

Der Einsatz von LoRa bei Stratosphärenballonen

USKA Sektion Bern, HB9F 29. 11. 2023

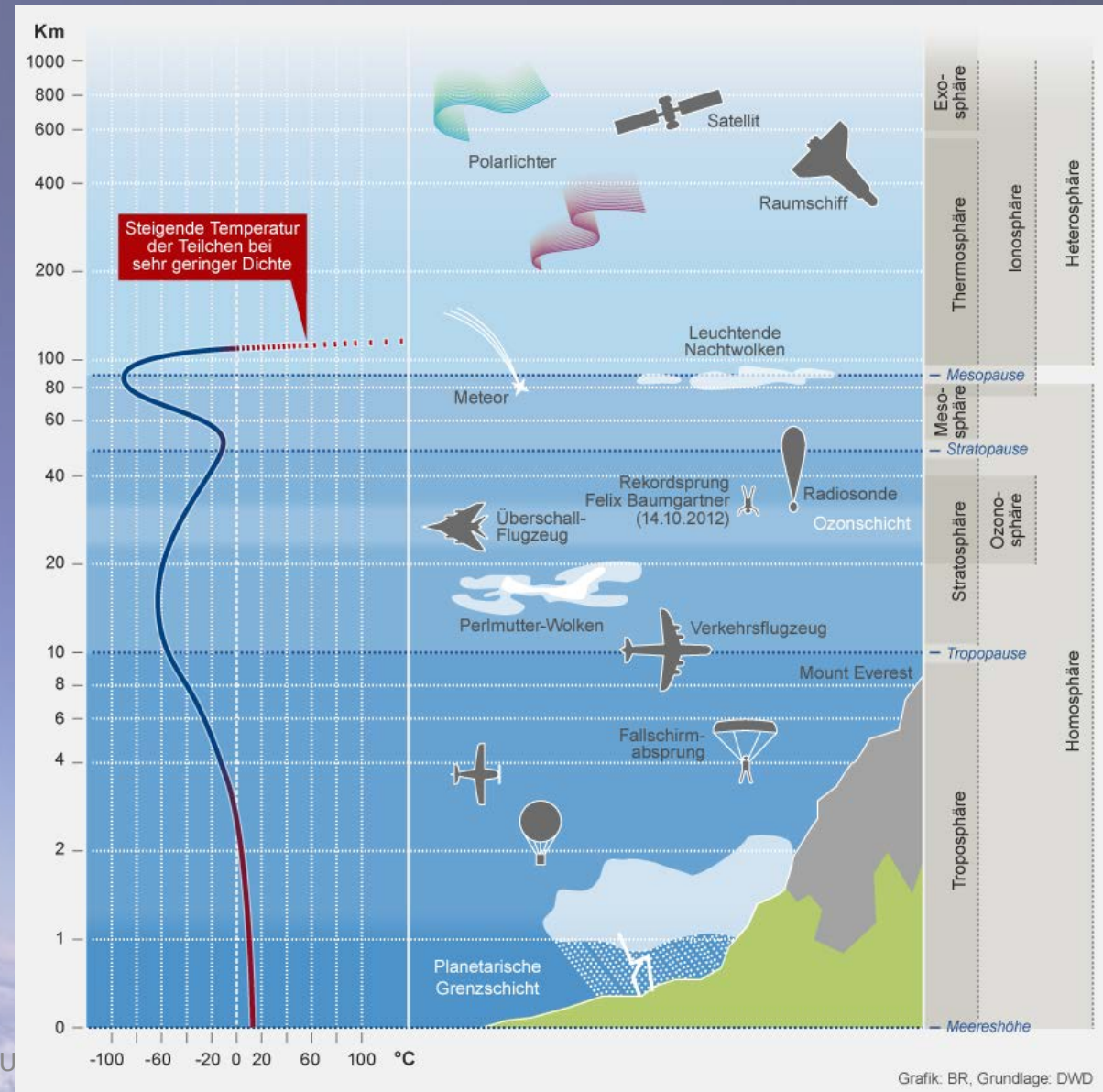
Roland Elmiger, HB9GAA

Inhalt

- HAB, Stratosphärenballone
- Ballon und Nutzlast
- Kommunikation mit der Nutzlast → Telemetrie
- Technik in der Nutzlast und der Bodenstation
- Mission
- Daten-Auswertung
- Fragen

HAB (High-Altitude Balloons) - Stratosphärenballone

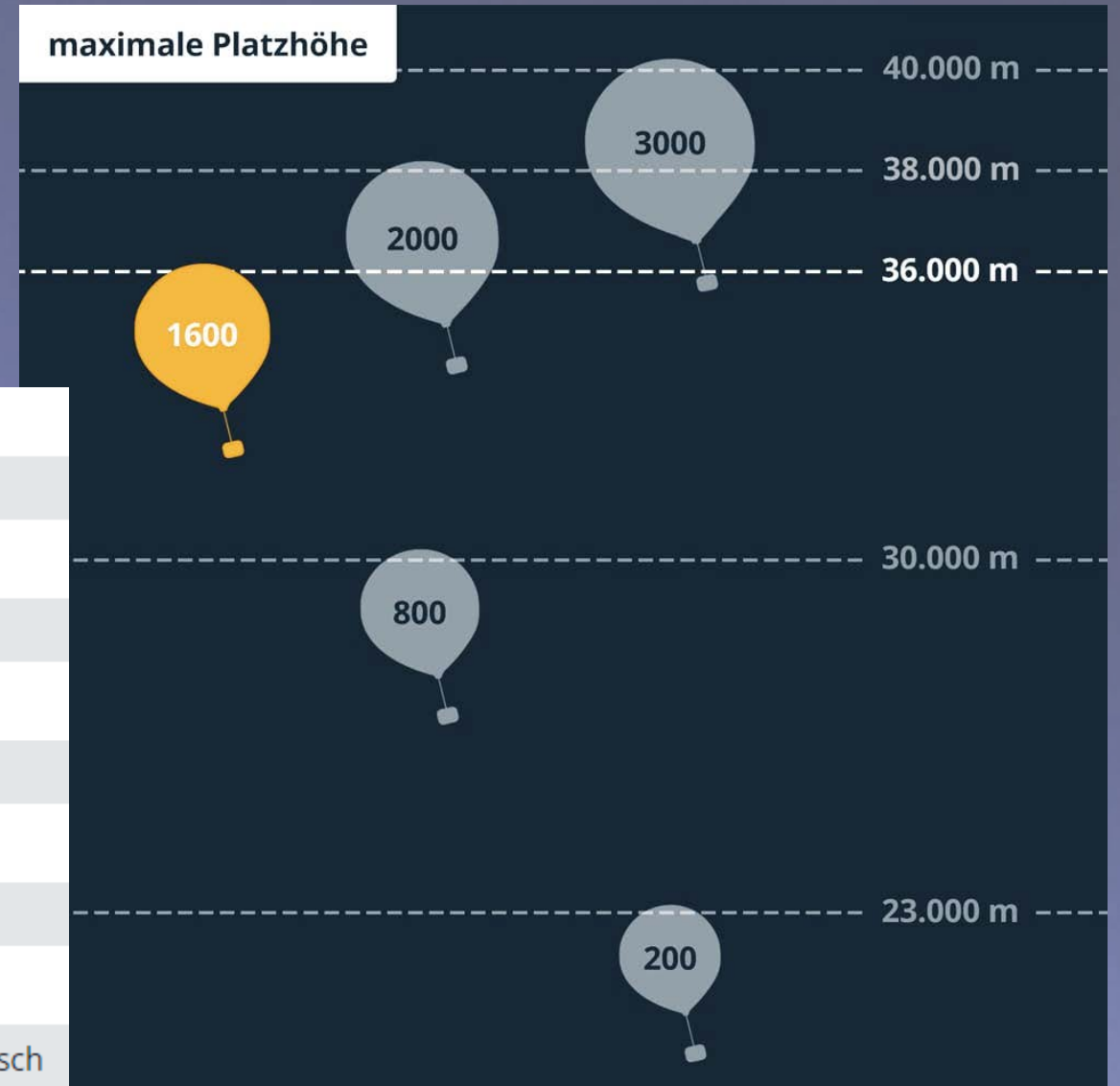
- Wo ist die Stratosphäre



Ballon und Nutzlast

- Die Wahl des Ballons

Eigengewicht	1600g
max. Nutzlast	1600g
Füllmenge bei max. Nutzlast in Litern	4400l
Durchschnittliche Platzhöhe	36.000m
Durchschnittlicher Platzdurchmesser	ca. 11,1m
Länge Ventil	ca. 15cm
Durchmesser Ventil	ca. 8cm
Farbe	weiß
Empfohlene Aufstiegsgeschwindigkeit	4-5m/s
Material	Naturkautschuk-Latex Gemisch



Ballon und Nutzlast

- Heliumbedarf / Tragkraft

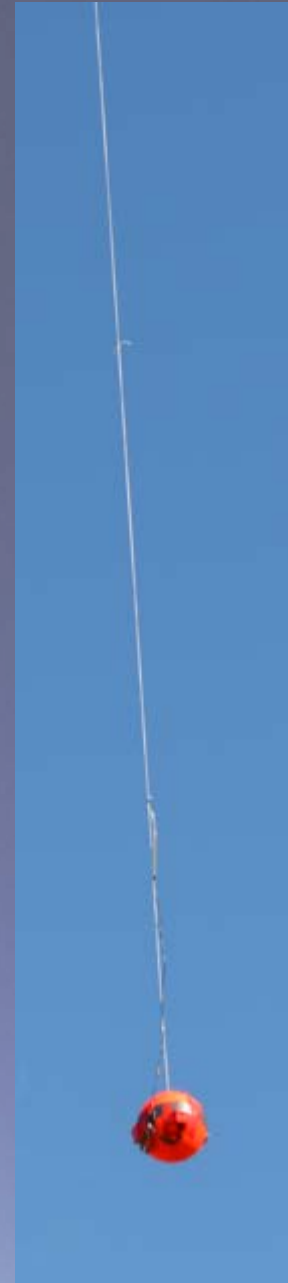


1800g Nutzlast mit Ballon 2000

Platzhöhe:	Aufstiegsgeschwindigkeit:
36.000 - 38.000 m	5.00 m/s
Auftriebskraft:	Füllmenge:
3170 g	5071 L

800g Nutzlast mit Ballon 1600

Platzhöhe:	Aufstiegsgeschwindigkeit:
35.000 - 36.000 m	5.00 m/s
Auftriebskraft:	Füllmenge:
1845 g	3380 L



Ballon und Nutzlast



29.11.2023



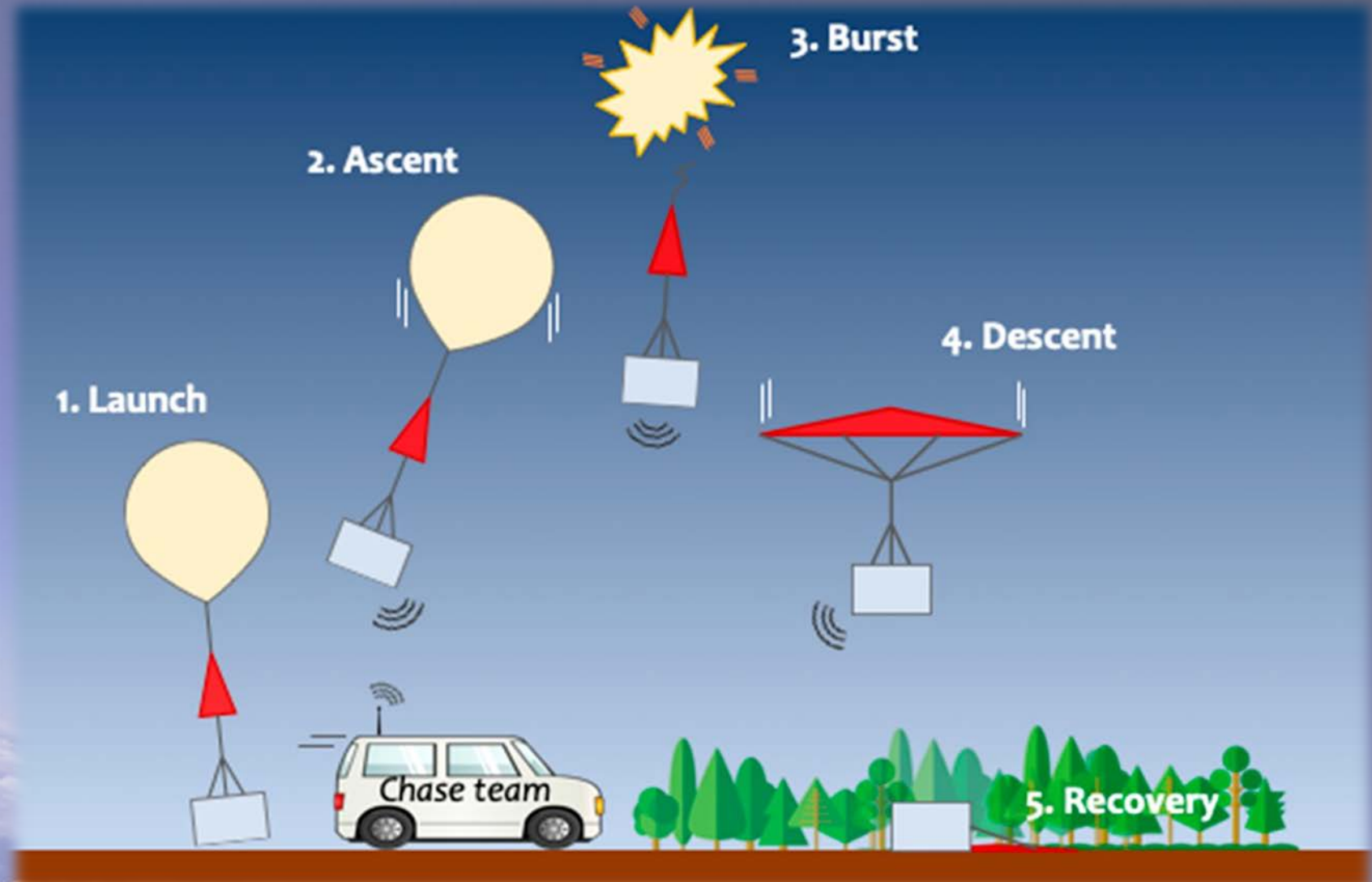
USKA Sektion Bern, HB9F



6

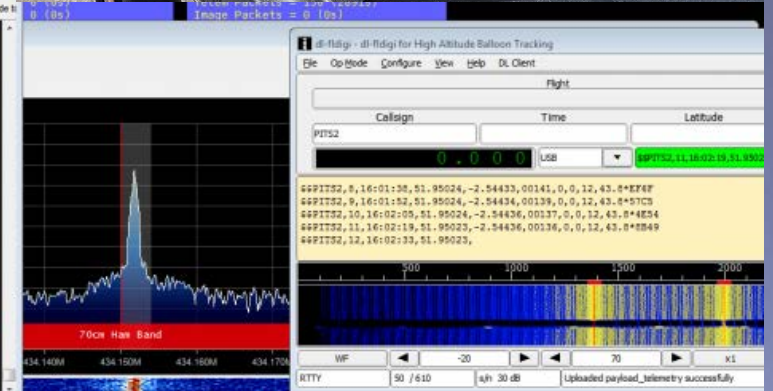
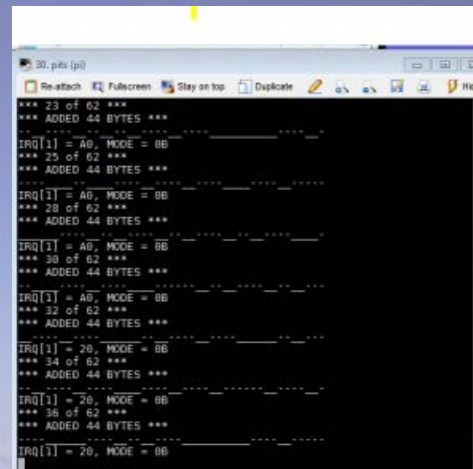
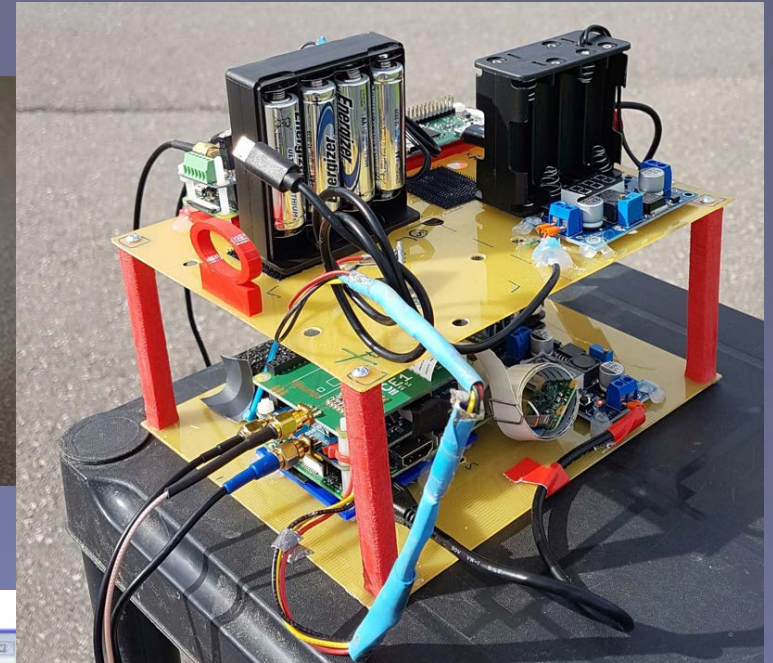
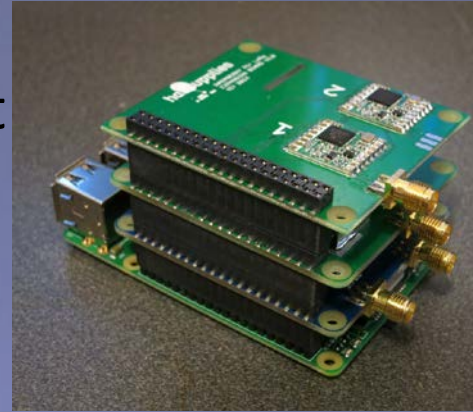
Kommunikation mit der Nutzlast → Telemetrie

- Die 5 Flug-Phasen

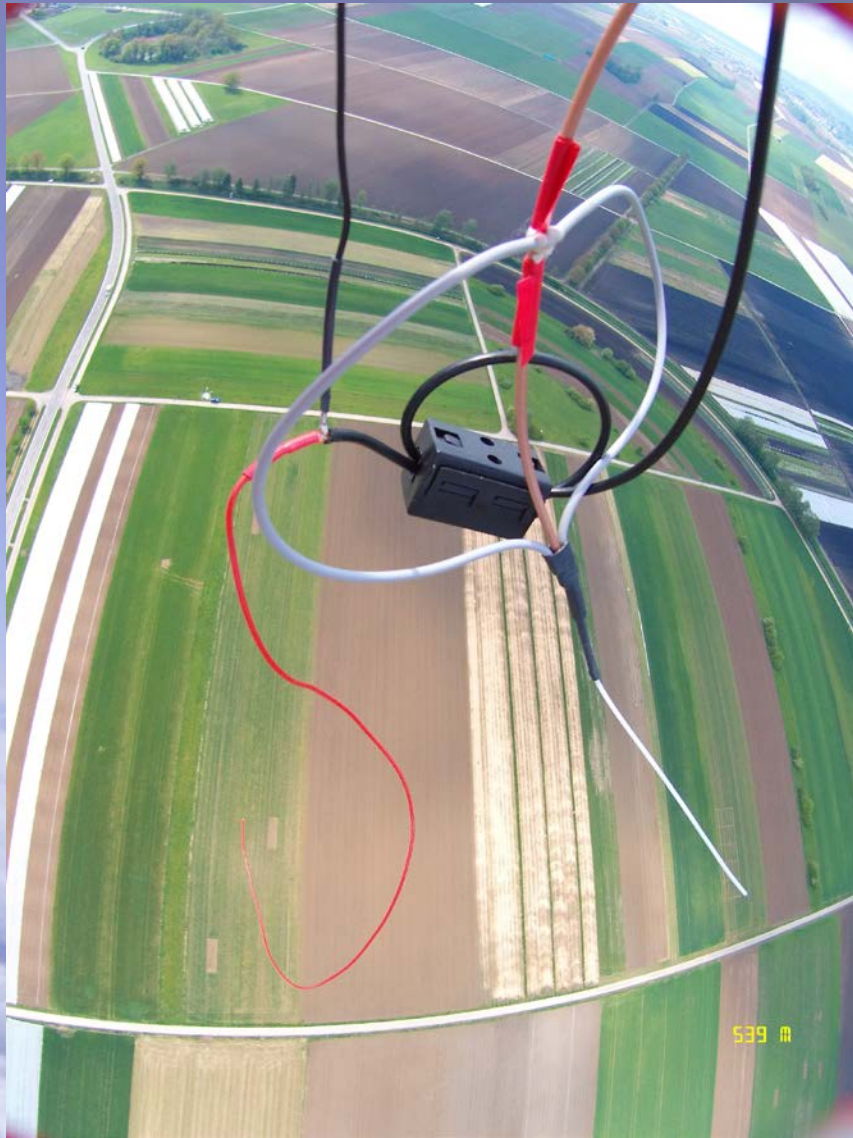


Technik in der Nutzlast und der Bodenstation

- Sendeeinheit in der Nutzlast
 - Zu Beginn von Dave Akermann gekauft
 - RTTY auf 70cm, APRS auf 2m mit Raspberry Pi als Rechner
- Empfangseinheit am Boden
 - 70cm Empfänger oder SDR-Stick
 - Laptop mit angepasster dl-Fldigi Software zur Decodierung der Telemetriedaten



Mission (28.4.2017)



29.11.2023

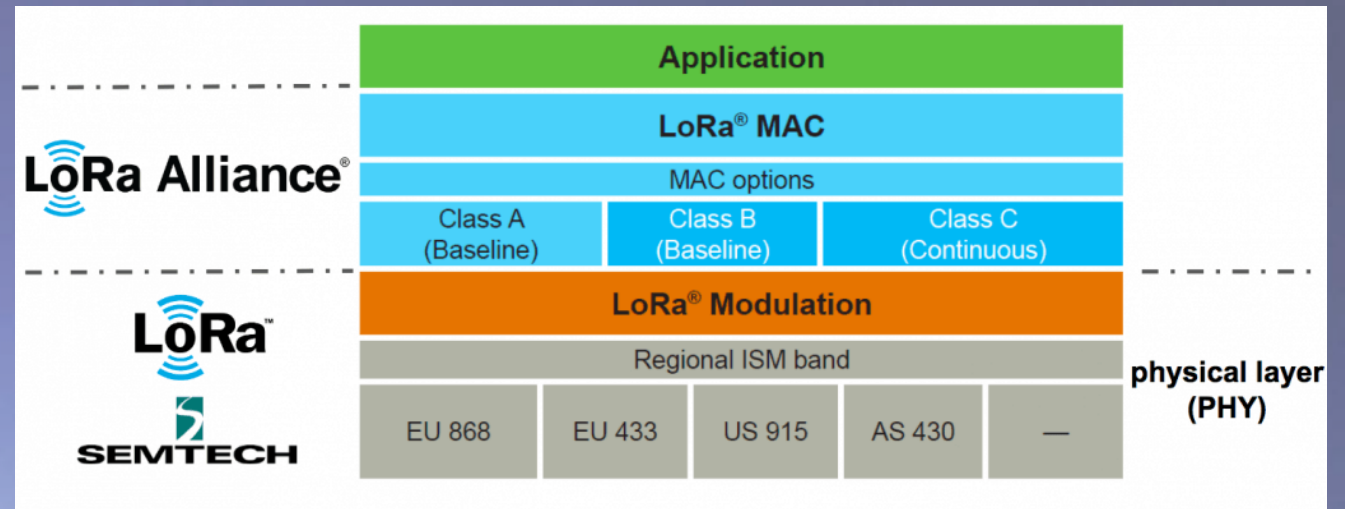


USKA Sektion Bern, HB9F

Technik in der Nutzlast und der Bodenstation

- Was ist LoRa?

LoRa steht für „Long Range“ und ist eine drahtlose Technologie, die weithin für ihre Fähigkeit bekannt ist, kleine Datenmengen über grosse Entfernungen zu senden.

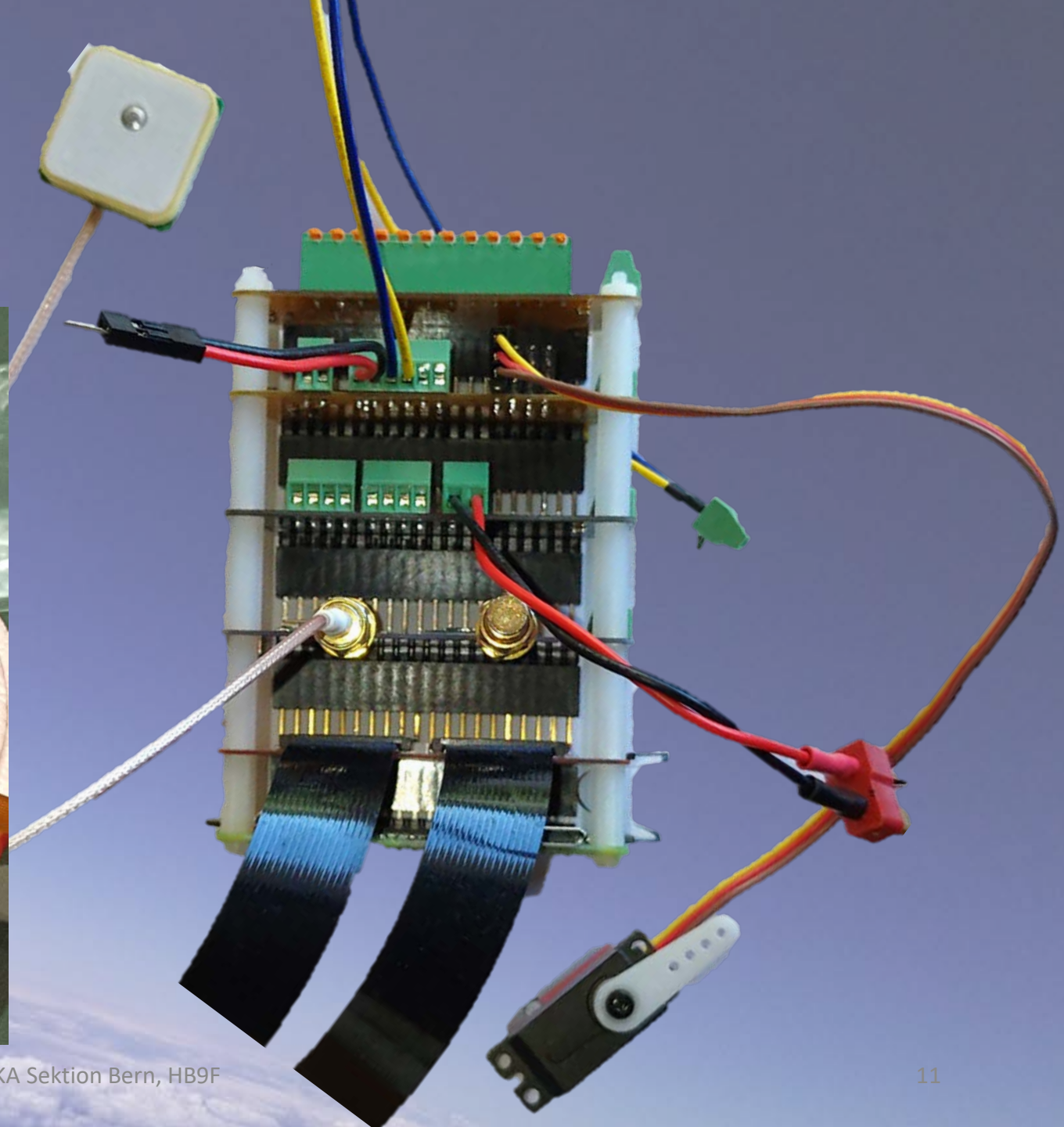
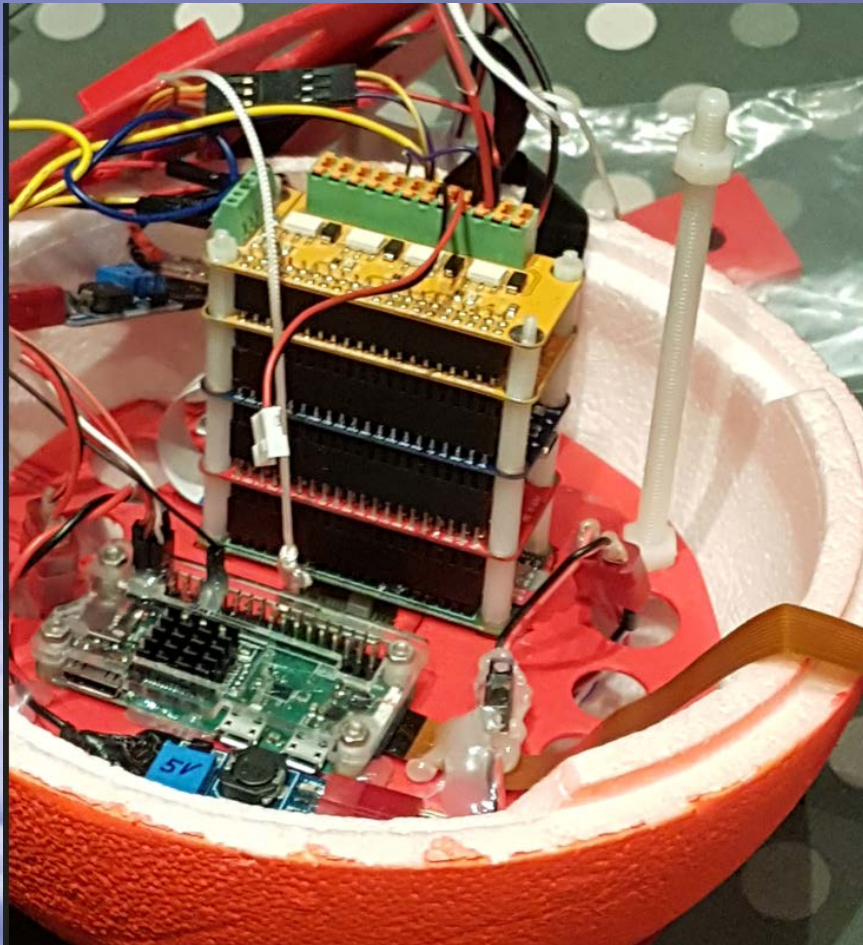


- Was ist LoRaWAN?

LoRaWAN ist das Netzwerkprotokoll, das das LoRa-Signal (Sensordaten) mit der/den Anwendung(en) verknüpft. Einfach ausgedrückt ist LoRa das Funksignal, das die Daten überträgt, und LoRaWAN ist das Kommunikationsprotokoll, das steuert und definiert, wie diese Daten über das Netzwerk kommuniziert werden.

Technik in der Nutzlast

- Hardware



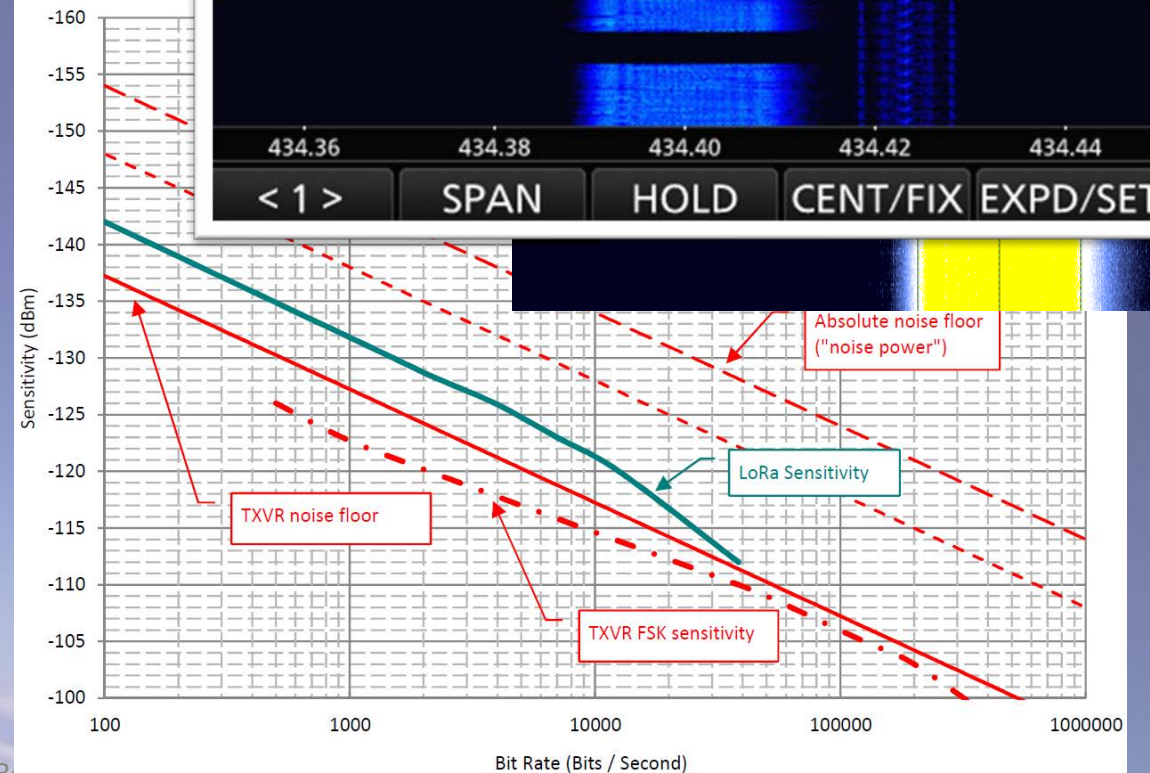
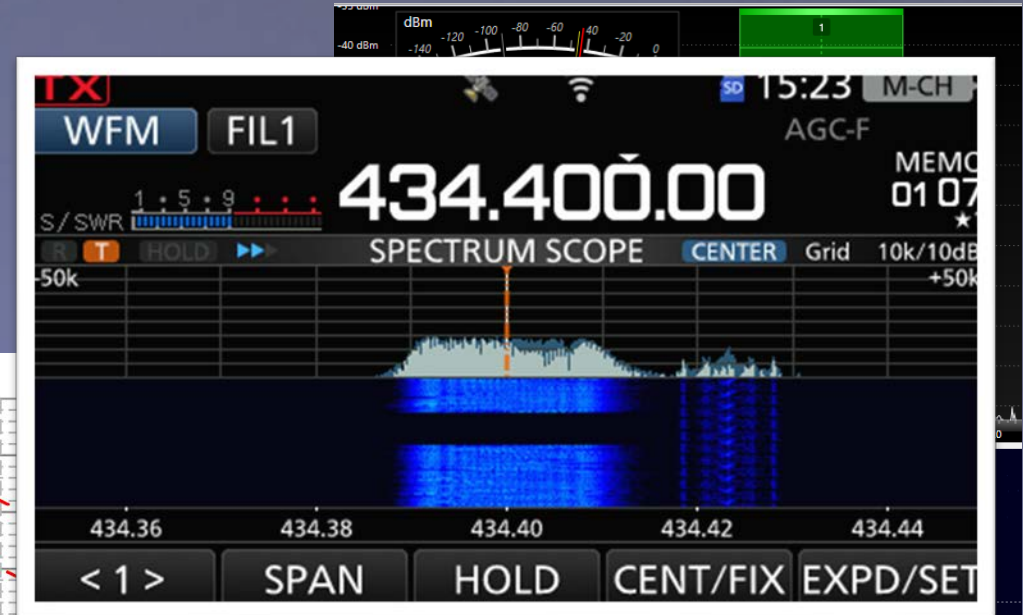
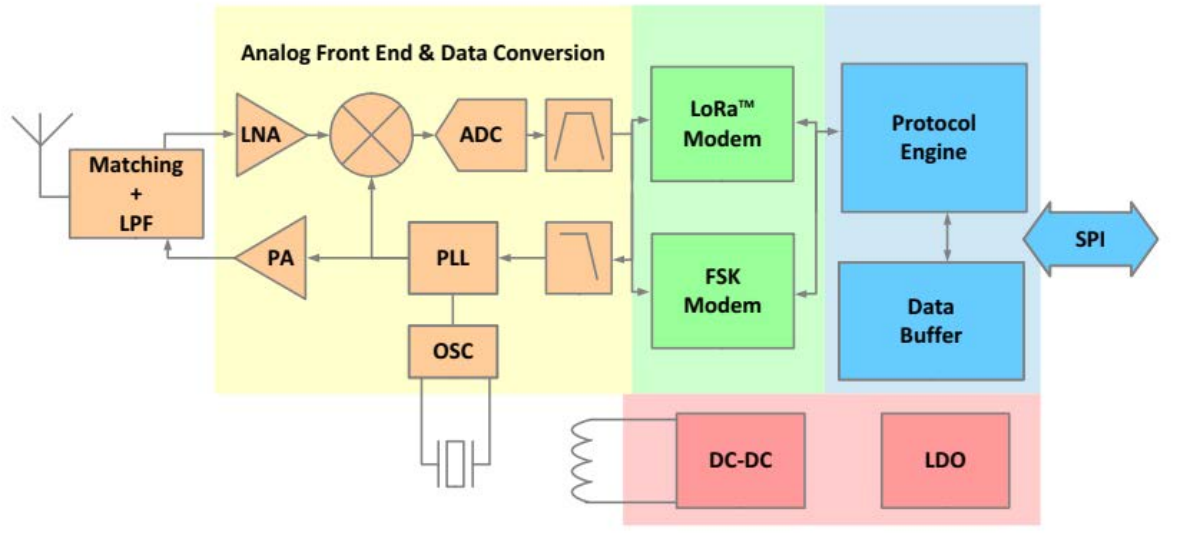
Technik in der Nutzlast und der Bodenstation

- LoRa Transceiver



CHF 1.88 CHF2.11 -11% Ende: 29. Nov., 23:59 PT

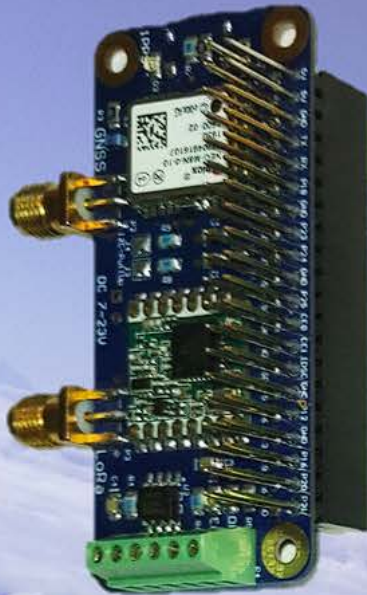
433mhz 470mhz rfm98 rfm98w | drahtloses Transceiver-Modul lora Spread Spectrum Kommunikation 433m 470m sx1278 16*16mm



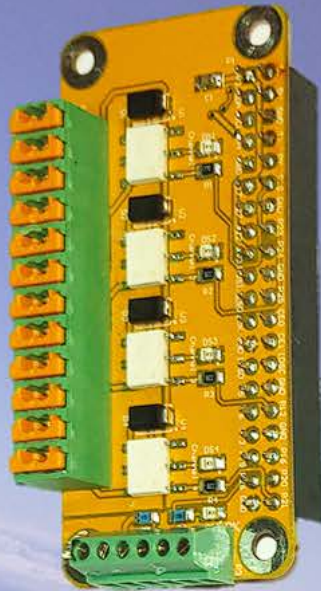
Technik in der Nutzlast

- Hardware (HAT → Hardware Attached on Top)

GPS-Rx, LoRa-TRx,
Temperatur-Sensor



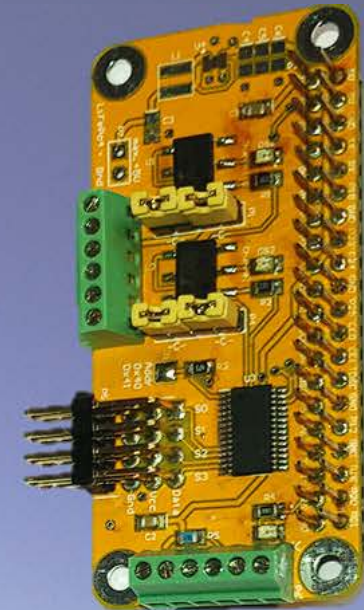
4 Solid State-Relais



2 fach Kamera-
Multiplexer, RTC



2 Solid State-Relais
4 PWM für Servo

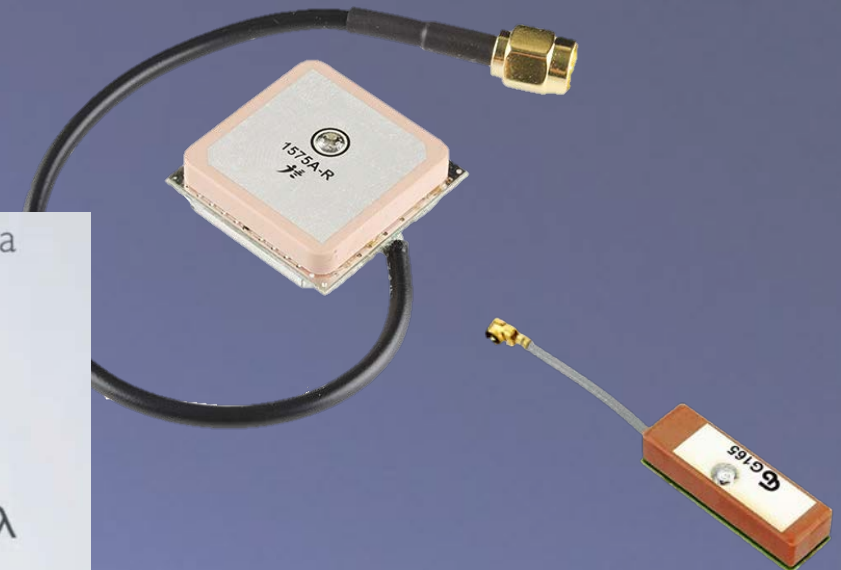
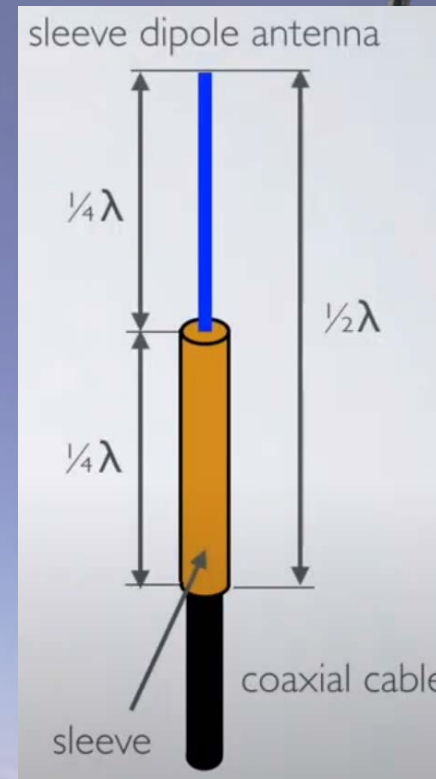


LiPo / LiFePo → 5V
Spannungswandler

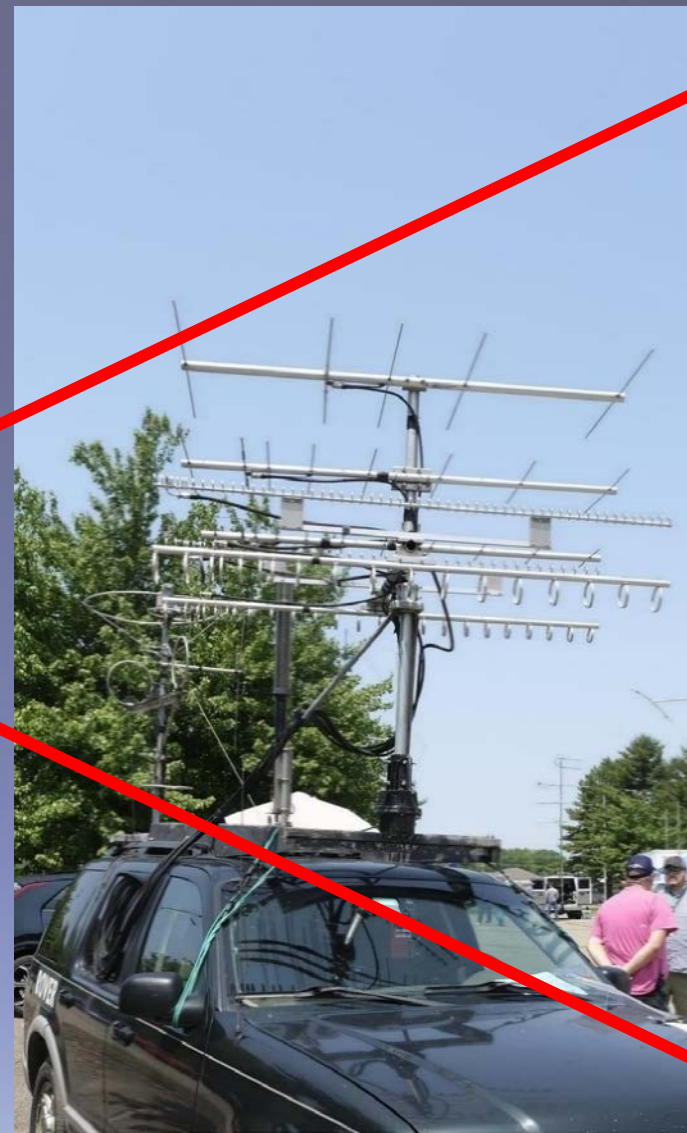
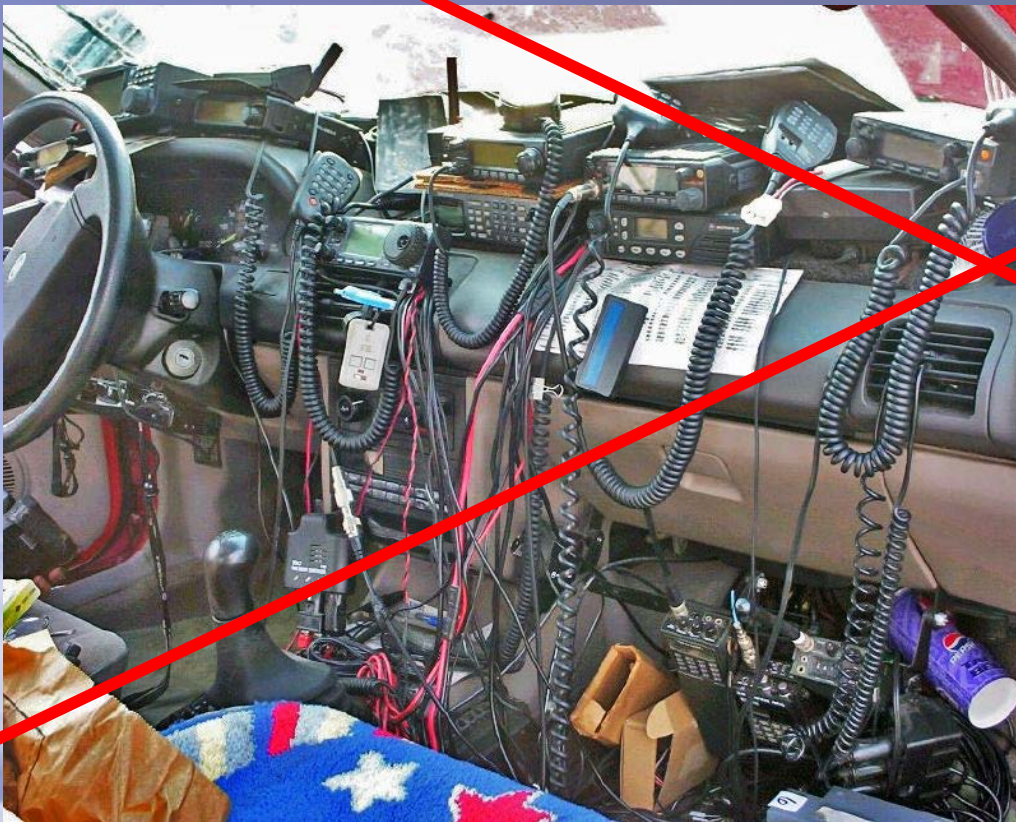


Technik in der Nutzlast

- Antennen
 - Patch-Antenne mit Vorverstärker für GNSS
 - Sleeve-Antennen für LoRa-TRX (70cm)
- Stromversorgung



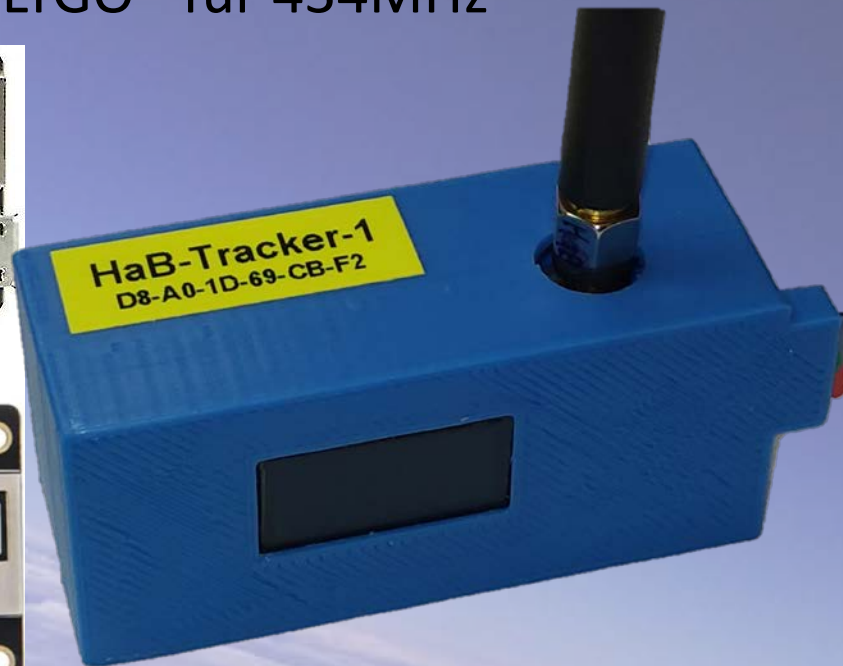
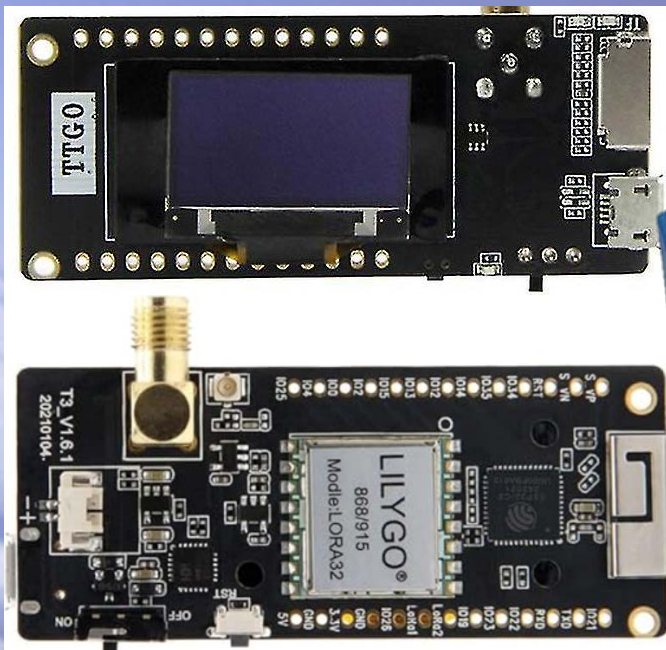
Technik der Bodenstation



Technik der Bodenstation

- Neues Telemetrie-System auf LoRa-Basis
 - Bodenstation mit günstigen Fertigmodulen aus Fernost
LoRa-Transceiver, Tx max. 20dBm (100mW), Rx ca. -129dBm (0.09 μ V)

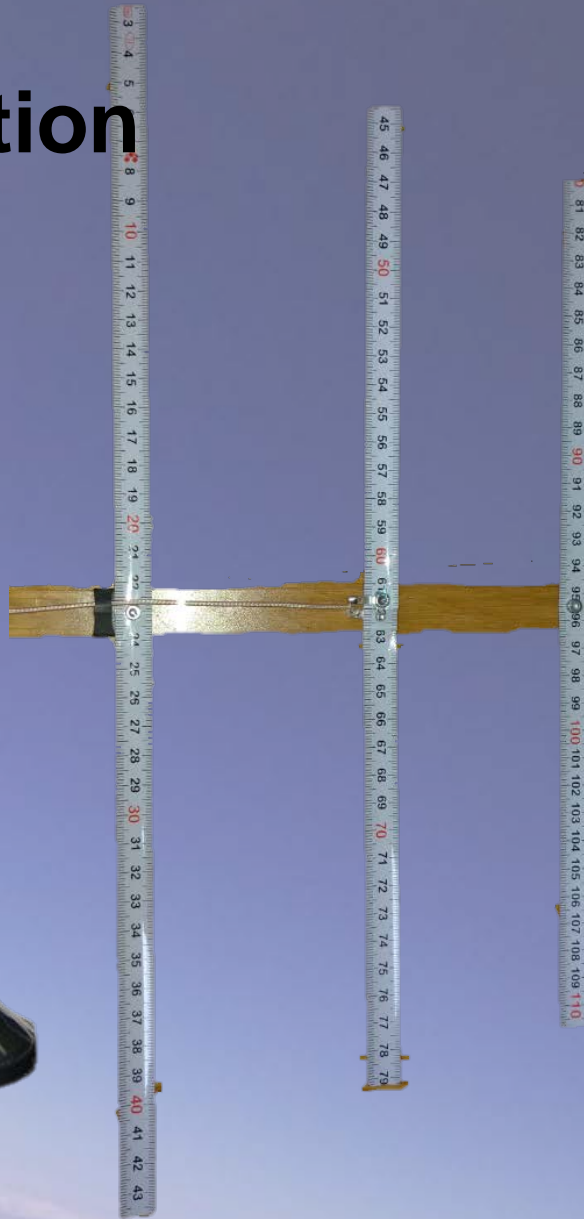
TTGO LORA32 von LILYGO® für 434MHz



Software in C++
ca. 5900 Code-Zeilen

Technik der Bodenstation

- Antennen der Bodenstation



Technik der Bodenstation

- **Das Smartphone als intelligentes Endgerät...**
 - Bluetooth → Verbindung zum LoRa-Transceiver
 - GNSS → Position und Höhe des Ballonverfolgers
 - Orientierungssensor → Lage des Smartphones → Peilen
 - Internetzugriff → Online-Kartenmaterial, Vorhersage
 - Tonausgabe → Warnton bei Sonden-Annäherung



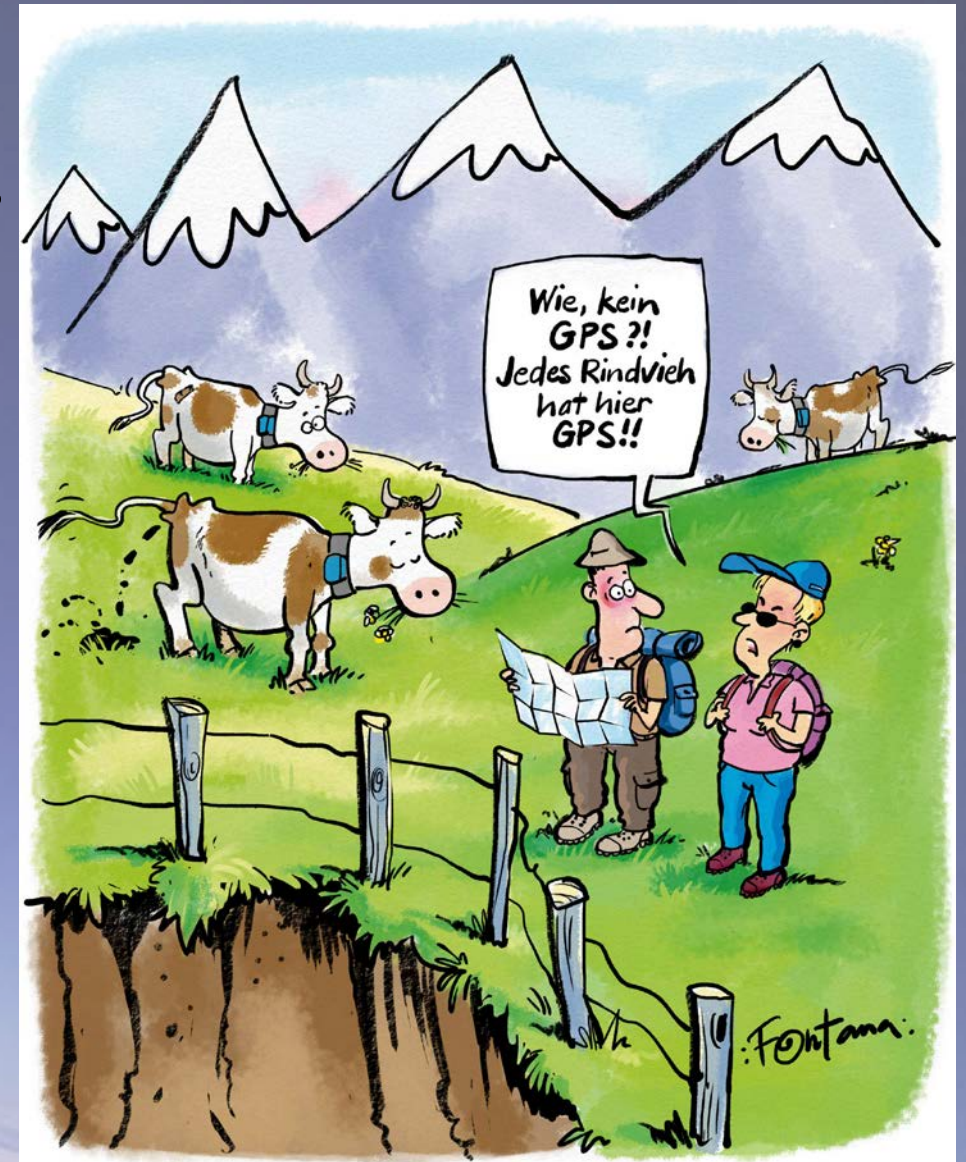
Technik der Bodenstation

- GPS ist zwingend notwendig, um die Nutzlast zu finden und zu bergen.



29.11.2023

USKA Sektion Bern, HB9F



Technik der Bodenstation

21:55

Track Map Route Setup

Bluetooth
Status: Connected to D8:A0:1D:69:CB:F2
Connect Disconnect

LoRa-Receiver 48% Alert distance: 2km

LoRa-Mode 1 AFC On

VFO: 434.400739 MHz

-5 kHz / -50 kHz +5 kHz / +50 kHz

VFO → Memory

M1: 434.400 MHz M3: 433.500 MHz
 M2: 434.500 MHz M4: 434.200 MHz

Map

HaB Track HaB centered
 Chaser Track Chaser centered
 Landing Track Landing centered
 Chaser-HaB Track Flight path predict
 HaB info Burst / Landing info

Clear all Tracks

29.11.2023

13:40

Track Map Route Setup

Hight: 33673m Vspeed: +9.5m/s
Expected time until burst: 6 min.

RS41-Sonde / ID: S3230221
Msg#: 7238 | 2023-01-05 | 12:40 UTC
Lat: 46.2814° | Lon: 8.5895°
Alt: 33673m | Vspeed: 9.5m/s
Hspeed: 260.7km/h | Hdir: 105°

© OpenStreetMap contributors

USKA Sektion Bern, HB9F

13:50

Track Map Route Setup

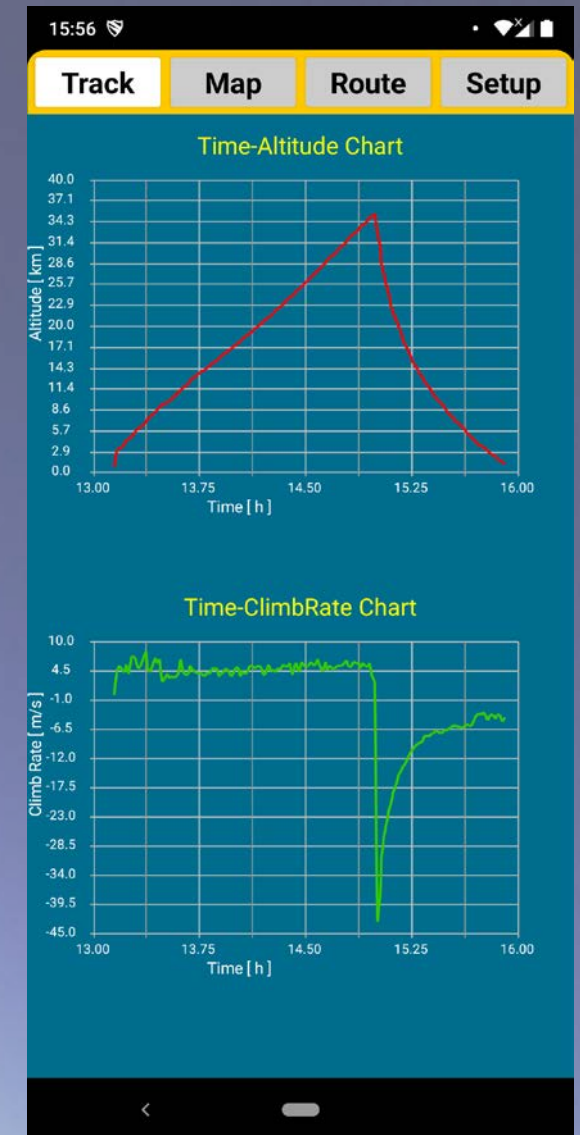
GNSS
Date: 05.01.2023
Time: 13:50:52 +0100 MEZ
Address: Brunnhaldenstrasse 8, 3510 Konolfingen, Schweiz

Latitude: 46.887251°
Longitude: 7.627424°
Altitude: 773m

RS41
Sonde ID: S3230221
Msg#: 7868
Time: 13:50:51
Latitude: 46.18989°
Longitude: 9.10218°

Altitude: 25447m
Vspeed: -13.5m/s
Hspeed: 106.2km/h
Hdir: 98°
RSSI: -105dBm

Chaser
Distance: 139.8km 136.9km
Azimuth: 124.0° 129°
Elevation: 9.2° -1°



20

Technik der Bodenstation

- Flugvorbereitung



App in Java
>10'000 Code-Zeilen

14:11

Predict Route Setup

GNSS

Date: 21.10.2023
Time: 14:11:33 +0200 MESZ
Address: Brunnhaldenstrasse 8, 3510 Konolfingen, Schweiz

Latitude: 46.887243°
Longitude: 7.627520°
Altitude: 779m

Prediction

current Time / Date
 Marker info visible

Launch-Time: 12:00 UTC
Launch-Date: 21.10.2023

Ascend Rate: 5 m/s
Burst Altitude: 35000 m
Descend Rate: 5 m/s

Route

Route to Start-Point
 Route to Landing-Point

14:10

Predict Route Setup

Distance between takeoff and landing: 204.6 km
Launch time shift: 21.10.2023 12:00 UTC

Landing-Point
Date: 2023-10-21
Time: 14:39 UTC
Lat: 48.16432° | Lon: 9.36619°
Alt: 693m

© OpenStreetMap contributors 75 km

09:04

Predict Route Setup

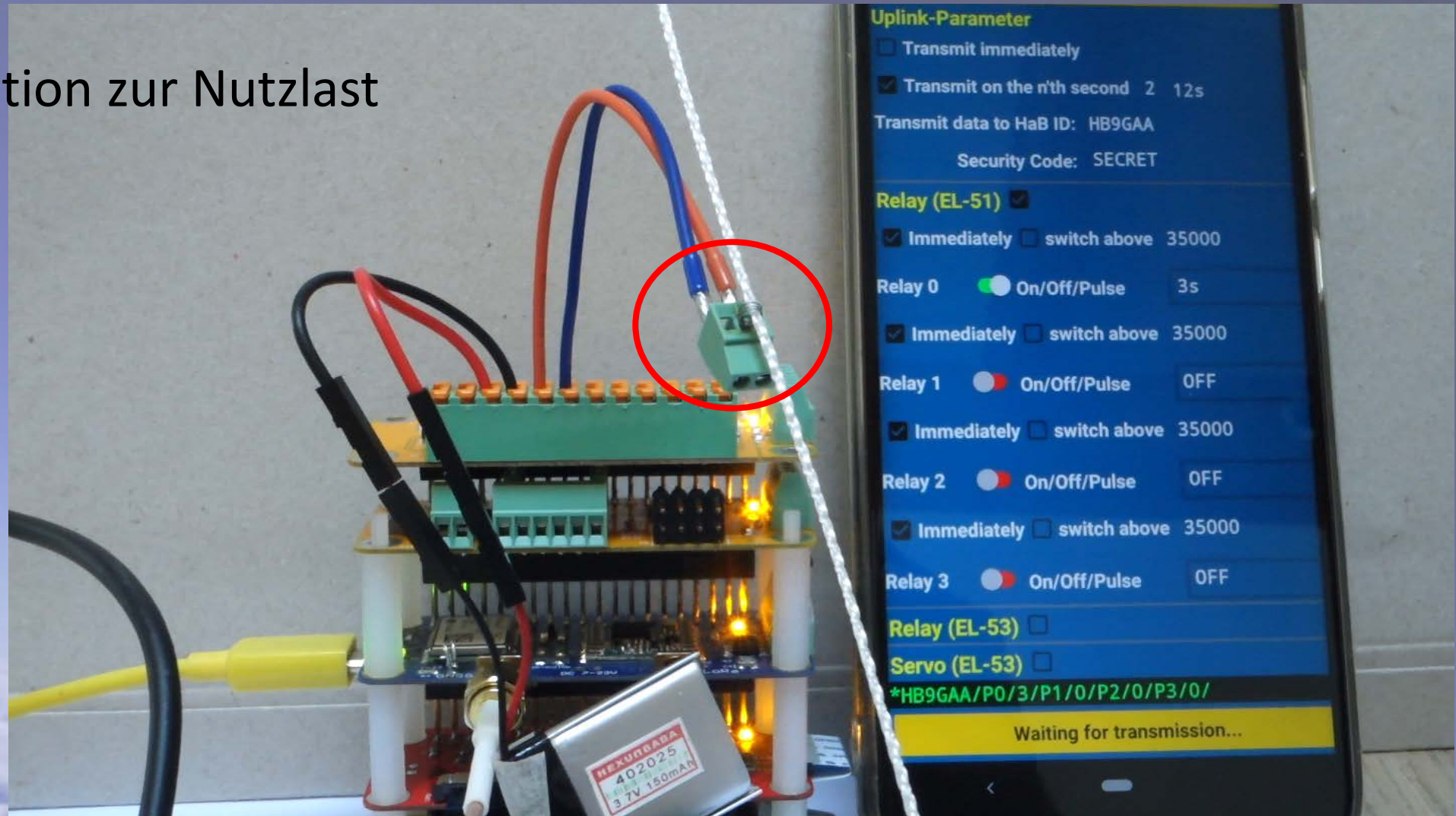
Distance between takeoff and landing: 1292 m
Launch time shift: 28.06.2023 13:03 UTC

Landing-Point
Date: 2023-06-28
Time: 15:43 UTC
Lat: 46.81961° | Lon: 6.9269°
Alt: 443m

© OpenStreetMap contributors 12 km

Technik der Bodenstation

- Kommunikation zur Nutzlast



Mission (7.9.2020)



29.11.2023

USKA Sektion Bern, HB9F

23

Mission (7.9.2020)

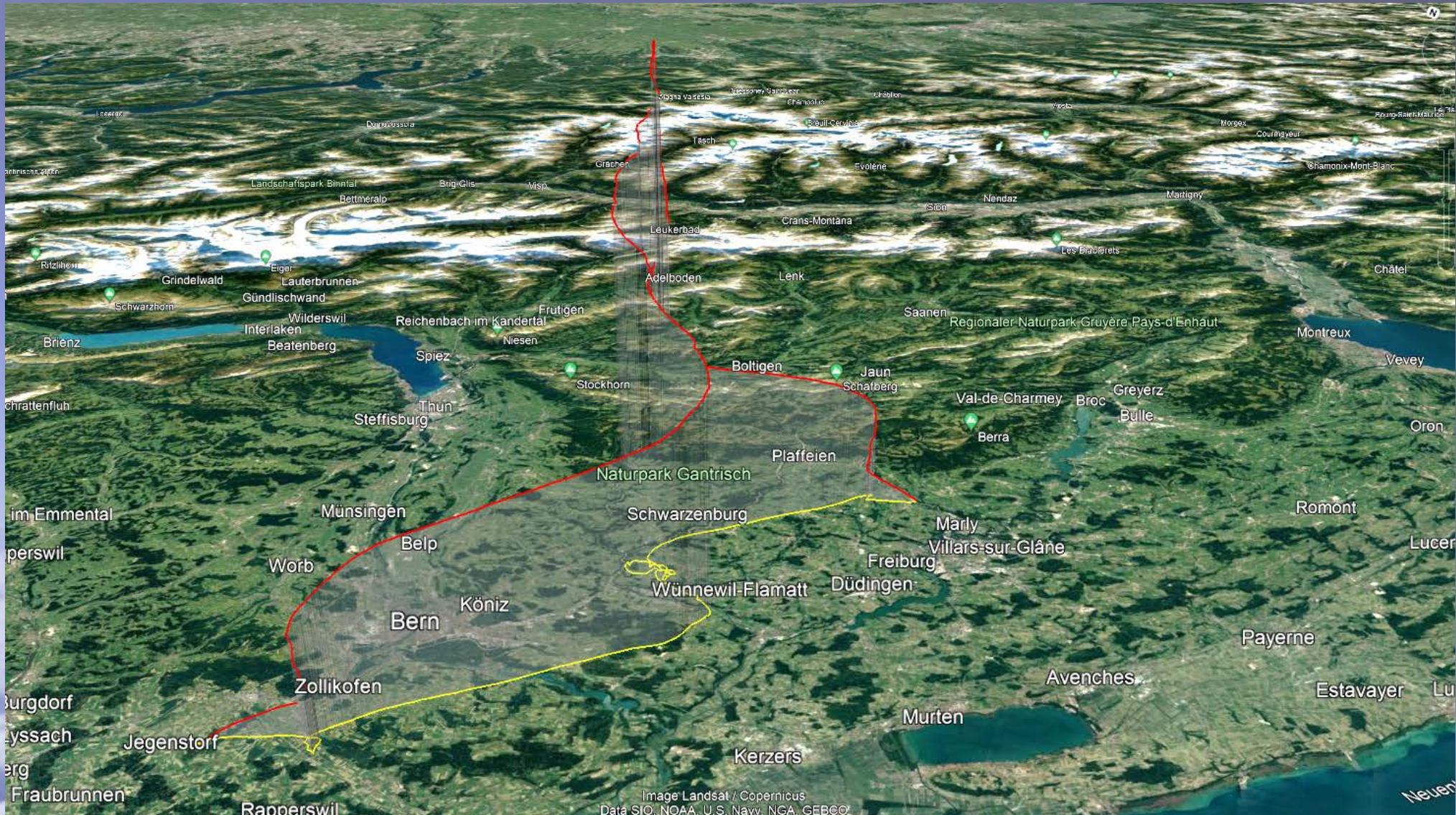


29.11.2023



USKA Sektion Bern, HB9F

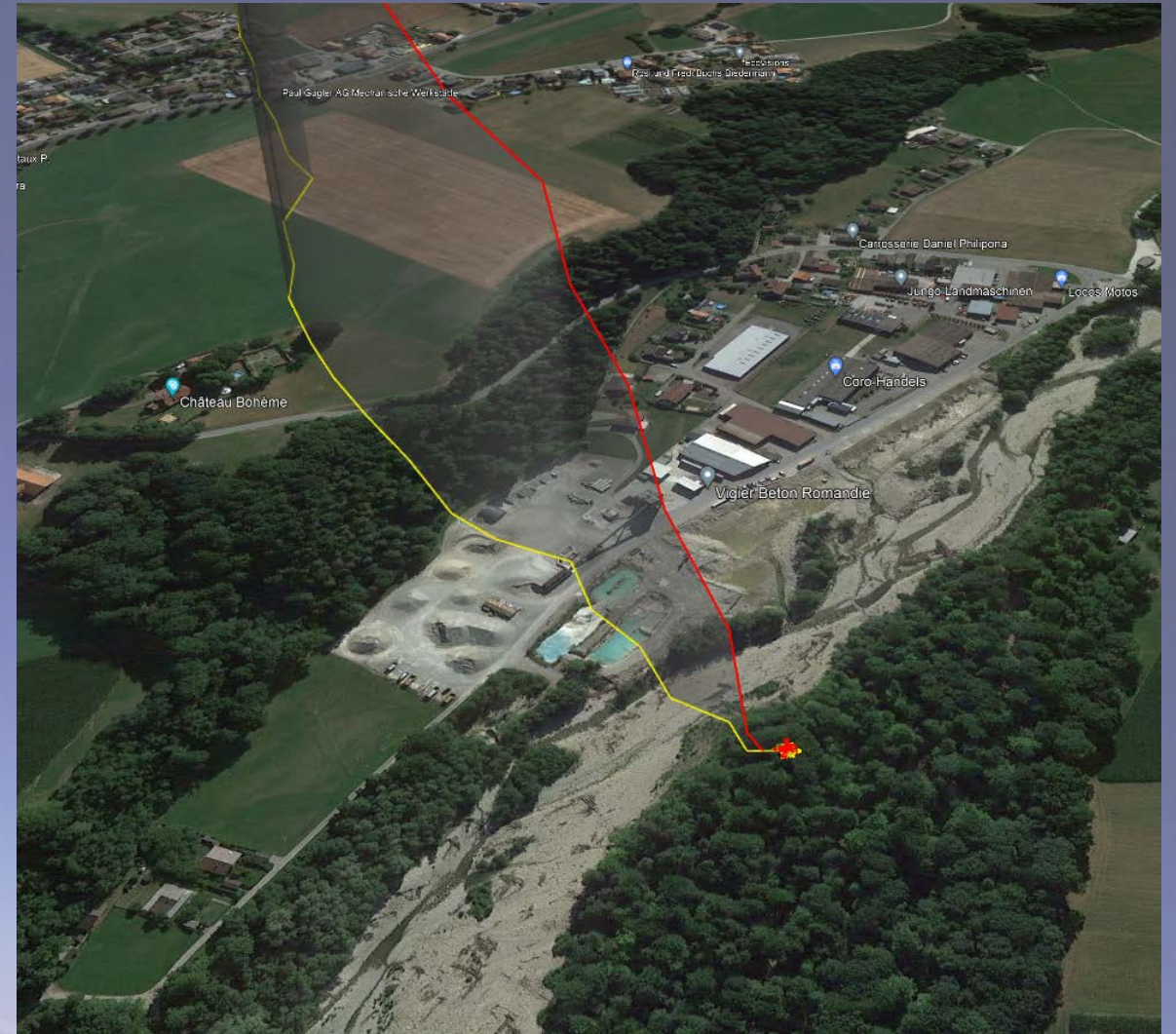
Mission (7.9.2020)



29.11.2023

Image Landsat / Copernicus
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
USKA Sektion Bern, HB9F

Mission (7.9.2020)



Mission (7.9.2020)



29.11.2023

(26.10.2020)

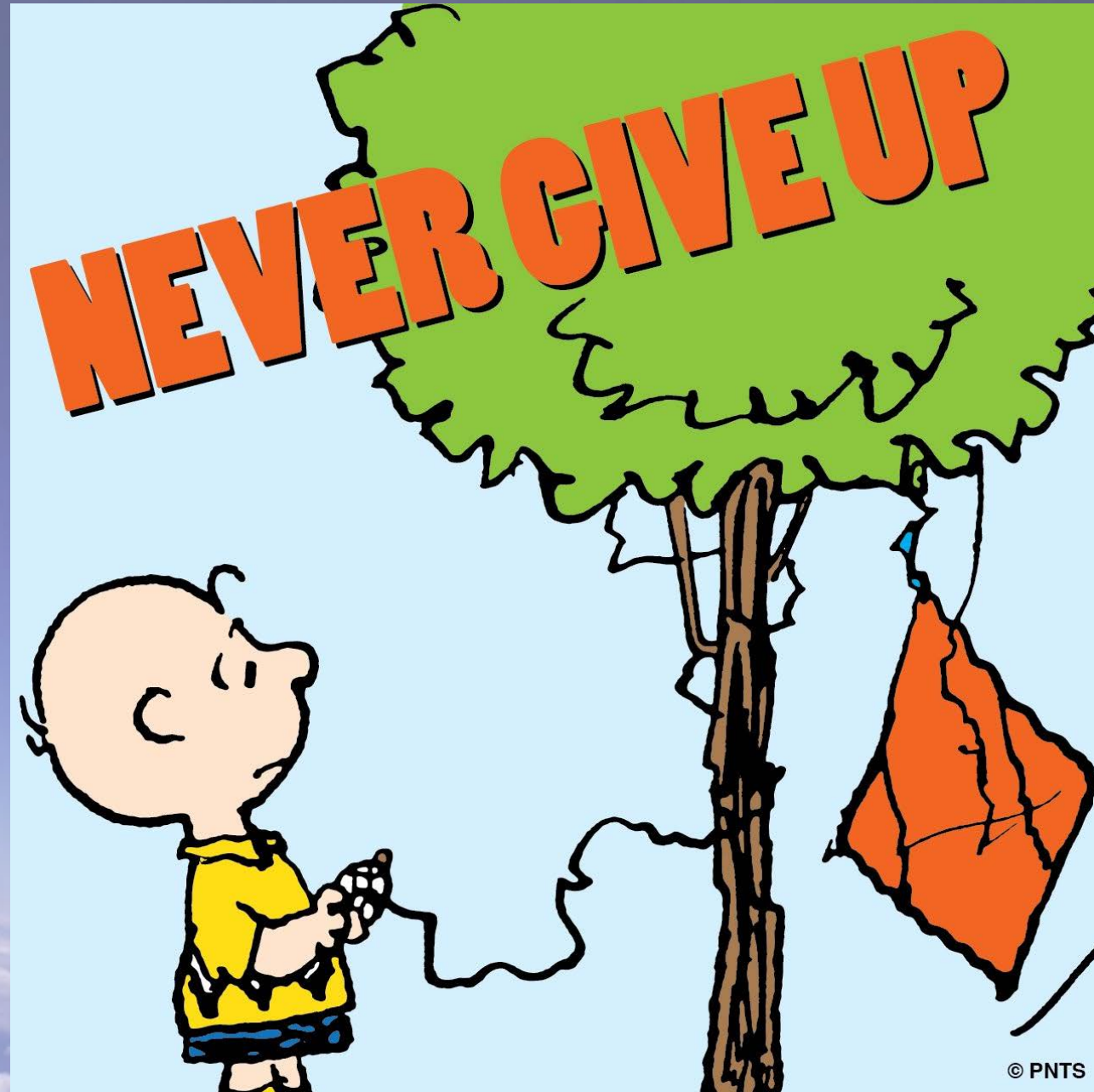


USKA Sektion Bern, HB9F



27

Mission



Mission

(12.6.2022)



29.11.2023

USKA Sektion Bern, HB9F

29

Mission

(12.6.2022)



29.11.2023

Mission

(12.6.2022)



29.11.2023

Mission

(12.6.2022)



29.11.2023

Mission

(12.6.2022)

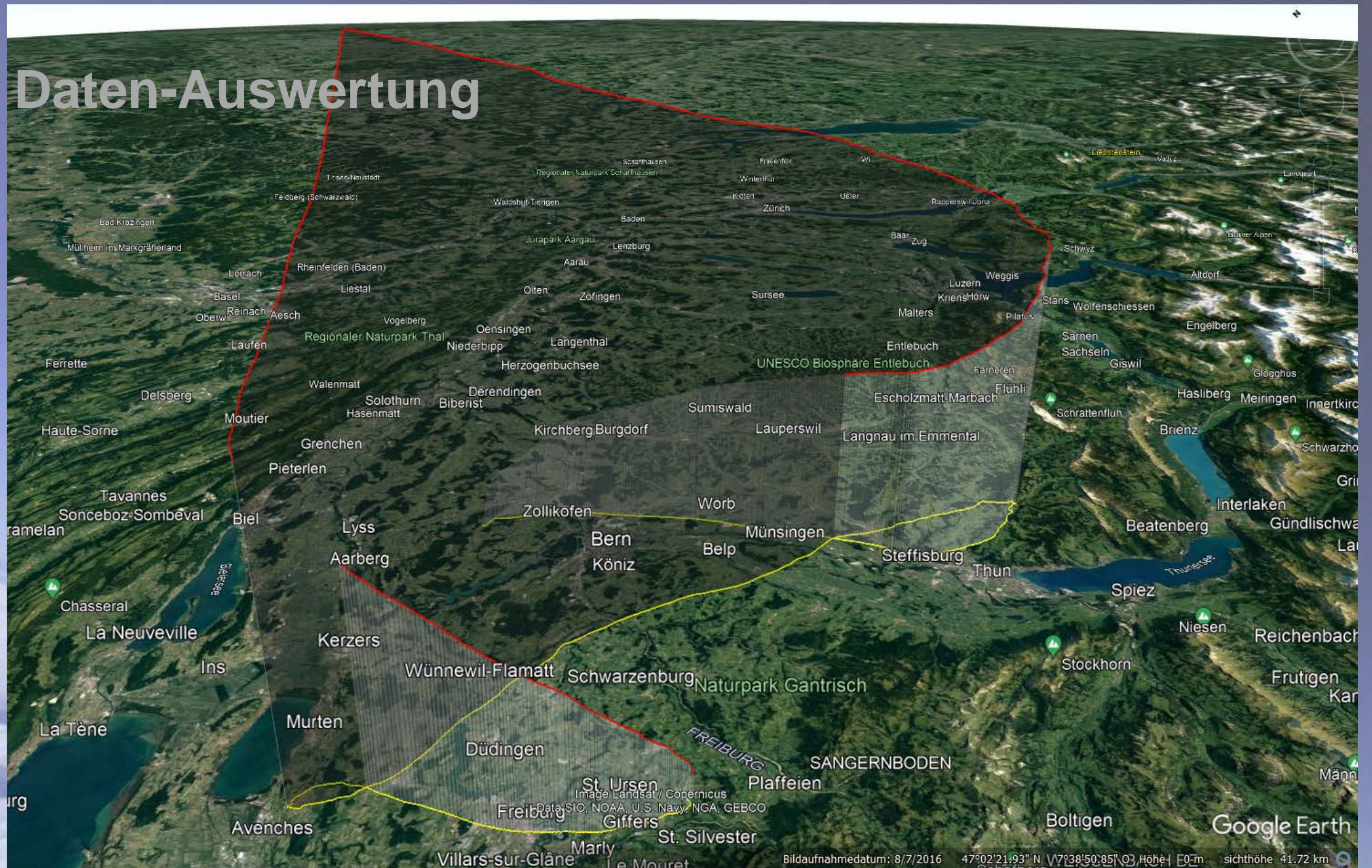


29.11.2023

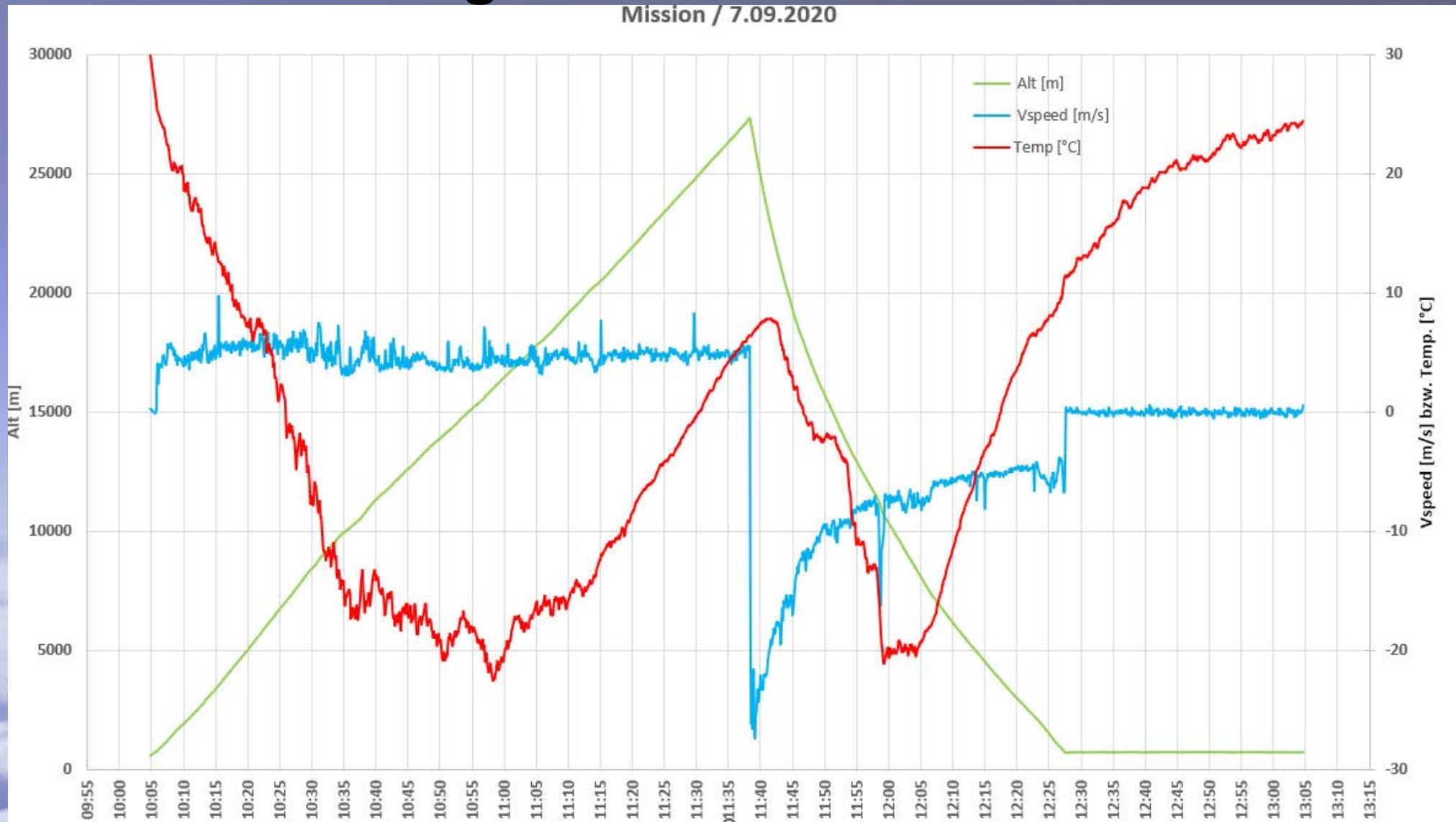
Daten-Auswertung

- Folgende Daten werden in der Nutzlast gespeichert.
 - GPS-Koordinaten, Höhe, Vspeed, Hspeed, Hdir, jede Sekunde
 - Innen- und Aussentemperatur, ca. jede 30 Sekunden
 - Hochauflösende Bilder der beiden Kameras, pro Minute je ein Bild
- Folgende Daten werden in der Bodenstation gespeichert.
 - Die übermittelten Positions-Daten werden in eine «kml-Datei» geschrieben.
 - Die via LoRa-Telemetrie übertragenen Bilder in niedrigerer Auflösung.

Daten-Auswertung



Daten-Auswertung



Daten-Auswertung

35112 m
109 km -63.8%

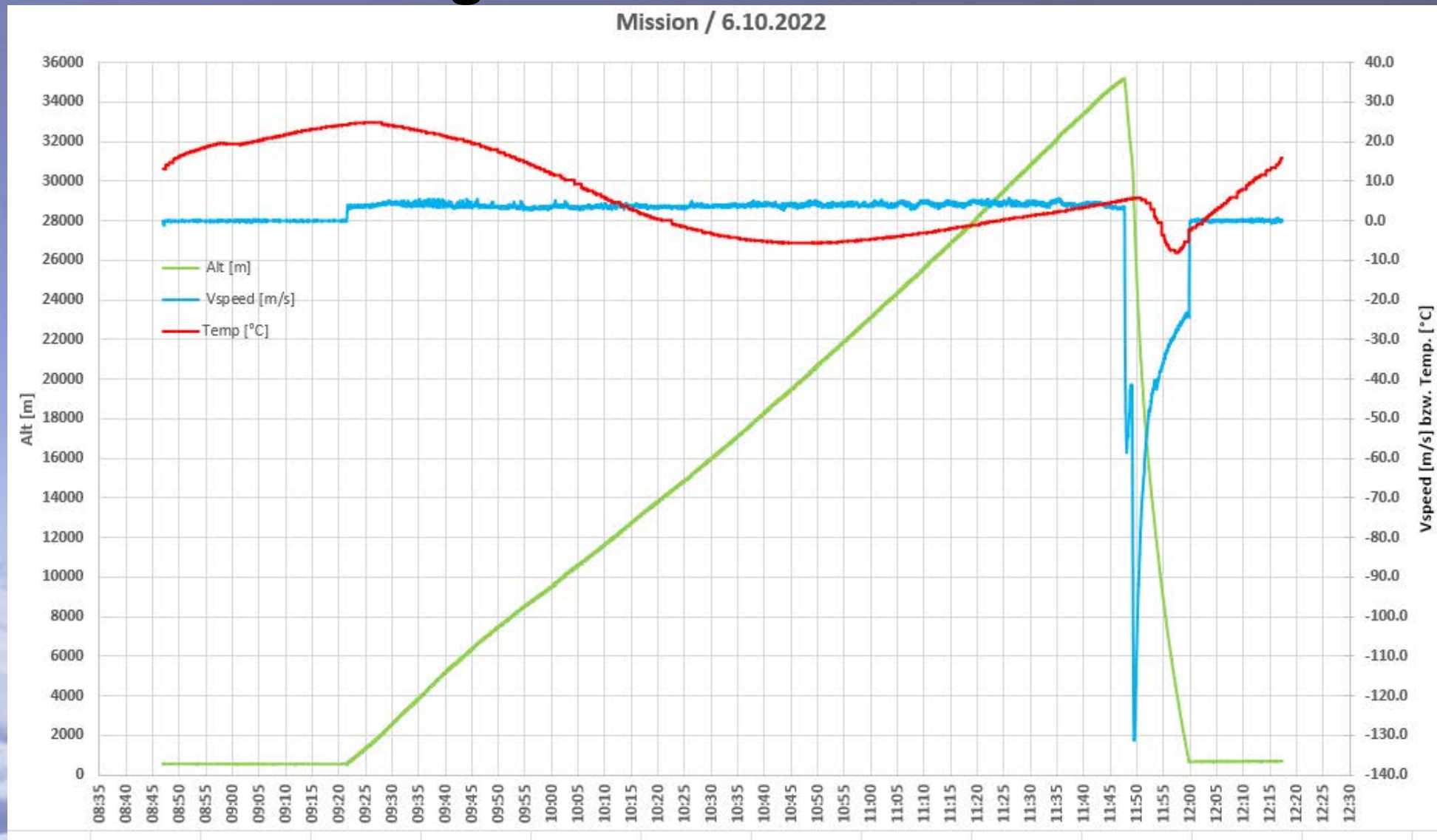


Grafik: Min., Durchschnitt, Max. Höhe: 509, 17127, 35112 m

Bereichswerte: Entfernung: 119 km Höhendifferenz: 34620 m, -34490 m Maximale Steigung: 96.1%, -99.8% Durchschnittliche Steigung: 40.9%, -94.4%



Daten-Auswertung



Daten-Auswertung





Links

Bildnachweis

<https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/meteorologie-wetter-atmosphaere-102.png>

<https://www.fontana-cartoon.ch/cartoons%202.html>

<https://cartoonmovement.com/cartoonist/963?page=1>

<https://github.com/KivutiBrian>

<https://whiskey7backroads.com/content/images/2023/07/c5db27846de0ce16d7c33d9158e56e73.jpg.webp>

<https://www.grz.com/db/K2EZ>

https://core-electronics.com.au/media/catalog/product/a/n/antenna_gps_embedded_sma_gps-00177_01.jpg

https://www.stratoflights.com/wp-content/uploads/2017/11/maximale_platzhoehe_wetterballon_1600-2.jpg

<https://www.stratoflights.com/tutorial/wetterballon-tools/helium-rechner/>

<https://amateur.sondehub.org/#!mt=Mapnik&mz=8&qm=12h&mc=46.77373,7.91565>

<https://www.lilygo.cc/products/lora3>