde, entschied sich am Tage des Starts. Die Freunde der CW-Fraktion sollten bei 145,450 MHz bedient werden. Der Plan sah vor, im Abstand von 5 min. die Höheninformation in CW zu versenden.

Für die Beobachtung musste wieder einmal der Olympiabergr erhalten. Das verwendete Equipment bestand aus:

- Yaesu FT-817
- AOR AR8000
- Raspberry Pi mit einem Tablet als Display
- IBM Lenovo ThinkPad T61 (Backup)
- 2m 6El.-Kreuzyagi nach DK7ZB

Die Kreuzyagi diente dem Empfang beider Signale (APRS und CW) mit getrennten Empfängern. Dabei steht jedes der beiden Systeme mit einer Verschiebung von 45° zum Sender. Der Raspberry Pi sollte das Dekodieren der APRS-Signale übernehmen, ein Versuch unter realen Bedingungen.

<sup>1</sup>[www.amateurfunk-wiki.de](http://www.amateurfunk-wiki.de)  
<http://www.amateurfunk-wiki.de/index.php/Ballonprojekt>

<sup>2</sup>Homepage des Projektes  
<http://www.mb.eah-jena.de/page/./stroke>



**Abb. 1:** 2m 6El. Yagi nach DK7ZB, als Kreuzyagi ausgeführt - Quelle: Sven (DG1SVE)

Den letzten Vorhersagen nach, sollte der Ballon Richtung Osten über den Kamm des Erzgebirges Richtung Tschechischen Republik fliegen.

Alleine wollte ich auch diesmal nicht beobachten, so sprach ich Sebastian (DL1KSE) und Reiner an. Sebastian hatte Zeit und wollte mitkommen, bei Reiner stand ein geschäftlicher Termin dagegen.

## 2 Beobachtung

10:30: Leichter Schneeregen, ich komme auf dem Olympiabergr an und beginne mit dem Aufbau der Antenne. Sebastian hatte wohl das GMT auf der Mail übersehen, sodass wir uns verfehlten. Diesmal habe ich zum Transport auf den Chariot Fahrradanhänger zurück gegriffen, der den Geräten einen besseren Schutz vor dem Wetter bot.

11:00: Für die Aufzeichnung, Decodierung und Visualisierung der Daten stand ein Raspberry Pi bereit. Als Display fungierte ein, per WLAN angebundenes, Tablet. Nach dem Einschalten fand das Tablet aber leider den Raspberry PI per WLAN nicht. Das Wetter lud nun auch nicht gerade zum Debuggen ein, und so verwendete ich gleich die bewährte Lösung: das Laptop. Schade.

11:30: Das erste Paket ist empfangen. Es ist über den Weg DB0BL (bei Nördlingen), DJ5SO (Ulm) und DB0OAL (bei Schwangau) gekommen. Das nächste

stammte von DB0EL und 106 s später hatte ich das erste direkt empfangene Paket auf dem Bildschirm.

```
# 2016-02-24 10:31:24 GMT
DK0TUI-11>APOTC1,DB0BL*,DJ5SO-1*,\
  →DB00AL*,WIDE2*:!5053.87N\
  →/01140.96E0104/023/A=014372 11.6\
  →V 27C HDOP01.0 SATS08
# 2016-02-24 10:32:09 GMT
DK0TUI-11>APOTC1,DB0EL*,WIDE1-1*,\
  →WIDE2-2*:!5053.68N/01141.65E0119\
  →/036/A=015301 11.7V 27C HDOP01.4\
  → SATS07
# 2016-02-24 10:33:55 GMT
DK0TUI-11>APOTC1,WIDE1-1,WIDE2\
  →-2:!5053.27N/01143.26E0119/042/A\
  →=016963 11.6V 27C HDOP01.0 \
  →SATS08
```

11:45: Der Ballon sendete in einem Zyklus von ca. 53 s zwei Pakete in der Minute. Zum einen den Infotext (EAH Jena - High Altitude Balloon Payload) und zum anderen die Telemetriedaten. Alles war bisher problemlos zu empfangen. Und auch das Wetter hatte ein Einsehen. Der Schneeregen verzog sich und gelegentlich kam die Sonne hervor.

12:50: Sehr seltsam, was hier passiert! Die Höhe steigt nicht mehr. Mal sinkt der Wert, was auf ein Zerplatzen des Ballons hindeuten würde, dann steigt sie aber wieder. Es sind ganz geringe Änderungen. Was spielt sich hier ab?

13:10: Plötzlich dreht der Ballon über Dčín (Tschechische Republik) Richtung Norden und fliegt zurück nach Deutschland. Richtungsänderungen sind nichts Ungewöhnliches, allerdings sprach das gegen die Vorhersage. Auch die Höhe blieb mit ca. 22 km im Wesentlichen unverändert.

13:30: Das letzte Paket stammt von 13:17 Uhr 13:17 Uhr. Weder ein Digipeater, noch ich konnten etwas von DK0TUI aufnehmen. Verunsichert befrage ich [aprs.fi](http://aprs.fi)<sup>3</sup>. Hier gab es noch aktuelle Daten. Allerdings führten diese zu einer noch größeren Verunsicherung. Es gab noch wenige Messpunkte über Sachsen in Richtung Berlin, die allerdings extrem schnell überflogen wurden. Es war von Geschwindigkeiten bis hinauf zu 916 km/h zu lesen. Nach 13:36 Uhr war aber auch hier Schluss.

14:00: Schluss, zusammenpacken. Auf der Heimfahrt machte ich mir Gedanken, was da wohl passiert sein könnte. Wurde der Ballon von einem Flugzeug erfasst? Auf einer Höhe von 22 km sollte so etwas aber nicht mehr passieren. Wie war die langsame Steigerung der Geschwindigkeit zu erklären?

19:00: Am Abend sprach ich noch mit Reiner über die Mission. Er hatte den Flug auf [aprs.fi](http://aprs.fi) verfolgt. Wir kamen zu dem Schluss, das es sich wohl eher um ein Softwareproblem handelte, als um echte Werte.

<sup>3</sup>Track von DK0TUI-11 auf [aprs.fi](http://aprs.fi)  
<http://aprs.fi/DK0TUI-11>

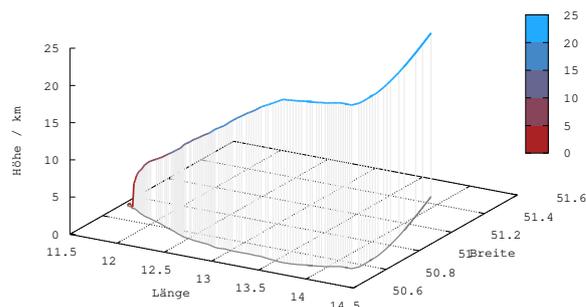


Abb. 2: Kurs und Höhe - Quelle: Sven (DG1SVE)

Zwei Tage später: Nun unternahm ich den ersten Anlauf nach dem Flug, Weiteres in Erfahrung zu bringen. Die ersten Informationen fand ich auf den Seiten der [Thüringer Allgemeine](http://thueringer-allgemeine.de)<sup>4</sup> so wie auf [jenapolis](http://jenapolis.de)<sup>5</sup>. Sie berichteten über das Verschwinden des Ballons. Der hatte noch ein GSM-Handy mit dabei, das mittels eines GPS seine Position versenden konnte. Es meldete sich am Tag des Fluges um 22:30 Uhr aus der Nähe von Prag, bei dem Ort Chlum. Damit löste sich das Rätsel um den Verbleib der Nutzlast.

Der Krimi allerdings war damit noch nicht zu Ende. Ein Video bei [www.jenatv.de](http://www.jenatv.de)<sup>6</sup> offenbarte dann die ganze Größe des Projektes. Es handelte sich nicht etwa um einen gewöhnlichen Stratosphärenballon. Die Studenten wollten Neues testen. Nach dem Platzen des Ballons sollte die Nutzlast nicht einfach mit einem Fallschirm zu Boden sinken. Ziel war es, mit einem speziell gesteuerten Gleitschirm (Spannweite von 1,5 m) zurück nach Jena zu fliegen. Der starke Wind und ein defekter Motor verhinderten leider den Einsatz des Gleitschirms. Daraufhin wurde dann ein klassischer Fallschirm verwendet.

### 3 Auswertung

Zunächst fragte ich mich, was mit dem Raspberry Pi los war. Das Tablet hatte versucht eine IP-Adresse zu bekommen, was aber scheiterte. Ursache war eine Kontaktschwäche der USB-Steckverbindung. Für den portablen Einsatz ist die Micro-USB Verbindung für die Stromversorgung ungeeignet. Weiterhin hat das

<sup>4</sup>Thüringer Allgemeine: Jenaer Ballonmission Forschungskapsel bei Prag gefunden  
<http://www.thueringer-allgemeine.de/startseite/detail/-/specific/Jenaer-Ballonmission-Forschungskapsel-bei-Prag-gefunden-898960651>

<sup>5</sup>jenapolis, Bericht über Stroke 2  
<https://www.jenapolis.de/2016/02/25/zweite-ballonmission-der-eah-jena/>

<sup>6</sup>[www.jenatv.de](http://www.jenatv.de), Video über die Rückholeinheit  
<http://www.jenatv.de/mediathek/32651/Die-Realitaet-vom-Aufstieg-An-der-Ernst-Abbe-Hochschule-startete-der-zweite-Stratosphaerenballon.html>

Tablet gelegentlich Probleme beim Booten. Ein Reset hilft weiter.

Die verpassten CW-Signale auf 145,450 MHz lassen sich mit großer Wahrscheinlichkeit auf meine Ungeduld zurückführen. Ich hatte offensichtlich den Passus mit den 5 min. in der E-Mail überlesen. Ich hatte mir beim Abhören des Bandes einfach nicht die entsprechende Zeit gegönnt. Schade, damit hätte man die Antenne optimal ausrichten können. Die APRS-Signale sind für diese Aufgabe aufgrund ihrer Länge ungeeignet.

Um das Beobachtete zu verstehen, generierte ich Diagramme aus den Daten von aprs.fi. Neben einer Info-Message gab es nur noch Position, Kurs, Bordspannung, GPS-Genauigkeit (HDOP<sup>7</sup>) so wie die Anzahl der verwendeten Satelliten.

```
# 2016-02-24 11:50:09 GMT
DKOTUI-11>APOTC1,WIDE1-1,WIDE2-2:>
  →EAH Jena - High Altitude Balloon
  → Payload
# 2016-02-24 11:50:10 GMT
DKOTUI-11>APOTC1,WIDE1-1,WIDE2
  →-2:!5042.21N/01344.49E0081/064/A
  →=072222 11.2V 15C HDOP02.3
  →SATS05
```

Aus den Höhendaten suchte ich mir den ersten Datensatz, an dem Höhe und Position signifikant von den Vorgängerwerten abwichen und definierte den Zeitpunkt (10:17gmt) als Start. Aus dem Spannungsdiagramm ist gut zu erkennen, dass der Ballon offensichtlich erst mit Batterien und dann mit einer externen Spannungsquelle (bei 10V) versorgt wurde. Ab ca. 10 min. vor dem Start setzten die Telemetriedaten aus und setzten zwei Minuten vor dem Start erneut ein. Ein Sprung in der Betriebsspannung (Punkt A) auf 12,4V lässt den Schluss zu, dass es mit einem neuen Satz Batterien auf die Reise gehen sollte.

Mit dem Wechsel der Batterien hat das GPS einen Neustart vollzogen. In dieser Phase versucht das GPS-System seine Satelliten zu finden bzw. seine Korrekturdaten zu empfangen. An der Anzahl der empfangenen Satelliten ist zu erkennen, dass der Wert öfter einmal auf drei abfällt. Eine brauchbare Position, bestehend aus Länge, Breite und Höhe, setzt den Empfang von mindestens vier Satelliten voraus. Im weiteren Verlauf ist in der Höhe (Punkt B) wie auch in der Bodenspur ein markanter Sprung zu erkennen. Er markiert das Ende der Initialisierung des GPS-Systems. Ab einer Höhe von ca. 3600 m lieferte es brauchbaren Daten.

Wie üblich hatte ich von der Beobachtung eine Aufzeichnung des empfangenen Audiosignals angefertigt. Leider gibt es in dem Format (wave) keine Möglichkeit zusätzlich Zeitinformationen zu speichern. Mit dem Anlegen der Datei erzeuge ich den

<sup>7</sup>Definiton und Erklärung des Begriffs Dilution of Precision (DOP) auf wikipedia.de  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Dilution\\_of\\_Precision](https://de.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_Precision)

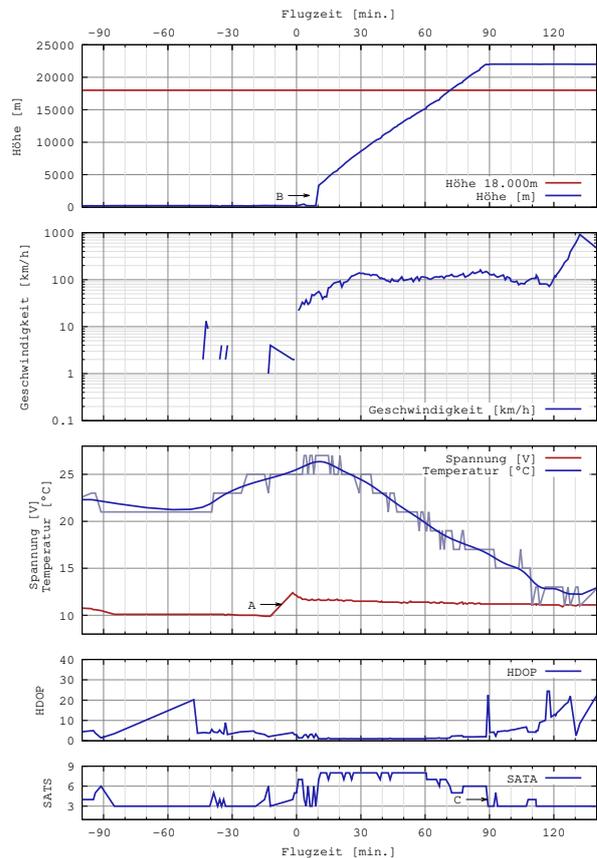
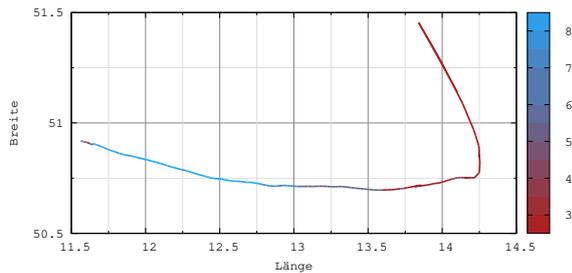


Abb. 3: Telemetriedaten - Quelle: Sven (DG1SVE)

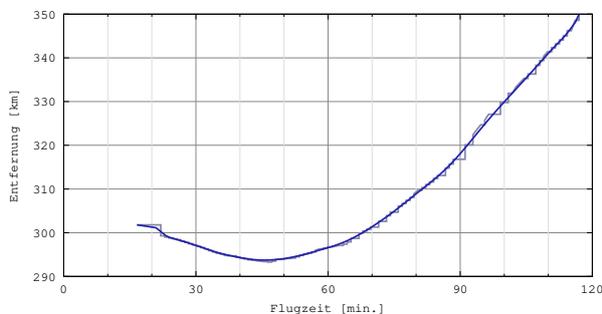
Dateinamen. Er enthält die aktuellen Zeit, was eine Rekonstruktion im Nachhinein ermöglicht. Das loopback-Device des PulseAudio-Servers erlaubte eine zeit-richtige Wiedergabe des Waves. Ein Script ergänzte die dekodierte Meldungen mit einem Timestamp. Die Ergebnisse glich ich noch mit den Daten von aprs.fi ab und korrigierte alles noch einmal um 3 Sekunden. Somit stand nun auswertbares Material zur Verfügung.

Ab einer Höhe von 22 km änderte sich die Höhe des Ballons nicht mehr und es passierten seltsame Dinge. Die Geschwindigkeit stieg auf Werte, die von der Stratosphäre so nicht bekannt sind. Der Blick auf die Anzahl der empfangenen Satelliten (Punkt C), sowie die steigende Ungenauigkeit (HDOP) offenbaren die Schwächen des verwendeten GPS-Empfängers.

Die USA ist der Entwickler und Betreiber des Global Positioning System (GPS). Um hier nicht potenziellen militärischen Gegnern einen Vorteil zu verschaffen, sind gewisse Sperren eingebaut. Bei einer Geschwindigkeit von mehr als 1900 km/h (1000 knproh) oder einer Höhe von mehr als 18 km (60.000 feet) dürfen GPS-Empfänger keine brauchbaren Daten mehr liefern. In diesem Beispiel ist schön zu sehen, wie die Anzahl der verfügbaren Satelliten ab der kritischen Höhe sinkt. Offensichtlich ist hier noch eine gewisse Reserve eingebaut.



**Abb. 4:** Bodenspur mit der Anzahl vom GPS empfangenen Satelliten - Quelle: Sven (DG1SVE)

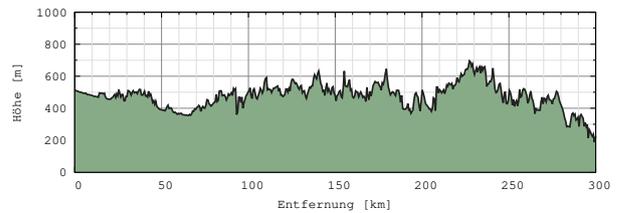


**Abb. 5:** Entfernung zwischen Ballon und dem Beobachtungsstandort - Quelle: Sven (DG1SVE)

Nun wollte ich den Aufstieg des Ballons genauer untersuchen. Im Protokoll ist ein Differenz von 106 Sekunden zwischen dem Empfang des ersten direkten Paketes durch DB0EL sowie durch meine Station DG1SVE. Der Standort lag auf einer Höhe von 565 m, die APRS-Antenne des Olympiaturmes befindet sich auf ca. 700 m. Bemerkenswert ist die scharfe Abgrenzung des Signales durch den Horizont. Selbst eine bessere Antenne half nichts gegen die größere Höhe des Standortes von DB0EL. Geografisch begrenzte in ca. 230 km Entfernung ein Ausläufer des Frankenwaldes mit 700 m Höhe die Sicht.

```
# DB0EL
# 2016-02-24 10:32:09 GMT;
50.89467;11.69417;4663.74; ↘
→302.5;11.7;27;1.40;7
```

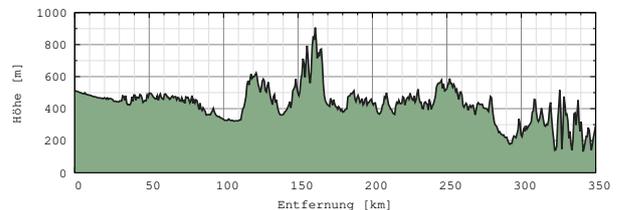
```
# DG1SVE
# 2016-02-24 10:33:55 GMT;
50.88783;11.72100;5170.32; ↘
→301.8;11.6;27;1.00;8
```



**Abb. 6:** Höhenprofil zwischen Ballon und DG1SVE, erster direkter Kontakt - Quelle: Sven (DG1SVE)

Beim letzten Kontakt begrenzte der Oberpfälzer Wald in 165 km Entfernung mit seinen Erhebungen um die 1000 m die Sicht. Beachtet man die Reihenfolge unabhängig von den APRS-Paketten, so könnte man den Schluss ziehen, dass der Ballon ganz normal untergegangen ist. Zuerst habe ich ihn nicht mehr gehört und nach 108s war bei DB0EL auch Ende. Die Zeiten stimmen in etwa mit den Beobachtungen des Aufgang überein.

```
# DG1SVE
# 2016-02-24 12:14:15 GMT;
50.79017;14.25467;22013.27; ↘
→350.0;11.1;13;24.40;0
# DB0EL
# 2016-02-24 12:16:03 GMT;
50.82367;14.25350;22013.27; ↘
→353.0;11.1;13;11.70;3
```



**Abb. 7:** Höhenprofil zwischen Ballon und DG1SVE, letzter direkter Kontakt - Quelle: Sven (DG1SVE)

Hochgradig bemerkenswert ist die Pressearbeit, die hier geleistet wurde. Das Projekt war in allen regionalen Medien ein Thema. Eine Präsenz die von der Zeitung, über Onlinemedien, Radio bis hin zum Fernsehen reichte.

#### 4 Zusammenfassung

Leider hat nicht alles so geklappt, wie geplant. Aber so ist Technik eben. Als studentisches Projekt ist es bestens geeignet neue Dinge zu versuchen. Das dabei nicht alles klappt ist eher die Chance dazu zu lernen.

Aus amateurfunktechnischer Sicht hätten es durchaus ein paar Daten sein dürfen. Bei mir entstand der Eindruck, dass APRS nur den Zweck hatte, die Nutzlast wieder zu finden. Hier ist noch Luft nach

oben. Die Stratobeagle Mission haben vorgemacht, was alles möglich ist.

Wenn ich OM Jörg richtig verstanden habe, soll das nicht der letzte Flug gewesen sein. Spannend ist auch zu sehen, wie hier nach neuen Herausforderungen gesucht wird und so eine Weiterentwicklung bestehender Systeme stattfindet.

Meinen Dank gilt allen, die an diesen Projekt gearbeitet haben.