

# Beobachtung von Stratosphärenballonen

Sven Kaden (DG1SVE)

`dg1sve@darc.de`

Amateurfunk-Kolloquium 2019

23.03.2019

# Inhaltsverzeichnis

## Sichtweite

### Hardware

- Raspberry Pi

- Antenne

### Software

- APRS

- Tracking Station

- xastir

- SSDV

### beobachtete Missionen

- 2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX)

- 2015 Daedalus - Stratoflight (DK0OD)

- 2015 stratoBeagle (DK0PT)

## Worum geht's?

- Projekte von Funkamateuren / Studenten / Privatpersonen
- Eigenbau der Nutzlast
- Was wird gesendet?
  - meist wird APRS verwendet, Finden der Nutzlast
  - Telemetriedaten (Temperatur, Druck, etc.)
  - Bilder
  - Videos
  - Relais (FM) / Lineartransponder (SSB)
- keine Sonden des Wetterdienstes

## Sichtweite

### Sichtweite

#### Hardware

Raspberry Pi

Antenne

#### Software

APRS

Tracking Station

xastir

SSDV

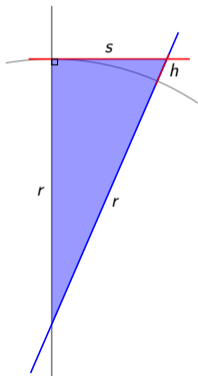
#### beobachtete Missionen

2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX)

2015 Daedalus - Stratoflight (DK0OD)

2015 stratoBeagle (DK0PT)

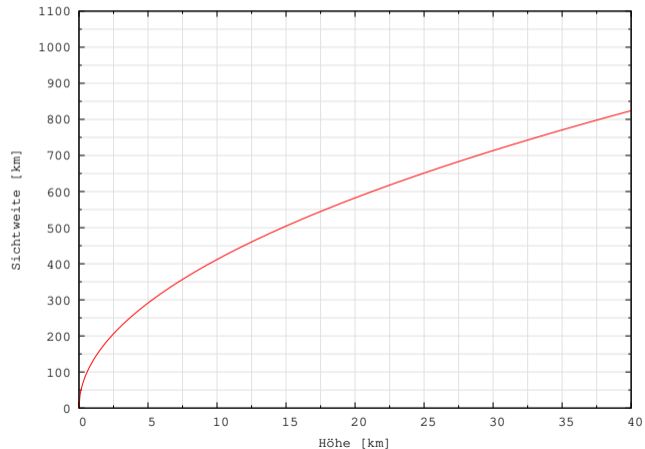
## Sichtweite aus der Ebene



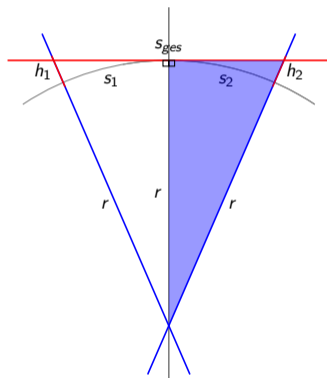
$$\begin{aligned} s^2 + r^2 &= (r + h)^2 & | & - r^2 \\ s^2 &= (r + h)^2 - r^2 & | & (r + h)^2 = r^2 + 2rh + h^2 \\ s &= \sqrt{r^2 + 2rh + h^2 - r^2} & | & r^2 - r^2 = 0 \\ s &= \sqrt{2rh + h^2} & | & r = 8470 \text{ km} \\ s &= \sqrt{2 \cdot 8470 \text{ km} \cdot h + h^2} \end{aligned}$$

- Radius der Erde:  $r \approx 6370 \text{ km}$
- Radius bei VHF:  $r_{UHF} \approx 8470 \text{ km}$

# Sichtweite aus der Ebene



## Sichtweite von Bergen



$$s_{ges} = s_1 + s_2 \quad | \quad s = \sqrt{2rh + h^2}$$

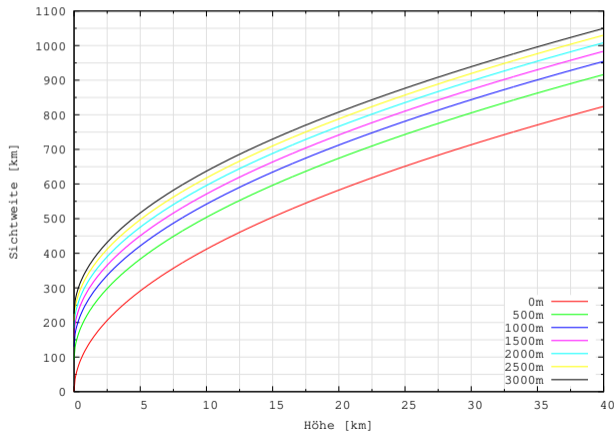
$$s_{ges} = \sqrt{2rh_1 + h_1^2}$$

$$+ \sqrt{2rh_2 + h_2^2} \quad | \quad r = 8470 \text{ km}$$

$$s_{ges} = \sqrt{2 \cdot 8470 \text{ km} \cdot h_1 + h_1^2}$$

$$+ \sqrt{2 \cdot 8470 \text{ km} \cdot h_2 + h_2^2}$$

# Schlussfolgerung



- Höhen größer 2000 m sind nicht sinnvoll
- von 2000 m auf 3000 m bringt 50 km an Reichweite mehr (bei 30 km Höhe des Ballons)



# Hardware

## Sichtweite

## Hardware

Raspberry Pi

Antenne

## Software

APRS

Tracking Station

xastir

SSDV

## beobachtete Missionen

2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX)

2015 Daedalus - Stratoflight (DK0OD)

2015 stratoBeagle (DK0PT)

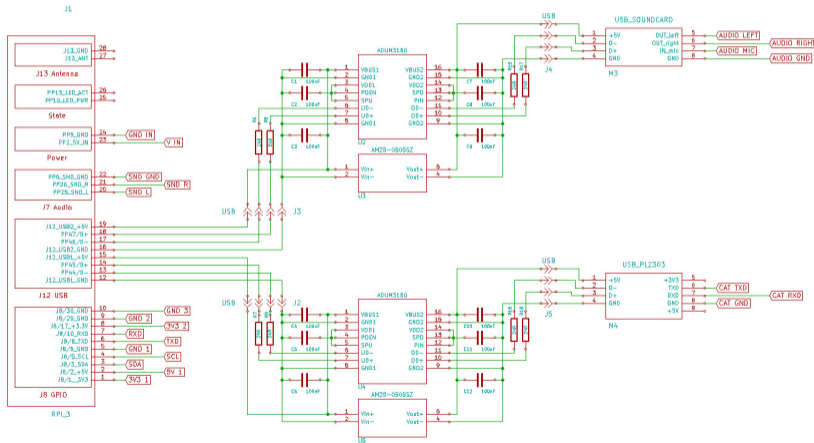
# Raspberry Pi

- geringer Preis
- weit verbreitet
- ausreichend Leistung
- der PC für die Hosentasche

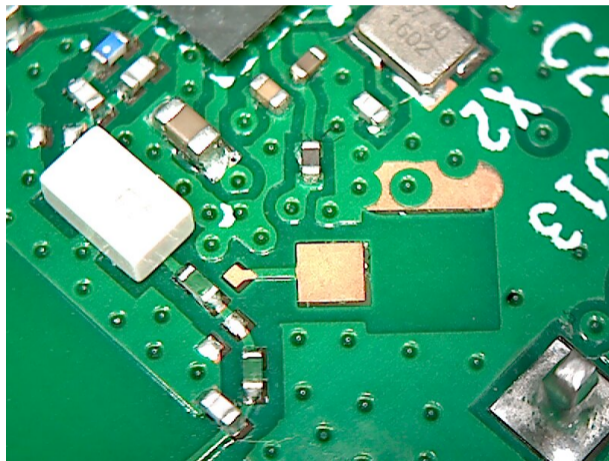
## Raspberry Pi: Wunschliste

- stabiles Gehäuse
- Anschluss über D-Sub Stecker
- Spannung: 8-30V interner Stepdown
- interne USB-Audiokarte
- internes RS232 Interface (CAT)
- galvanische Trennung auf der USB-Seite
- WLAN-Antenne
- RTC

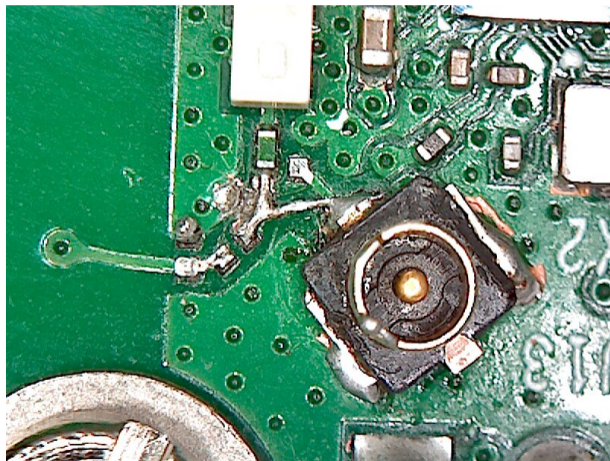
# Raspberry Pi: Schaltplan



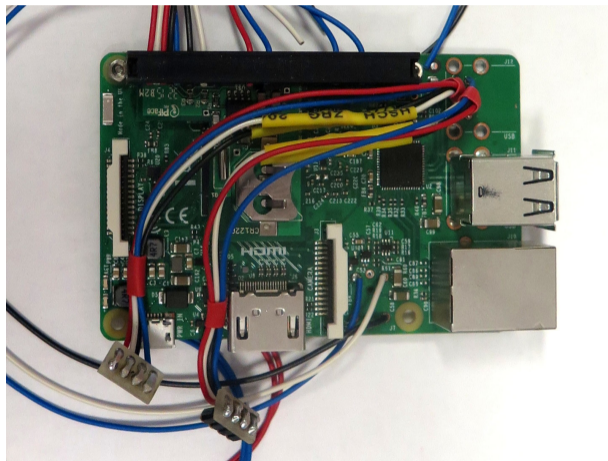
## Raspberry Pi: WLAN-Antenne



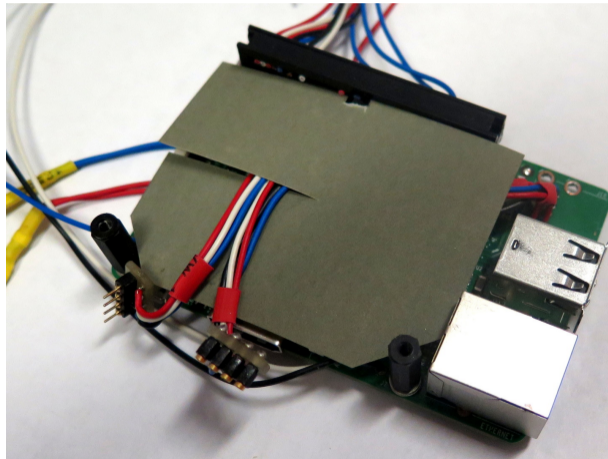
## Raspberry Pi: WLAN-Antenne



# Raspberry Pi: Umbau der USB-Anschlüsse

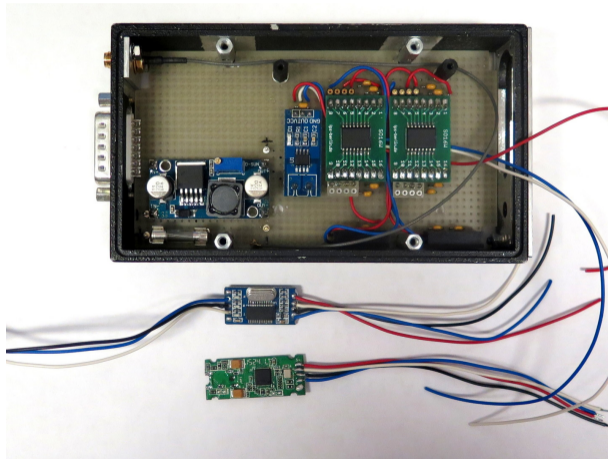


# Raspberry Pi: Umbau der USB-Anschlüsse

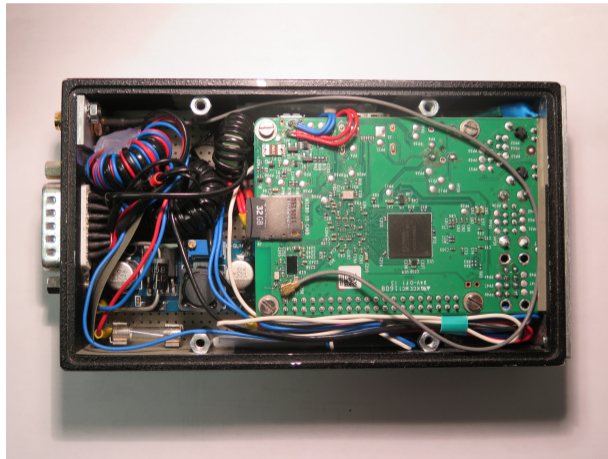




# Raspberry Pi: Stepdown/USB-Isolator/Sound/RS232/IU-Wandler



# Raspberry Pi: letzter Blick



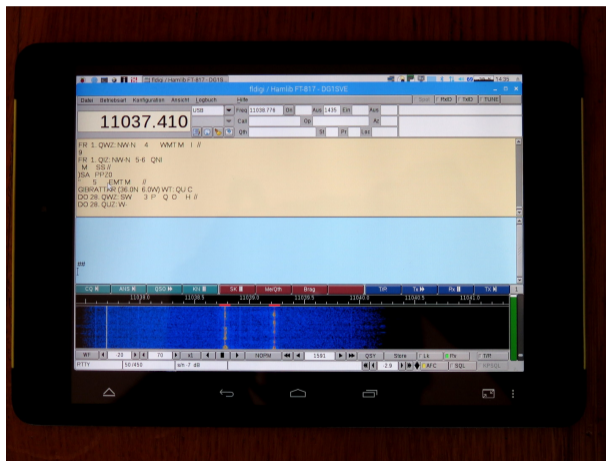
## Raspberry Pi: fertiges Gerät



## Display: der Plan

- Verwendung eines Tablets oder Handys als Bildschirm
- Export per X Window Virtual Framebuffer (xvfb)
- Umleitung des physikalischen Bildschirms
- Tastatur und Maus per Bluetooth
- WLAN, Installation als Access Point (DHCP/DNS)
- Vorteile: Bewegungsfreiheit, keine zusätzlichen Kabel, zweiter Bildschirm für Schaulustige

## Display: Tablet



## Display: Station mit Tablet



# Display: E-Ink



## Display: Station mit E-Ink Tablet





## Display: Erfahrungen

- Kontrast bei Sonnenlicht ist nicht zu übertreffen
- Energieverbrauch extrem gering
- bestens geeignet für X-Terminals
- Probleme bei dynamischen Inhalten

## 2m-Yagi

- Entwurf von Martin Steyer, DK7ZB
- Quelle: <https://dk7zb.darc.de/5-e1-2m/5+6-E1e/5+6-E1-2m.htm>
- 6 Elemente
- ca. 9dB Gewinn

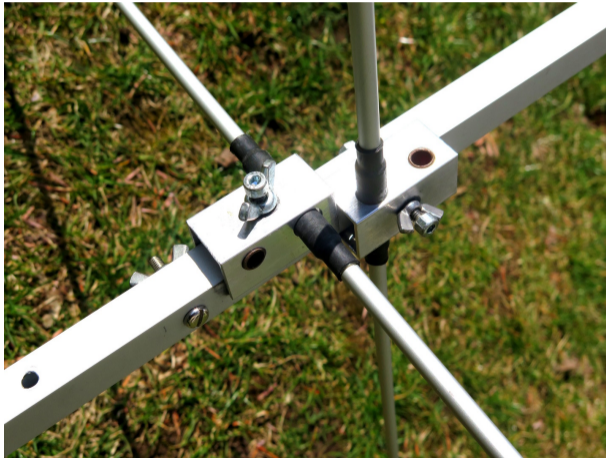
## 2m-Yagi: Umsetzung

- portabel
- optimiert auf Gewicht (Verwendung auch im Bereich SOTA)
- optional auch als Kreuzyagi

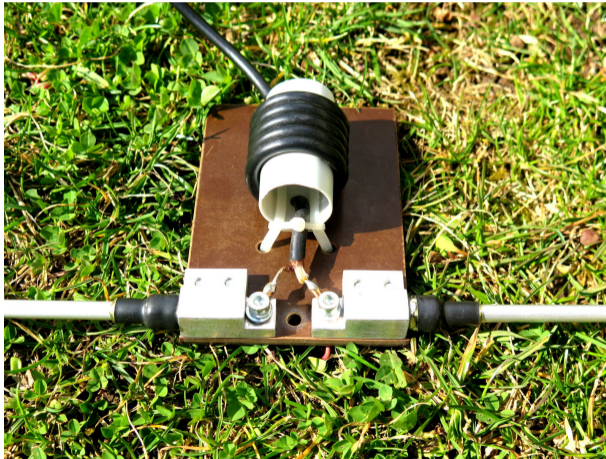
## 2m Yagi: im Einsatz



## 2m Yagi: Montage der Elemente



## 2m Yagi: Dipol-Einspeisung



## Software

Sichtweite

Hardware

Raspberry Pi

Antenne

Software

APRS

Tracking Station

xastir

SSDV

beobachtete Missionen

2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX)

2015 Daedalus - Stratoflight (DK0OD)

2015 stratoBeagle (DK0PT)

# APRS

- Automatic Packet Reporting System (APRS)
- 1980er Jahren in den USA entwickelt
- Ziel: Position mobiler/portabler Amateurfunkstationen per Funk übermitteln
- im Detail: Telemetriedaten (Position/Höhe/Temperatur/...)
- Protokoll: AX.25
- Format: Audio Frequency Shift Keying (AFSK)
- Bitrate von 1200 bit/s auf 2 m (144.800 MHz)
- kein Handshake
- Erweiterung der Reichweite durch Digipeater

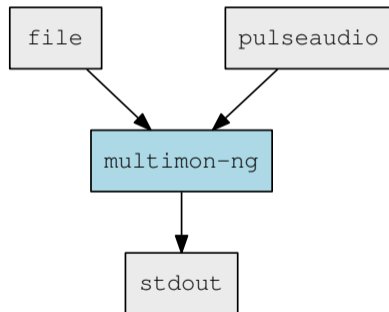


## APRS: GPS Ballon-Aspekte

- Positionsdaten liefert ein GPS-Empfänger
- GPS liefert ab Geschwindigkeit  $> 1900$  km/h und/oder Höhe  $> 18$  km keine brauchbaren Daten!!!

# APRS: Decodierung

- multimon-ng von Elias Önal
- open source software
- Quelle: <https://github.com/Elias0enal/multimon-ng>
- Formate unter anderem AFSK1200
- Programm für das Terminal
- Audio rein
- dekodierter Text raus



# APRS: multimon-ng build

- Vorausgesetzte Pakete:
  - git
  - gcc
  - sox
  - qmake
  - ...

## Beispiel: Ubuntu 18.04.2 LTS

```
> sudo apt update
> sudo apt upgrade
> sudo apt install git gcc sox qt4-qmake ...
```

# APRS: multimon-ng

## build

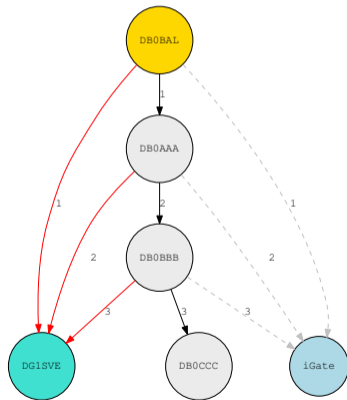
```
> mkdir src
> cd src
> git clone https://github.com/EliasOenal/multimonNG.git
> cd multimonNG
> mkdir build
> cd build
> qmake ../multimon-ng.pro
> make
> sudo make install
```

## APRS: multimon-ng

## Beispiel:

```
> multimon-ng -a AFSK1200
multimon-ng (C) 1996/1997 by Tom Sailer HB9JNX/AE4WA
(C) 2012-2014 by Elias Oenal
available demodulators: POCSAG512 POCSAG1200 POCSAG2400 EAS UFSK1200 CLIPFSK FMSFSK
AFSK1200 AFSK2400 AFSK2400_2 AFSK2400_3 HAPN4800 FSK9600 DTMF ZVEI1 ZVEI2 ZVEI3 DZVEI
PZVEI EEA EIA CCIR MORSE_CW DUMPCSV SCOPE
Enabled demodulators: AFSK1200
AFSK1200: fm DG5MLA-9 to TX2Y92-0 via DBOED-0,WIDE2-2 UIv pid=F0'?'#"#H>/>"9J]=
AFSK1200: fm OE5XBL-1 to APLWX1-0 via OE2XZR-0 UI^ pid=F0
@201621z4806.08N/01318.67E_337/001g003t041h56r000p000P000b10331XWetterstation St.Johann/Walde Vc9560-dirty
AFSK1200: fm OE5MA0-9 to APOTC1-0 via OE2XHR-11,WIDE2-2 UI pid=F0
!4829.06N/01348.98Ev035/013 13.9V 36C HDOP00.9 SATS09Manfred info http://www.qth.at/oe5mao
AFSK1200: fm OE5MA0-9 to APOTC1-0 via OE2XHR-11,DBOED-0 UI pid=F0
!4829.06N/01348.98Ev035/013 13.9V 36C HDOP00.9 SATS09Manfred info http://www.qth.at/oe5mao
AFSK1200: fm DBOFGB-0 to APGE01-0 via DBOHHB-0,WIDE2-0 UI pid=F0
}DBOTS-10>APRX28,TCPIP,DBOFGB*:>!4932.43NIO1224.21E&DBOTS-AirGate TNC-X/APRX (Clubstation: DLORW)
AFSK1200: fm DL2MEL-10 to APMI01-0 via DBOMUC-0,WIDE2-1 UI pid=F0
:DL2MEL-10:PARM.Rx1h,Dg1h,Eff1h,A4,A5,01,02,03,04,I1,I2,I3,I4
AFSK1200: fm DL2MEL-10 to APMI01-0 via WIDE2-1 UI pid=F0:DL2MEL-10:UNIT.Pkt,Pkt,Pcnt,None,None,On,On,On,On,Hi,Hi,Hi,Hi
AFSK1200: fm DL2MEL-10 to APMI01-0 via WIDE2-1 UI pid=F0:DL2MEL-10:EQNS.0,10,0,0,10,0,0,1,0,0,0,0,0,0
AFSK1200: fm DL2MEL-10 to APMI01-0 via DBOMUC-0,WIDE2-1 UI pid=F0:DL2MEL-10:EQNS.0,10,0,0,10,0,0,1,0,0,0,0,0,0
```

## APRS: Infrastruktur/Pfade



## Beispiel:

- 1 DBOBAL-11>APxxxx,WIDE1-1,WIDE2-1 ...
- 2 DBOBAL-11>APxxxx,DBOAAA\*,WIDE2-1 ...
- 3 DBOBAL-11>APxxxx,DBOAAA\*,DBOBBB\* ...

## APRS: Pfade

## Beispiel: Aufgang (DK0TUI-11)

```
# 2016-02-24 10:31:24 GMT
```

```
DK0TUI-11>APOTC1,DBOBL*,DJ5SO-1*,DB00AL*,WIDE2*
```

```
:!5053.87N/01140.96E0104/023/A=014372 11.6V 27C HDOP01.0 SATS08
```

```
# 2016-02-24 10:32:09 GMT
```

```
DK0TUI-11>APOTC1,DBOEL*,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
```

## Tracking Station

- Aufnahme der empfangenen Signale
- APRS dekodieren und loggen
- Monitor aller APRS-Daten
- Monitor für ein bestimmtes Call
- Visualisierung der Daten



## Tracking Station: wav-Capture/APRS-Logfile

### Audio als wave sichern (capture.wav.sh)

```
#!/bin/bash

date='date +%F_%X'

arecord -r22050 -c1 -f S16_LE -vv capture.$date.wav
```

### APRS-Decoder (aprs.log.sh)

```
#!/bin/bash

multimon-ng -A -a AFSK1200 \
| gawk '{print strftime("%F %T %Z:"), $0; system("");}' \
| tee -a aprs.log
```

## Tracking Station: Monitor

alles (monitor.sh)

```
#!/bin/bash
```

```
tail -f aprs.log
```

nur das gefragte Call (monitor.call.sh)

```
#!/bin/bash
```

```
tail -f aprs.log | grep -i CALL
```

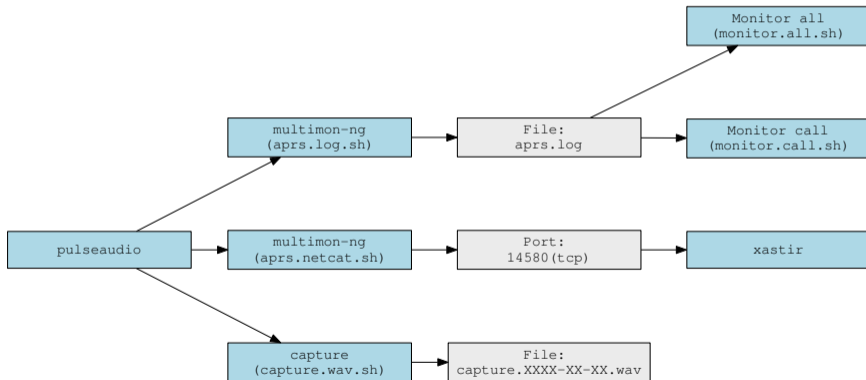
# Tracking Station: Umleitung auf tcp-Port

## Port-Umleitung (aprs.netcat.sh)

```
#!/bin/bash
```

```
multimon-ng -A -a AFSK1200 \  
| sed -u -r 's/^.{6}//' \  
| socat stdin tcp-listen:14580,reuseaddr,fork
```

# Tracking Station: gesamtes System



# Tracking Station: gesamtes System





## Tracking Station: gesamtes System



## Tracking Station: Ausblick

Was geht noch?

- Daten einer Mission live aufbereiten und per Web bereitstellen
- iGate für Missionen, die kein APRS können
- ...

## xastir

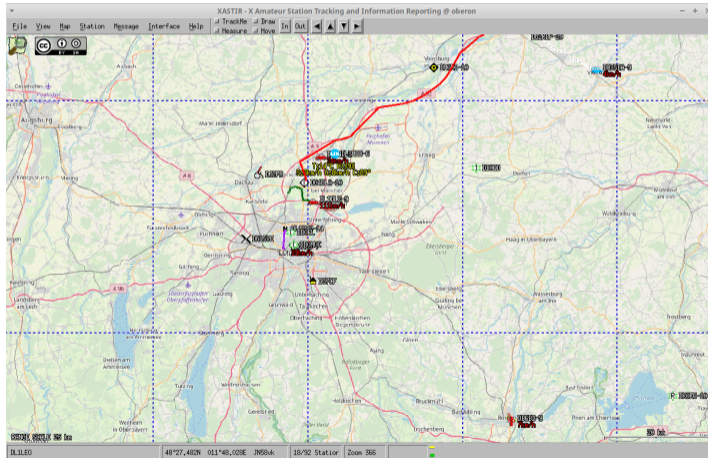
- X Amateur Station Tracking and Information Reporting (xastir)
- open source software
- [https://xastir.org/index.php/Main\\_Page](https://xastir.org/index.php/Main_Page)
- Visualisierung von APRS-Daten
- liegt als Paket vor

### Installation

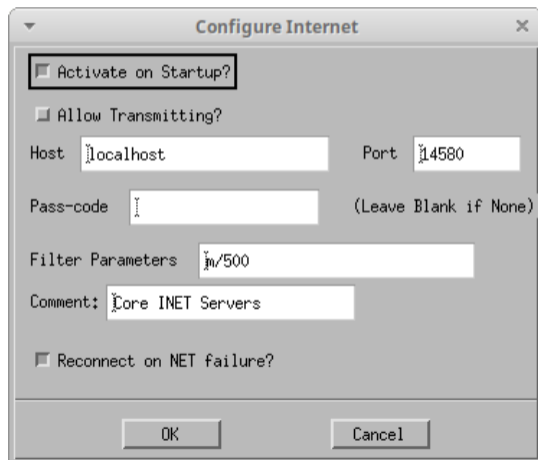
```
> sudo apt install xastir
```



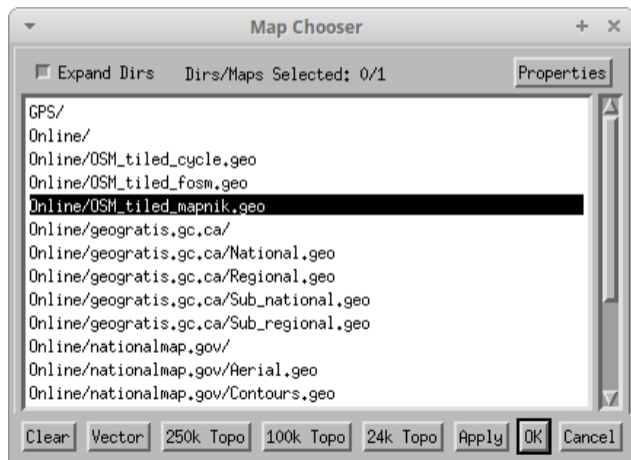
xastir



## xastir: Datenquelle



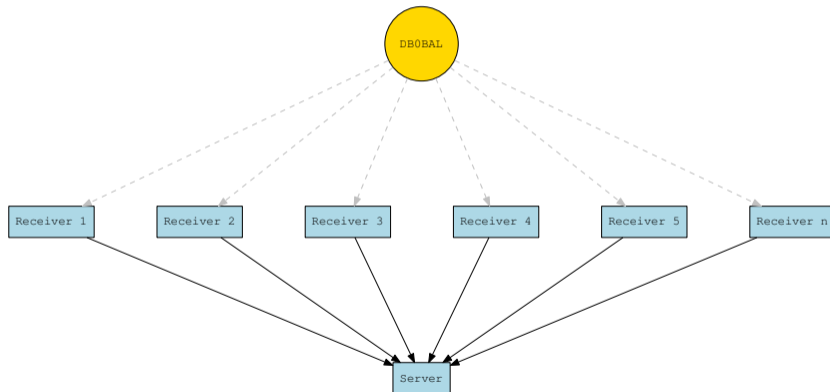
## xastir: Kartenverwaltung



# SSDV

- Slow Scan Digital Video (SSDV)
- Übertragung von JPG-Images und Telemetriedaten
- Bilder werden in einzelne Frames zerlegt
- spezielles Programm dl-fldigi (Fork von fldigi)
- Quelle <http://ukhas.org.uk/projects:dl-fldigi>
- Format: RTTY
- Vorwärtsfehlerkorrektur
- kein Handshake
- Empfang durch mehrere Stationen
- Zusammenfügen der Bilder durch einen zentralen Server möglich
- SSDV Live Images: <http://ssdv.habhub.org/>

# SSDV: Empfang

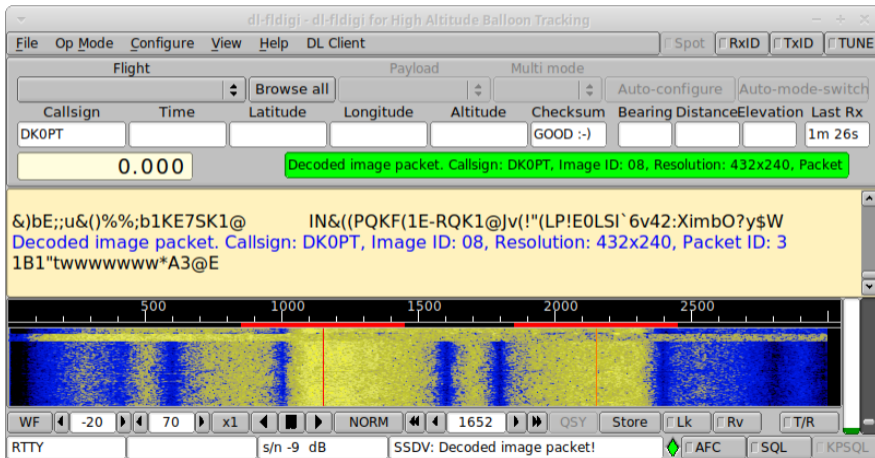


## SSDV: dl-fldigi

## Beispiel: Ubuntu 18.04.2 LTS

```
> sudo apt update
> sudo apt install build-essential libssl-dev libcurl4-openssl-dev \
libjpeg62-dev autoconf portaudio19-dev libfltk1.3-compat-headers \
libpng-dev libsamplerate0-dev
> git clone --recursive --depth 1 \
https://github.com/philcrump/dl-fldigi.git
> cd dl-fldigi/
> autoreconf -vfi
> ./configure --disable-flarq --enable-optimizations=native
> make
> ./src/dl-fldigi --hab
```

## SSDV: dl-fldigi



dl-fldigi - dl-fldigi for High Altitude Balloon Tracking

File Op Mode Configure View Help DL Client  Spot  RxID  TxID  TUNE

Flight Payload Multi mode

Callsign Time Latitude Longitude Altitude Checksum Bearing Distance Elevation Last Rx

DK0PT 0.000 GOOD :-)

Decoded image packet. Callsign: DK0PT, Image ID: 08, Resolution: 432x240, Packet

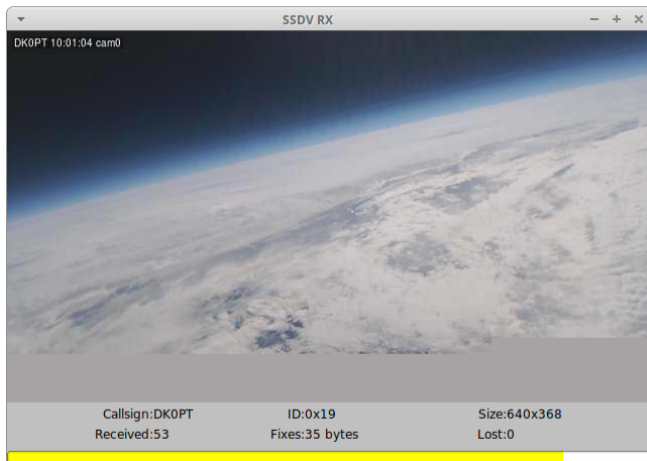
&)bE;;u&()%%;b1KE7SK1@ IN&((PQKF(1E-RQK1@)v(!"(LP!E0LSI`6v42:XimbO?y\$W  
Decoded image packet. Callsign: DK0PT, Image ID: 08, Resolution: 432x240, Packet ID: 3  
1B1"twwwwwww\*A3@E

500 1000 1500 2000 2500

WF   x1    NORM    QSY Store  Lk  Rv  T/R

RTTY s/n -9 dB SSDV: Decoded image packet!  AFC  SQL  KPSQL

# SSDV: dl-fldigi





## SSDV: Bild

eigene Station

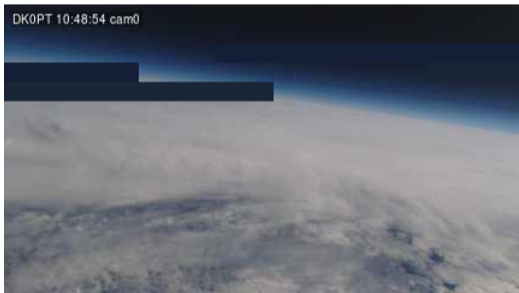


Bild vom Server



## beobachtete Missionen

### Sichtweite

### Hardware

Raspberry Pi

Antenne

### Software

APRS

Tracking Station

xastir

SSDV

### beobachtete Missionen

2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX)

2015 Daedalus - Stratoflight (DK0OD)

2015 stratoBeagle (DK0PT)

## Informationen

- Hauptproblem:
  - Wer?
  - Wann?
  - Wo?
- Quellen:
  - <https://www.darc.de/home/>
  - <http://habhub.org/>
- Charly13 HAB-Mailingliste `ov_c13_hab@lists.darc.de`
- Eintragen unter [https://lists.darc.de/mailman/listinfo/ov\\_c13\\_hab](https://lists.darc.de/mailman/listinfo/ov_c13_hab)

## Charly13 HAB-Team



## 2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX)

- Ortsverband OV Celle H05
- „jugend forscht AG“ Gymnasium Ernestinum Celle
- APRS-Signal (144.800 MHz)
- Sprachausgabe (145.200 MHz)
- Standort: Heimgarten (1791 m)

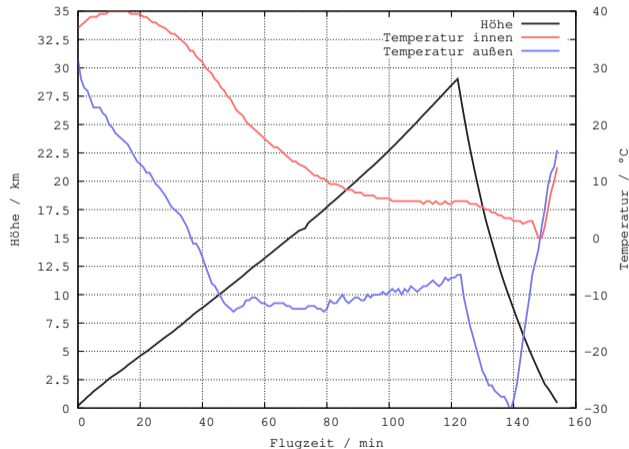
## 2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX): Equipment



Sprachausgaben

Gleich mal 500km am Stück!

## 2014 HAAROB (DL0CN/DF0XX): Telemetriedaten (DL0CN)



## 2015 Daedalus - Stratoflight (DK00D)

- Ortsverband Dachau (C06)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Datenverarbeitung
- studentisches Projekt
- APRS-Signal (144.800 MHz)
- ein Start in unmittelbarer Nähe, also hin!!!
- Standort: Olympiaberg München



## 2015 Daedalus - Stratoflight (DK00D): Startvorbereitungen



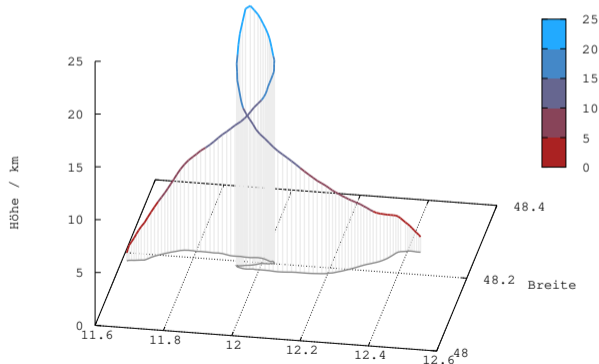
## 2015 Daedalus - Stratoflight (DK00D): Nutzlast



## 2015 Daedalus - Stratoflight (DK00D): Start



# 2015 Daedalus - Stratoflight (DK00D): Kurs



## 2015 Daedalus - Stratoflight (DK00D): Auswertung

### Log von <https://aprs.fi>:

```
DK00D-11>APRS,WIDE2-1:/094956h4815.60N/01225.99E0104/017/A=005371/Ti=0 www.daedalus.ei.tum.de  
DK00D-11>APRS,WIDE2-1:/095055h4815.61N/01226.29E0088/015/A=004755/Ti=1 www.daedalus.ei.tum.de
```

### eigenes Log:

```
DK00D-11>APRS,WIDE2-1:/094956h4815.60N/01225.99E0104/017/A=005371/Ti=0 www.daedalus.ei.tum.de  
DK00D-11>APRS,WIDE2-1:/095055h4815.61N/01226.29E0088/015/A=004755/Ti=1 www.daedalus.ei.tum.de  
DK00D-11>APRS,WIDE2-1:/095154h4815.63N/01226.54E0076/013/A=004155/Ti=2 www.daedalus.ei.tum.de  
DK00D-11>APRS,WIDE2-1:/095253h4815.65N/01226.75E0093/007/A=003563/Ti=2 www.daedalus.ei.tum.de  
DK00D-11>APRS,WIDE2-1:/095352h4815.74N/01226.94E0083/010/A=003051/Ti=3 www.daedalus.ei.tum.de
```

- mit APRS war bei 1449 m (4755 feet) Schluss
- wir konnten noch bis 929m (3051 feet) hören
- ein Fehler führte zum Verlust der Telemetriedaten in der Sonde

## 2015 stratoBeagle (DK0PT)

- OTH Regensburg
- studentisches Projekt
- APRS 144,800 MHz
- SSDV 145,200 MHz
- Standort: Olympiaberg München
- zwei Kameras
- reichhaltiges Angebot an Sensoren
- Aussendung des Daten, incl. Bilder!

## 2015 stratoBeagle (DK0PT)

## Datensatz

ATemp:-20.8C	ATempAnalog:-15.6C
ITemp:-11.1C	BTemp:-256.0C
CPUTemp:45C	Druck:31 hPa
UV:66	Geiger:3504cpm
Vis:12549	IR:65535
UV2:2.33mW/cm^2	Voltage0:8.33V
Voltage1:8.17V	Power:1.53W

## 2015 stratoBeagle (DK0PT): Station





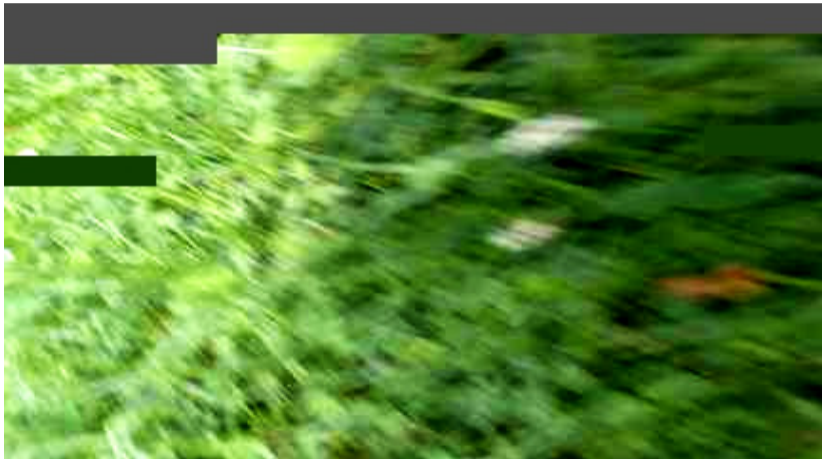
## 2015 stratoBeagle (DK0PT): Station



## 2015 stratoBeagle (DK0PT): Twitter

12:04:29 CEST: DKOPT-11>Ich bin 3.4km suedwestlich von Taufkirchen (Vils).  
13:07:25 CEST: DKOPT-11>Mein Ballon wird bald platzen.  
13:13:25 CEST: DKOPT-11>Die Strahlung ist hier 35.0x so gross wie am Boden.  
13:13:27 CEST: DKOPT-11>Ich bin stratoBeagle. Ich fliege mit meinem Ballon 36.6km hoch!  
13:18:05 CEST: DKOPT-11>Balloon burst at 37998m!  
13:20:55 CEST: DKOPT-11>Meine maximal erreichte Hoehe war 37998m!  
13:23:56 CEST: DKOPT-11>Einen schoenen Gruss an alle Funkamateure da unten! 73!  
13:31:25 CEST: DKOPT-11>Ziemlich kalt hier oben: -40.1C. Gut dass ich ein dickes Fell habe.  
13:34:27 CEST: DKOPT-11>Ich bin stratoBeagle. Ich wurde an der OTH Regensburg gebaut.  
13:37:25 CEST: DKOPT-11>Ich bin auch auf Twitter: @dkOpt  
13:41:56 CEST: DKOPT-11>Ganz schoen flott: 145km/h!  
13:43:25 CEST: DKOPT-11>Ich befinde mich im Sinkflug mit etwa 8.1m/s.  
13:50:59 CEST: DKOPT-11>In 5.9km Hoehe 3.4km westlich von Ismaning.  
14:01:25 CEST: DKOPT-11>Ich habe schon eine Strecke von 146.0km zurueckgelegt.  
14:55:01 CEST: DKOPT-11>Ich bin mit etwa 4.5m/s auf den Boden aufgeprallt, aber ich habe es ueberlebt.

## 2015 stratoBeagle (DK0PT): SSDV



## 2015 stratoBeagle (DK0PT): SSDV



## 2015 stratoBeagle (DK0PT): SSDV



## Web-Ressourcen bei Charly13

- alles um das Thema HAB: <https://www.darc-c13.de/jump/1a75727c/>
- Link zur Präsentation: <https://www.darc-c13.de/jump/6b4eecfe/>
- Mailingliste: [https://lists.darc.de/mailman/listinfo/ov\\_c13\\_hab](https://lists.darc.de/mailman/listinfo/ov_c13_hab)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

<https://www.darc-c13.de>