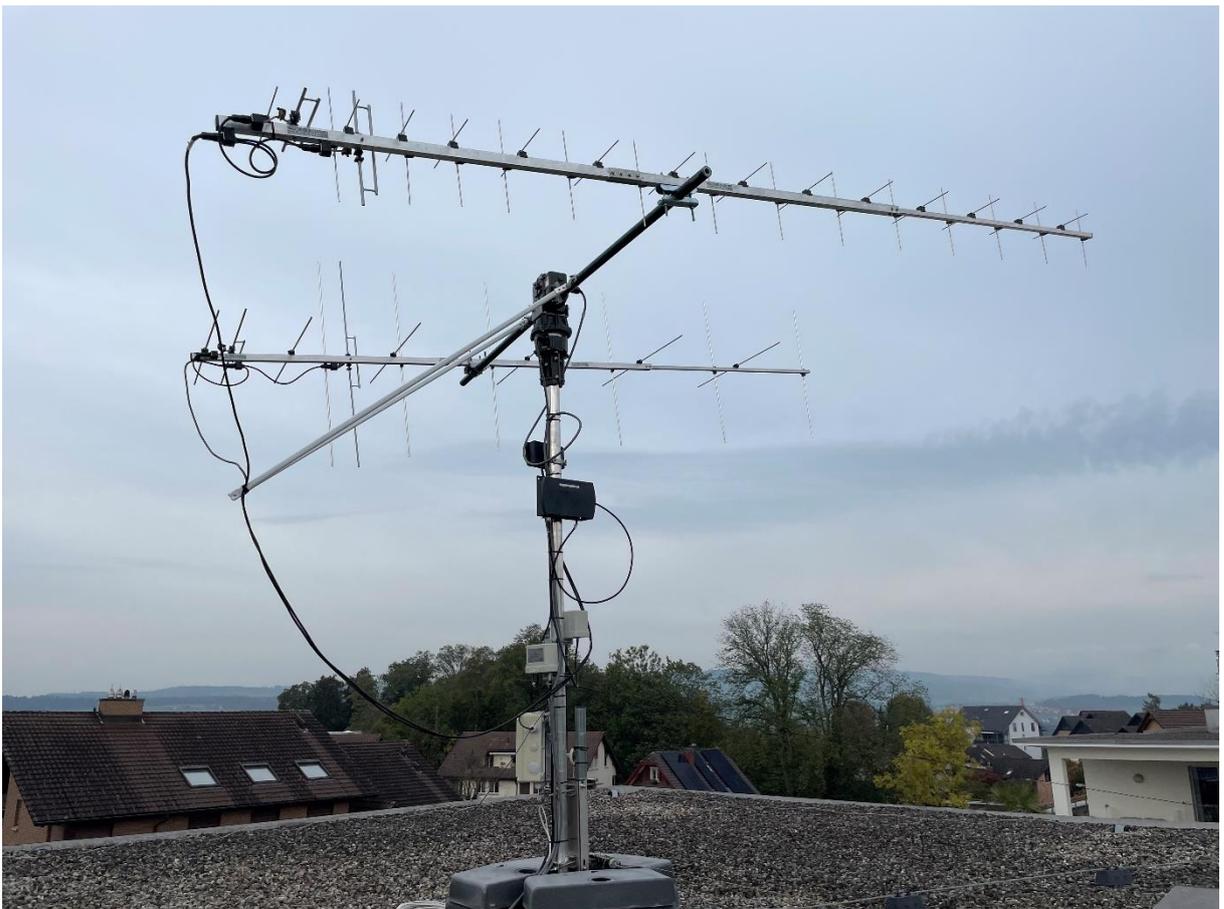


KONZEPT FÜR EINE SATELLITEN BODENSTATION IN JN47FE

Amateurfunk-Station HB9RYZ

Hünenberg, Zug



Dokumentinformationen

Projektname	SAT Bodenstation HB9RYZ
Referenzen	keine

Änderungs-/Versionenkontrolle

Version	Datum	Status	Autor	Bemerkung
0.9	02.01.2022	Entwurf	Wolfgang Sidler HB9RYZ	Initialversion
0.91	02.01.2022	Entwurf	Wolfgang Sidler HB9RYZ	Input von Martin Klaper HB9ARK
0.92	02.03.2022	Entwurf	Wolfgang Sidler HB9RYZ	Erstes QSO über den RS-44 Satelliten mit 59
0.93	03.04.2022	Final	Wolfgang Sidler HB9RYZ	SAT Groundstation up- and running
1.0	19.10.2022	Final	Wolfgang Sidler HB9RYZ	Update – neue SAT-Antennen

Verteiler

Empfänger	HAM-Community
-----------	---------------

Zweck des Dokuments

Ziel ist, eine Satelliten Bodenstation zu Hause auf dem Dach zu installieren, um aktiven Funkkontakt mit den aktiven LEO Satelliten und der ISS zu tätigen. Sei es nur Empfang der Signale, der Telemetrie etc. aber auch das Senden in FM, SSB, PSK, FT8, etc.

Inhalt

1 Zweck	4
1.1 Ausgangslage	4
2 Aktive LEO-Satelliten	4
3 Lösung	5
3.1 Ziel	5
3.2 SAT-Frequenzen	5
3.3 SAT-Antennen	6
3.4 Erdung und Blitzschutz	7
3.5 Transceiver	7
3.6 Vorverstärker und DC-Einspeisung via Koax-Kabel	7
3.7 Polarisation und Phasenleitung	8
3.8 Sequenzer für TX/RX	9
3.9 Digitale Betriebsarten	9
3.10 Rotor und Rotorsteuerung	10
3.11 Satelliten Tracking-Software	12
3.12 Telemetrie	12
3.13 LOG-Programm	12
3.14 Remote Steuerung	13
3.15 Web-Cam	13
4 Übersicht der SAT-Bodenstation	13
4.1 2m und 70cm Richt-Antennen	13
4.2 Transceiver IC-9700 für Telemetrie, Audio, SSB, etc.	14
5 Quellen	15
6 Dank an	15

1 Zweck

1.1 Ausgangslage

Ich habe meine ersten Satelliten-Erfahrungen in den 80er Jahren mit dem Oscar-10 gemacht und bin seit März 2019 QRV über den neuen geostationären Satellit OSCAR-100.

Am 2. März 2022 hatte ich das erste LEO-Satelliten QSO in SSB mit IK4JQQ und ON4PU über den RS-44 Satelliten mit 59 mit einer 50% PA-Leistung des IC-9700.

Im März 2022 konnte ich bereits einige Satelliten arbeiten wie RS-44, SO-50, AO-91, FO-29, PO-101, AO-73 und den ISS FM Repeater.

2 Aktive LEO-Satelliten

Bisher wurden ca. 120 Satelliten gestartet, die von Funkamateuren entwickelt, finanziert und gebaut wurden.

- <https://sat.fq8oj.com> Super SAT-Übersicht
- <https://www.amsat.org/status> Der Status der aktiven Satelliten
- <https://amsat-dl.org/satelliten-gestartet> gestartete Satelliten
- <https://amsat-dl.org/satelliten-geplant> geplante Satelliten
- www.amsatuk.me.uk/iaru IARU Amateur Satellite Frequency Coordination

MEO (Medium Earth Orbit):

Satelliten mit einer Flughöhe von 6.000 - 36.000 km und einer Umlaufdauer von 4-24 Stunden. Beispiele: GPS, GLONASS, Galileo

HEO (Highly Elliptical Orbit):

Satelliten bewegen sich auf elliptischen Bahnen mit großer Exzentrizität, das heisst grossem Verhältnis von Perigäum (erdnächstem Punkt) und Apogäum (erdfernstem Punkt). Beispiele: Molniya, **AO10, AO13 (defekt), AO40 (offline seit 2004).**

Zurzeit gibt es keine HEO Amateurfunk-Satelliten.

LEO (Low Earth Orbit):

Satelliten mit einer Flughöhe von 200 - 1.500 km und einer Umlaufdauer von 1,5 - 2 Stunden. Beispiele: AO 7, FO 29, AO 51, ISS, Wettersatelliten NOAA, Iridium

GEO (Geostationary Orbit):

Geostationäre Satelliten mit einer Flughöhe von 36.000 km. Die Umlaufzeit beträgt genau einen Tag. In Bezug auf die Erdoberfläche sind diese Satelliten ortsfest. Beispiele: Astra, Eutelsat, Inmarsat, Meteosat, in Zukunft **Es'hail 2 (Oscar-100 seit Feb. 2019 aktiv).**

Es gibt viele aktive Satelliten mit Lineartranspondern:

AO 7, FO 29, AO 73, CAS 3G, CAS3 I, CAS 4A, CAS 4B, XW 2A, XW 2B, XW 2C, XW 2D, XW 2F, FUNCUBE 1, FUNCUBE 2 (ON UKUBE 1), EO 88 (NAYIF 1)

Aktuell aktive Satelliten mit FM Transpondern sind:

SO 50 (SAUDISAT 1C), AO 73, EO 80, AO 85 (FOX 1A), CAS 3H (LILACSAT 2), LAPAN ORARI

Informationen über die verschiedenen Satelliten: www.dk3wn.info/wp/satelliten

Hier gibt es eine sehr gute Übersicht über die aktuellen Satelliten:

<https://www.satblog.info/status-2/>

Auch hier gibt es eine entsprechende Übersicht:

<https://www.n2yo.com/satellites/?c=18>

3 Lösung

3.1 Ziel

Ziel ist, eine Satelliten Bodenstation zu Hause auf dem Dach zu installieren, um aktiven Funk-Kontakt mit den aktiven LEO Satelliten und der ISS zu tätigen. Sei es nur Empfang der Signale, der Telemetrie etc. aber auch das Senden in FM, SSB, PSK, FT8, etc.

Einsatz-Bereiche

- SSB und FM QSO über die Satelliten und ISS
- SSTV (ISS) in FM 145.800 MHz
- LoRa Downlink (neue Satelliten ab 2022)
- Digital PSK 31, AFSK, FSK, GMSK, BPSK, etc.
- Digipeater und S&F-Mailbox
- Digital-Voice
- Empfang der Telemetrie
- EME
- Direkte terrestrische Verbindungen auf 2m und 70cm

Auch der Empfang von Daten von wissenschaftlichen oder kommerziellen Satelliten könnte interessant sein, sofern die Daten-Protokolle öffentlich zugänglich sind.

3.2 SAT-Frequenzen

Die meisten heutigen Satelliten verwenden Frequenzen im 2m und 70cm Band. AO 92 hat einen 23cm Uplink, DTUSat 2 sendet im 13cm Band. Ein Transponder im Modus VU empfängt im 2m Band (VHF Uplink) und sendet im 70cm Band (UHF Downlink).

Abkürzungen der Transpondermodi

V	2-m-Band (VHF)
U	70-cm-Band (UHF)
L	23-cm-Band (L-Band)
S	13-cm-Band (S-Band)
X	3-cm-Band (X-Band)

3.3 SAT-Antennen

Da ich auf dem Dach nicht grosse Antennen installieren kann, habe ich mich für die bewährten 2m und 70cm Yagis von Antenna-Amplifiers entschieden.



3.4 Erdung und Blitzschutz

Der Blitzschutz wurde bereits 2018 von einem zertifizierten Unternehmen erstellt. Es ist eine Lösung mit einem Erdnagel und es ist ein entsprechendes Attest-Blatt (4 Ohm zur Erde) erstellt worden.

Der Blitzschutz ist am Sockel (Alu-Mast) befestigt.



3.5 Transceiver

Für den SAT-Betrieb gibt es im Moment nicht viele moderne Transceiver, welche neu auf dem Markt verfügbar sind. Der aktuellste Transceiver ist der **ICOM IC-9700** (2m, 70cm, 13cm). Die alten SAT-Transceiver wie der YAESU FT-736 oder der Kenwood TS-2000 sind leider aus Sicht der Schnittstellen veraltet.

Der IC-9700 beherrscht die Satellitenmodus die Transponderkombinationen V/U, V/L, U/V, UL, L/V und L/U. Mit entsprechenden Transvertern sind selbstverständlich weitere Modes möglich.

3.6 Vorverstärker und DC-Einspeisung via Koax-Kabel

Für die Vorverstärker werde ich die SSB Elektronik Produkte verwenden. Diese haben einen sehr guten Ruf. **Die Vorverstärker erhalten die 12V Speisung direkt vom IC-9700. Reicht die Spannung des IC-9700 nicht aus, wird pro Band die SSB DCC 5000pro Fernspeiseweiche bis 6 GHz eingesetzt.**

- für 2m der SP-200
- für 70cm der SP-70

Preamp Settings für IC-9700 -> **auf ON setzen**

MENU » **SET > Connectors > External P.AMP**

144M	(Default: OFF)
430M	(Default: OFF)
1200M	(Default: OFF)

Selects whether or not to use an external preamplifier, for each band.

The preamplifiers amplify received signals to improve the S/N ratio and sensitivity.

- OFF: Does not use an external preamplifier.
- ON: Uses an external preamplifier.

Bei 13.8V fällt die Spannung auf ca. 11.7V bei einem Stromverbrauch von 330mA.

3.7 Polarisierung und Phasenleitung

Die 2m und 70cm Yagis von Antenna-Amplifiers sind fix für rechts zirkulare Polarisation (RHCP) eingestellt, also ideal für die LEO-Satelliten Kommunikation.

Später wird noch ein speziell von Antenna-Amplifiers entwickelter Polarisations-Switch für beide Yagis entwickelt, welche ich remote via LAN auf H, V, und RHCP umschalten kann.

So kann ich über ein Web-GUI remote über das LAN das entsprechende Relais betätigen, damit die Polarisation umgeschaltet wird.

Die **13.8V** für das Relais-Bord kommen direkt vom Shack vom Haupt 13.8V Netzgerät.

LAN Web-Relais:

<https://sigma-shop.com/product/191/web-lan-ethernet-ip-eight-channels-relay-controller.html>

v.2.0

Relay Control

Configuration

Authorization
Configuration

Relay Control

●

Click to switch ON

2m - POL H Click to switch ON

2m - POL ZR Click to switch OFF

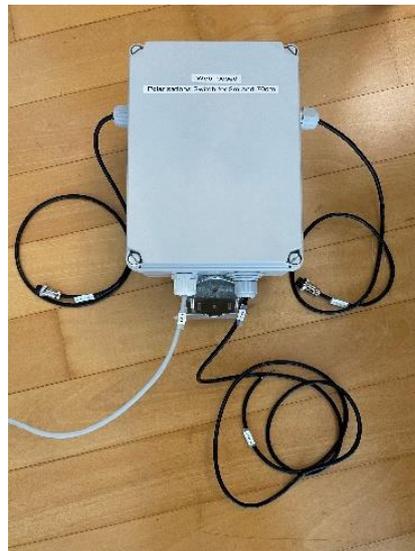
2m - POL ZL Click to switch ON

Click to switch ON

70cm - POL H Click to switch ON

70cm - POL ZR Click to switch OFF

70cm - POL ZL Click to switch ON



3.8 Sequenzer für TX/RX

Die Sequenzer sind erst nötig, wenn die SAT-Anlage mit Verstärkern (PA) ausgerüstet wird. **In der Phase 1 werden noch keine Verstärker eingesetzt.**

Der Sequence Controller FSC52000 steuert mit seinen fünf Ausgangsstufen die Umschaltvorgänge einer kompletten VHF / UHF / SHF – Amateurfunkstation in einer sicheren Reihenfolge.



Durch die zwangsweise Steuerung mit vorgegebenem zeitlichem Ablauf von Vorverstärker, Koax-Relais, Endstufe und Transceiver / Transverter sind die Umschaltvorgänge von Empfang nach Senden und zurück nach Empfang, zu jedem Zeitpunkt kontrolliert.

Die Verzögerungszeit ist über einen Widerstand in weiten Grenzen veränderbar. Es stehen fünf Schaltstufen zur Verfügung. Der Steuereingang des FSC52000 kann sowohl nach + wie nach Masse schaltend sein.

<http://www.anjo-antennen.de/controller.html>

Für jedes Band braucht es einen Sequenzer.

Damit die Sequenzer korrekt vom IC-9700 pro Band angesteuert werden kann, ist ein PTT Multiplexer notwendig.



Die Beschreibung und Funktionsweise des PTT Multiplier ist hier beschrieben:

<https://thedxshop.com/product/ptt-multiplier-for-icom-ic-9700/>

3.9 Digitale Betriebsarten

Die meisten Satelliten unterstützen digitale Betriebsarten.

Infos unter: <https://www.pe0sat.vgnet.nl/decoding/satellite-telemetry/modes>

Gr-satellites is a GNU Radio out-of-tree module encompassing a collection of telemetry decoders that supports many different Amateur satellites. This open-source project started in 2015 with the goal of providing telemetry decoders for all the satellites that transmit on the Amateur radio bands. <https://github.com/daniestevez/gr-satellites>

3.10 Rotor und Rotorsteuerung

Für die Rotor-Steuerung habe ich mich für den seit Jahren bewährten YAESU G-5500DC Rotor entschieden. Der [YAESU Rotor G-5500DC](#) wird über die [ARS-USB BOX](#) inkl. Raspberry Pi von EA4TX oder mit der [SAT Box](#) aus den USA direkt über das mitgelieferte YAESU Steuergerät gesteuert.

Der [LVB-Tracker](#) oberhalb dem original YAESU Steuergerät dient nur zur genaueren (Digital) Anzeige der Antennen-Positionen und wurde direkt mit YAESU Steuergerät über den Standard Stecker wie die SAT Box angeschlossen.

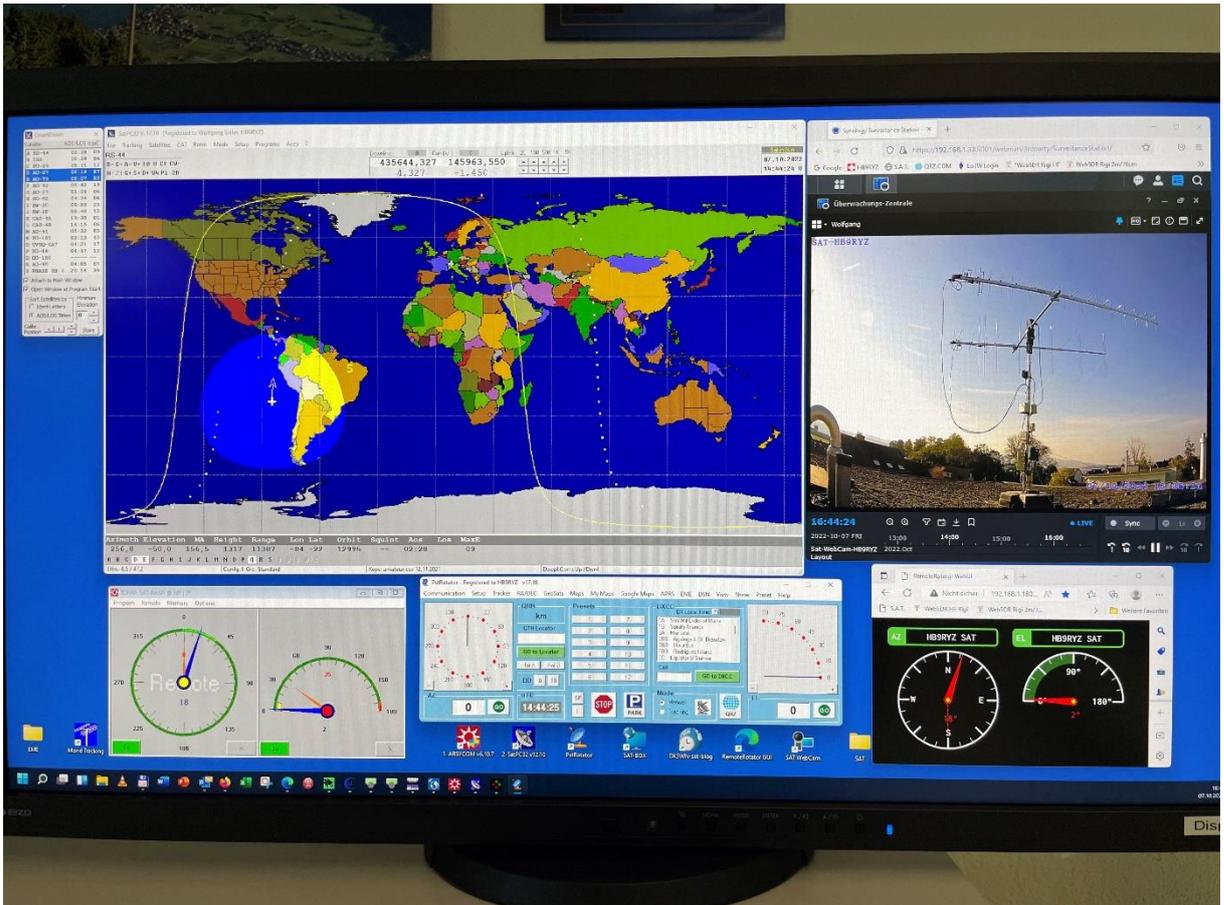


Als Backup kann ich noch den WinrotorPlus Adapter am YAESU Steuergerät anschliessen (COM 10) und damit den Rotor mit SATPC32 und PstRotor steuern.

Mit einem manuellen Switch kann ich zwischen der ARS-USB Box und der SAT-Box umschalten.

- [SAT Box](#) aus den USA
- [ARS-USB](#) Box von EA4TX
- [WinrotorPlus](#) von Funkbox
- [PSTrotator](#) kann hier bestellt werden
- [LVB-Tracker](#) von Fox Delta
- [YAESU Rotor](#) G-5500DC

SAT-Bodenstation HB9RYZ



SAT32PC Satelliten Tracking Programm.

S.A.T. Box Overview

Main Window in the Web-Browser

Access over Internet

<http://sidler.homeip.net:8090>

HB9RYZ
www.hb9ryz.ch
4.1.2022

Shows the next SAT Passes

CHOOSE DISPLAY		NEXT PASSES	
PASSES			
REFRESH			
CAS-4B	RS-44	AO-95	AO-91
AOS: 09:05:02	AOS: 09:07:22	AOS: 09:31:23	AOS: 09:48:40
LOS: 09:16:28	LOS: 09:30:21	LOS: 09:41:45	LOS: 10:01:54
DUR 11:26	DUR 22:59	DUR 10:22	DUR 13:14
MAX EL: 20.89°	MAX EL: 68.32°	MAX EL: 12.46°	MAX EL: 41.75°
EL NOW: -25.58°	EL NOW: -29.9°	EL NOW: -73.1°	EL NOW: -64.91°

Shows the MAP



YAESU G-5500 Rotor Lösungen:

<https://radio.g4hsk.co.uk/2012/09/01/rotator-controller-using-arduino-and-pstrotator>

<https://blog.radioartisan.com/yaesu-rotator-computer-serial-interface>
www.g6lvb.com/articles/lvbtracker
<https://amsat-uk.org/projects/simplesat-rotor-controller>
<http://www.tomdoyle.org/SimpleSatRotorController/SimpleSatRotorController.html>
https://github.com/k3ng/k3ng_rotator_controller

3.11 Satelliten Tracking-Software

SAT-BOX

Zurzeit verwende ich die neue SAT-Box aus den USA, welche speziell für den YAESU G-5500DC Rotor und den ICOM IC-9700 Transceiver entwickelt wurde.

Die SAT-Box wird mit dem lokalen Netzwerk über WLAN verbunden und danach greift man mit dem Web-Browser auf die Box zu. Zurzeit sind 205 Satelliten vorkonfiguriert.

Die SAT-Box wird bei einer neuen Firmware direkt über das Internet aktualisiert.

<http://www.csntechnologies.net/sat>

SATPC32

Die SATPC32 SAT-Tracking Software ist sehr beliebt und unterstützt viele third Party Geräte. Die Lizenz ist bereits vorhanden und die aktuelle Version 2.19 ist bereits installiert.

Zusammen mit der ARS-USB Box von EA4TX oder dem WinrotorPlus Interface läuft SATPC32 einwandfrei.

www.dk1tb.de/index.htm

3.12 Telemetrie

Es ist interessant die Telemetrie-Daten der verschiedenen Satelliten zu Empfangen. Dies sind die technischen Betriebsdaten eines Satelliten wie Temperaturen der Bauteile, Ladezustand der Batterien, Status der Sende-Einheiten, etc.

www.amsat.org/foxtelem-software-for-windows-mac-linux
<https://funcube.org.uk/working-documents/funcube-telemetry-dashboard>
www.dk3wn.info/wp/digital
<https://www.pe0sat.vgnet.nl/decoding/satellite-telemetry/modes>

SatNOGS Open Source global network of satellite ground-stations ist ein sehr interessantes Projekt basierend auf einem Raspberry Pi. Die Rotorsteuerung erfolgt über hamlib.

<https://satnogs.org>

3.13 LOG-Programm

Wie für die KW-QSOs wird Log4OM mit einer SQL-Anbindung auf dem Synology NAS eingesetzt.

Die QSO's können direkt in der SAT-Box Lösung im Browser eingegeben werden. Ab der Firmware 5.668 (31.03.2022) werden die QSO direkt via UDP-Port in das LOG4OM Programm übertragen.

Ziel ist noch, dass die QSOs auch direkt vom SATPC32 Programm ins Log4OM übernommen werden. Daniele, der Entwickler von LOG4OM ist bereits an der Implementation.

3.14 Remote Steuerung

Diese Möglichkeit wird später bei Bedarf näher betrachtet. Das ICOM IC-9700 kann mit der ICOM Software RS-BA1 sehr gut remote gesteuert werden. Jedoch wird der SAT-Mode noch nicht unterstützt. Funktioniert mit dem QO-100, indem einfach nur der TX-Pfad (70cm) mit RS-BA1 remote kontrolliert wird und der RX-Pfad über Internet via dem SDR in Goonhilly verwendet wird.

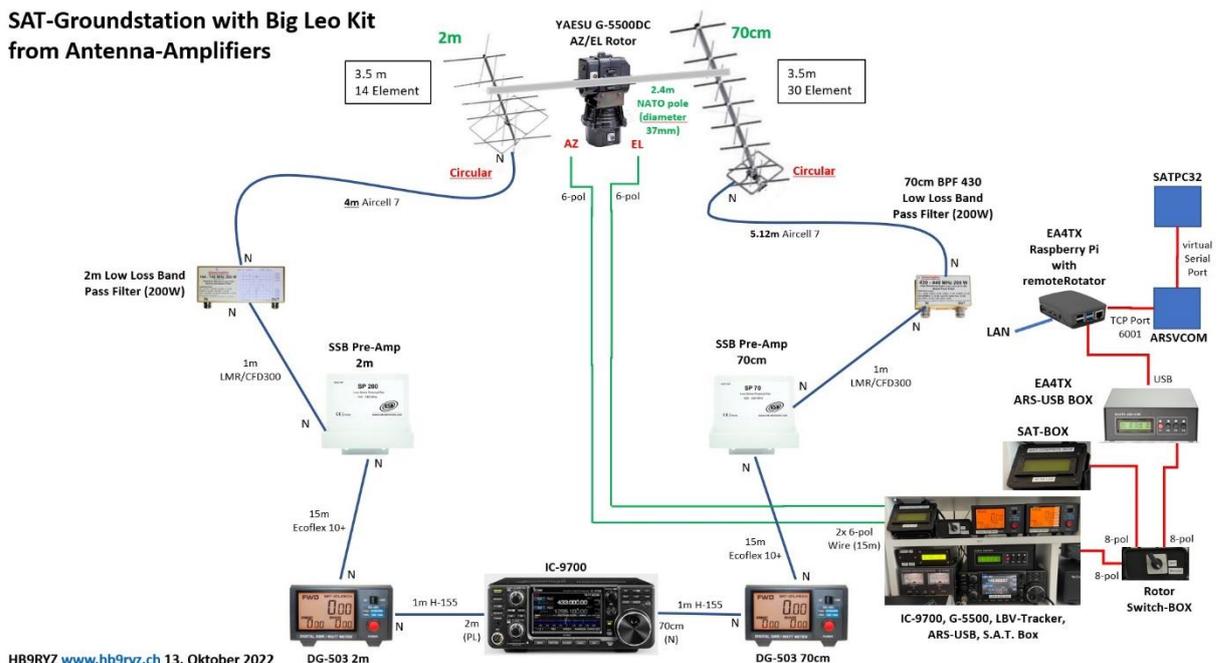
3.15 Web-Cam

Für die Überwachung der Antennen wird auf dem Dach eine fixe Web-Cam installiert und via POE für Netzwerk und Strom angeschlossen.

4 Übersicht der SAT-Bodenstation

4.1 2m und 70cm Richt-Antennen

SAT-Groundstation with Big Leo Kit from Antenna-Amplifiers



HB9RYZ www.hb9ryz.ch 13. Oktober 2022

Kabelübersicht:

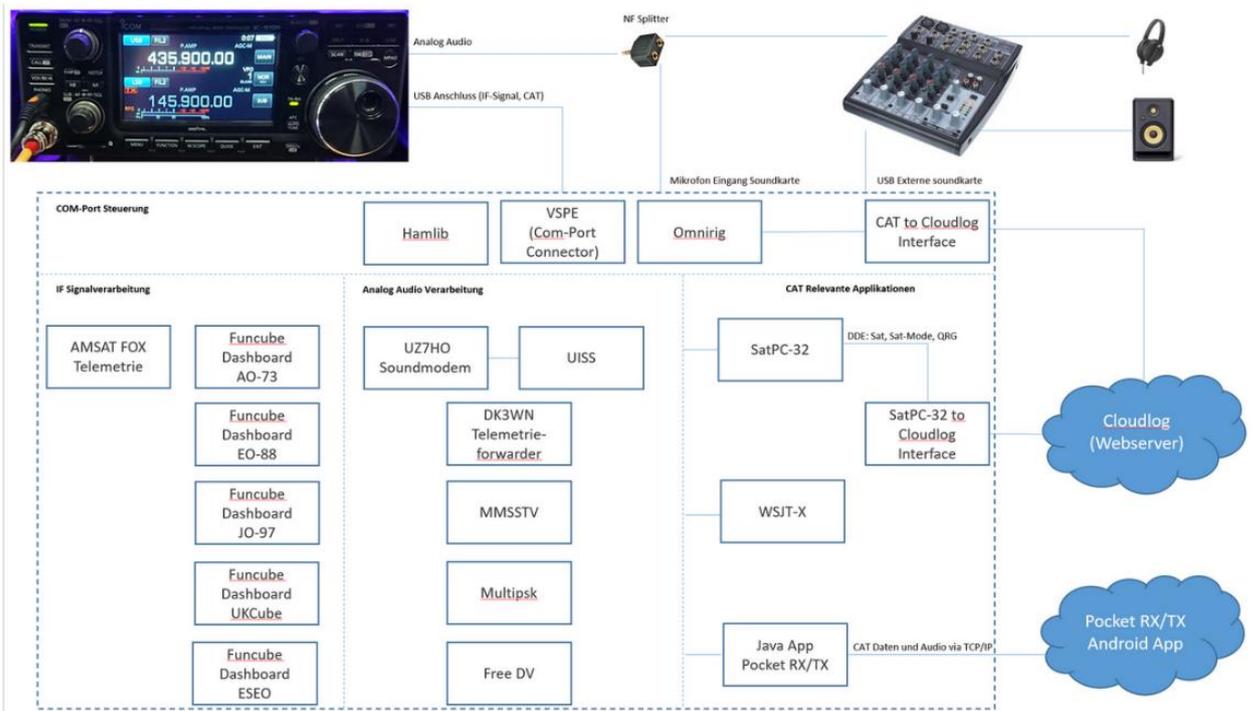
- 15m Ecoflex 10+ Koax-Kabel mit N-Stecker für 2m
- 15m Ecoflex 10+ Koax-Kabel mit N-Stecker für 70cm
- 2x 6-pol Steuerkabel für den YAESU G-5500DC Rotor
- 15m CAT6 LAN-Kabel für die Polarisations-Umschaltung Lösung
- 15m CAT6 LAN-Kabel für die WebCam (POE)
- 1 Stück Aircell 7 4m mit N-Stecker für 2m
- 1 Stück Aircell 7 5.12m mit N-Stecker für 70cm
- 2 Stück H-155 à je 1m mit N-Stecker für die Verbindung Bandpass Filter zum SSB Vorverstärker
- 1 Stück 15m 2-pol Stromkabel für die Web-Relais Box

GFK-Rotor für die Elevation:

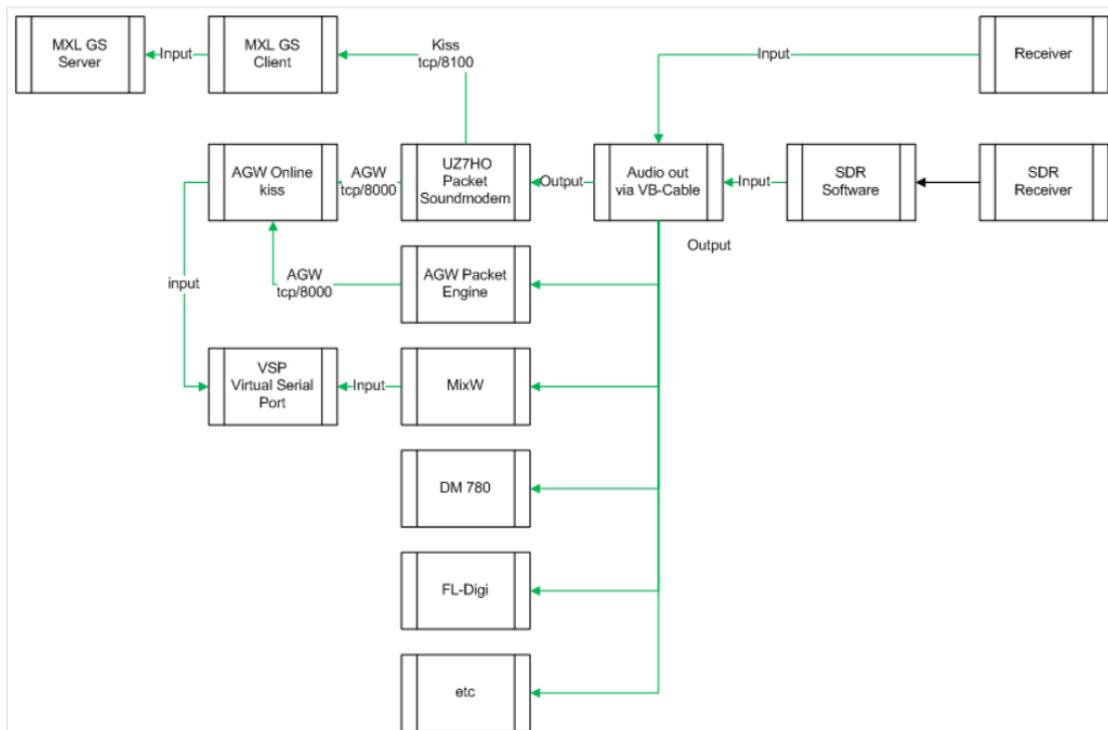
- 1 Stück 2.4m langes GFK-Nato-Stange mit 37mm Durchmesser

4.2 Transceiver IC-9700 für Telemetrie, Audio, SSB, etc.

Eine grosse Herausforderung wird sein, all die Programme unter Windows 11 für den Empfang der Telemetrie-Daten, CAT, Rotor-Steuerung, etc.



Quelle: HB9WDF



Quelle: PE0SAT

Settings im IC-9700

In den Settings des IC-9700 sind bei mir folgende Parameter gepflegt:

Connectors > External Speaker Separate "Mix"
Connectors > ACC AF/IF Output > AF/SQL Output Select "MAIN"
Connectors > ACC AF/IF Output > Output Select "AF"
Connectors > ACC AF/IF Output > AF Output Level "50%"
Connectors > ACC AF/IF Output > AF SQL "OFF (Open)" (Wichtig, damit schwache Telemetriesignale decodiert werden können)
Connectors > ACC AF/IF Output > IF Output Level "50%"
Connectors > USB AF/IF Output > Output Select "IF" (Damit wird über die USB Soundkarte des IC-9700 ein IF Signal gesendet)
Connectors > USB AF/IF Output > AF Output Level "50%"
Connectors > USB AF/IF Output > AF Output Level "50%"
Connectors > USB AF/IF Output > AF SQL "OFF (Open)"
Connectors > USB AF/IF Output > IF Output Level "50%"
Connectors > USB SEND/Keying > USB SEND: "USB (B) DTR" (Wichtig für UISS, da sep. Comport Steuerung für PTT)
Connectors > CI-V > CI-V Baud Rate "19200" (Hat sich für SatPC32 als idealer Wert erwiesen)
Connectors > CI-V > CI-V Transceiver "OFF"
Connectors > CI-V > CI-V USB Port "Link to [REMOTE]"
Connectors > CI-V > CI-V DATA Baud Rate "19200" (Hat sich für SatPC32 als idealer Wert erwiesen)
Connectors > CI-V > CI-V DATA Echo Back "on"
PTT Port Function "PTT Input + SEND Output"

5 Quellen

www.amsat-hb.org	AMSAT-HB
www.amsat-dl.de	AMSAT-DL
www.dd1us.de	Matthias Bopp
www.p3e-satellite.org	
http://de.wikipedia.org/wiki/Satellitenorbit	
www.dk3wn.info/wp	Mike Rupprecht
www.amsat.org/status	
www.satblog.info	
http://uz7.ho.ua/packetradio.htm	TNC Software Version
http://satellitenwelt.de/index.htm	
https://scotthather.weebly.com/satscape.html	SAT Tracking Software
http://www.dk1tb.de/indexeng.htm	SAT Tracking Software
https://satnogs.org	
http://www.csntechnologies.net/sat	SAT-Box aus den USA
https://www.satmatch.com/	SAT Sked/Match Programm

6 Dank an

Unterstützung:

Michi Lipp (HB9WDF)
Martin Klaper (HB9ARK)
Mike Rupprecht (DK3WN)
Keith – SAT Box (AC2MI)
Frank – SAT Box (WA2NDV)
Mike – SAT Box (KC2SYF)