

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG MIT PC-UNTERSTÜTZUNG



STEFAN BURMEISTER - DL5HAS - OV SCHARBEUTZ E35
OV AHRENSBURG/GROßHANSDORF E09 - "QTC AN DER SEE" 9. SEPTEMBER 2023

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE

Grundlage für die Berechnung von Satellitenbahnen sind die von Johannes Kepler (1571-1630) gefundenen Gesetze der Bewegung von Planeten um die Sonne. Diese Gesetze kann man analog auch auf die Bahnen von Satelliten um die Erde anwenden.

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE

- Die Bahn jedes umlaufenden Satelliten ist eine Ellipse, die Erde befindet sich in einem der beiden Brennpunkte
- Die Verbindungslinie Erdmitte zum Satelliten, also der Radiusvektor, überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen
- Das Quadrat der Umlaufzeit ist der dritten Potenz der großen Halbachse proportional

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE

- Zur Berechnung einer Satellitenbahn benötigt man mehrere, voneinander unabhängige Bahnelemente, die sogenannten "Kepler-Elemente"
- Zur Ermittlung dieser grundlegenden Bahnparameter werden Teile der Satellitenflugbahn mit einem Radargerät vermessen, der Rest der Elemente wird mit dem Computer hochgerechnet

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE

```
Satellite: AO-40
Catalog number: 26609
Epoch time:      04103.36383069
Element set:      404
Inclination:      10.3213 deg
RA of node:       3.1661 deg
Eccentricity:     0.7978147
Arg of perigee:   274.6597 deg
Mean anomaly:     8.5957 deg
Mean motion:      1.25584369 rev/day
Decay rate:       -3.8e-07 rev/day^2
Epoch rev:       1584
Checksum:         309
```

Bild 1

Keplerdatensatz von AO-40 (P3D) im AMSAT-Format

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE

AO-40

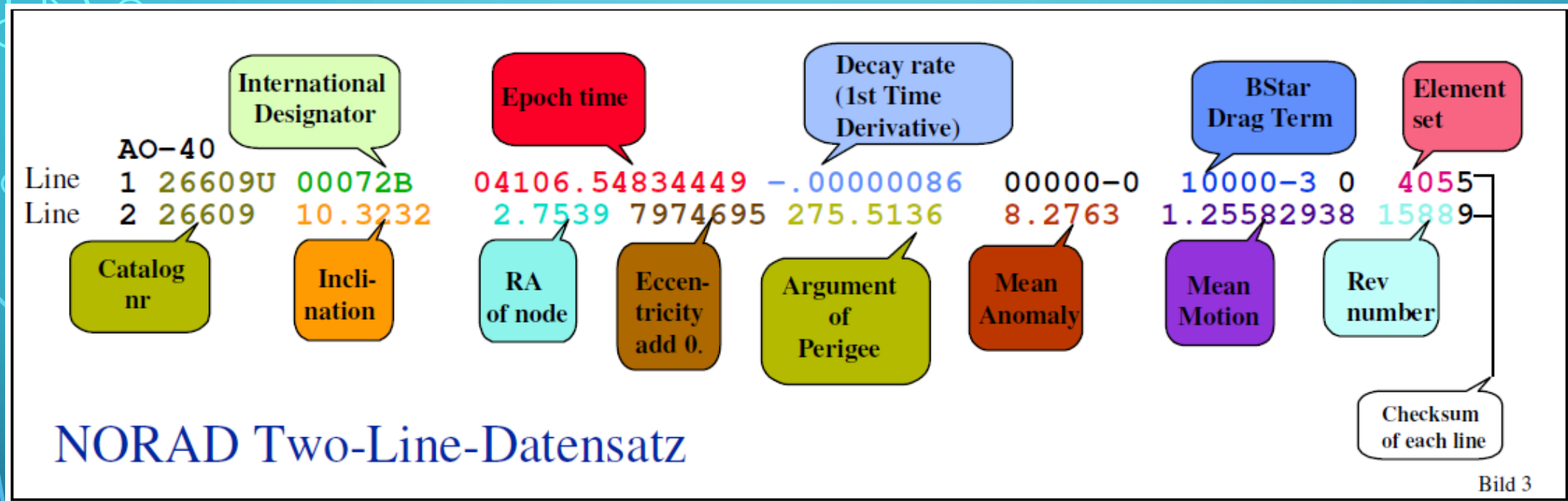
```
1 26609U 00072B    04106.54834449 -.00000086  00000-0  10000-3 0  4055  
2 26609   10.3232    2.7539 7974695 275.5136   8.2763  1.25582938 15889
```

Bild 2

**Keplerdatensatz von AO-40 (P3D)
im NORAD Two-Line-Element TLE-Format**

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE



Ein neuer Datensatz wird durch die NORAD herausgegeben, wenn ein Positionsfehler 5000 m überschreitet, das entspricht bei einer Flughöhe von 18000 km einem Fehler von etwa einer Winkelminute in der Richtung vom QTH der Bodenstation aus gesehen

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

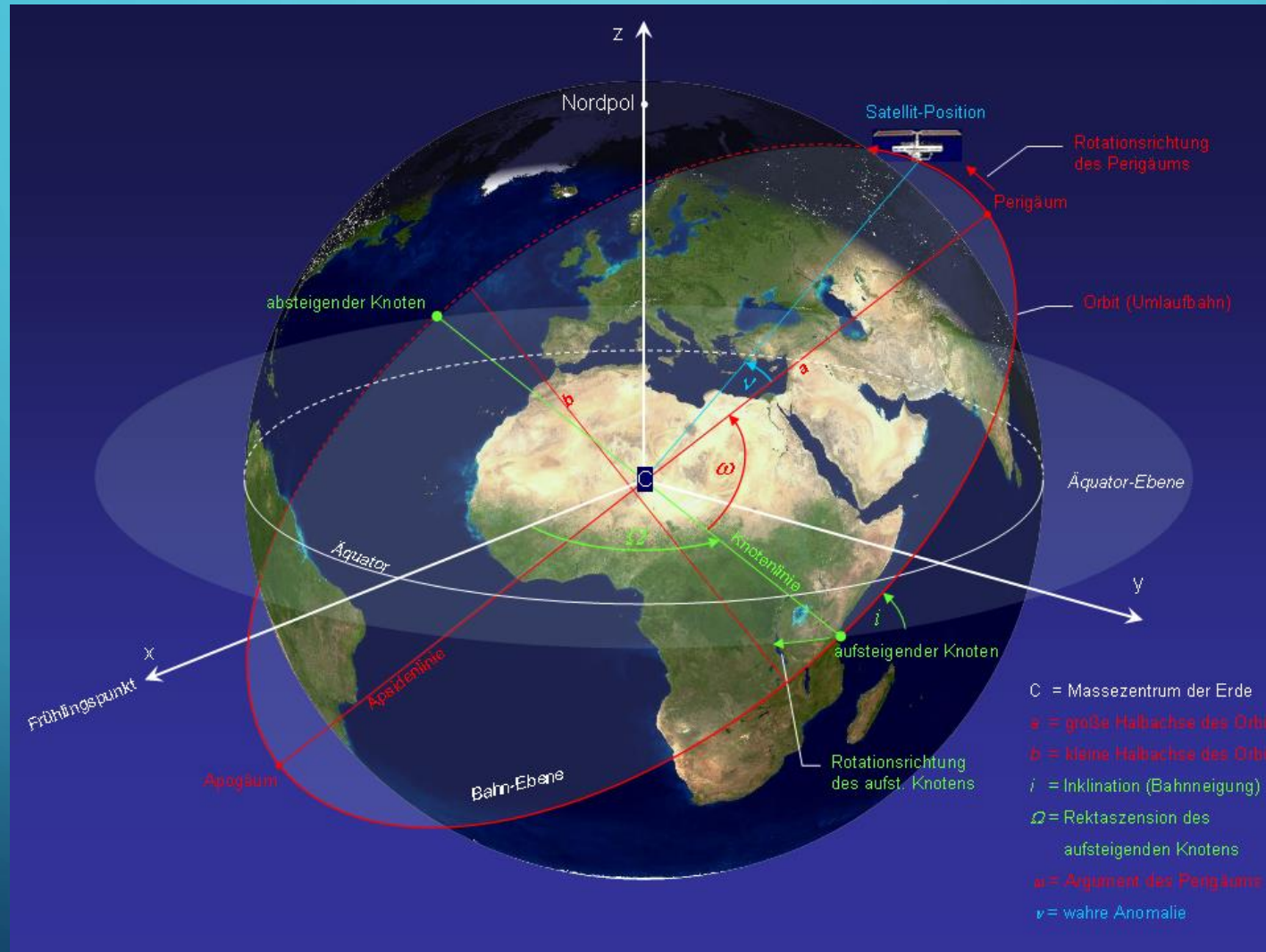
KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE

Für die Bahnbestimmung sind sechs dieser Bahnelemente notwendig. Die "klassischen" sind:

- die Große Halbachse
- die Inklination
- die numerische Exzentrizität
- der Winkel des aufsteigenden Knotens zum Frühlingspunkt (RAAN)
- das Argument des Perigäums
- die Epoche

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

KEPLER-GESETZE UND KEPLER-ELEMENTE



<https://www.wikipedia.de>

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

BAHNSTÖRUNGEN

Satelliten erfahren Bahnstörungen, hervorgerufen unter anderem durch

- das unregelmäßige Gravitationsfeld der Erde
- die Anziehungskraft des Mondes
- den Strahlungsdruck des Sonnenwindes
- die Bremswirkung der oberen Erdatmosphäre und des Erdmagnetfeldes

Drehung der Bahnellipse um bis zu mehrere Grad pro Tag

Drift geostationärer Satelliten

Endliche Verweildauer von Satelliten auf niedrigen Orbits



Hinzu kommen gewollte Bahnänderungen, sogenannte Kurskorrekturen, z.B. bei Raumstationen und Beobachtungssatelliten

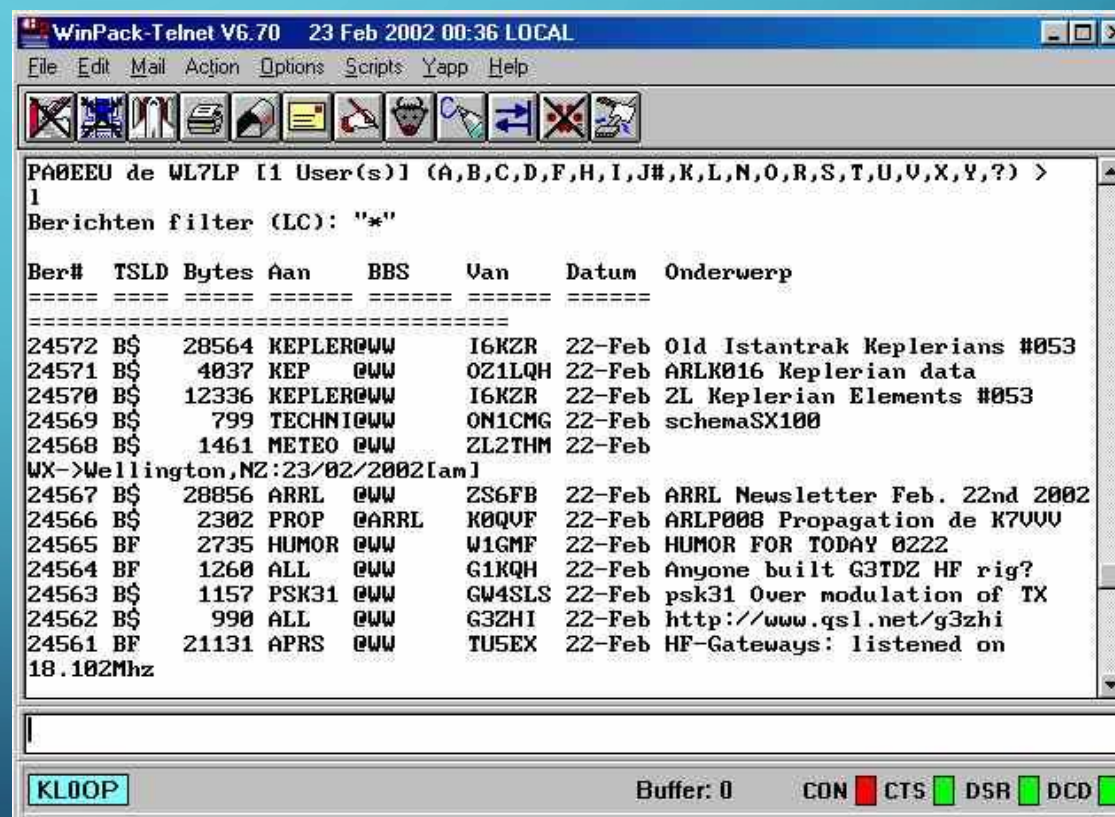
GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

QUELLEN FÜR KEPLER-ELEMENTE

In den 1980/90ern über Mailboxen und Packet Radio



<https://www.wikipedia.de>

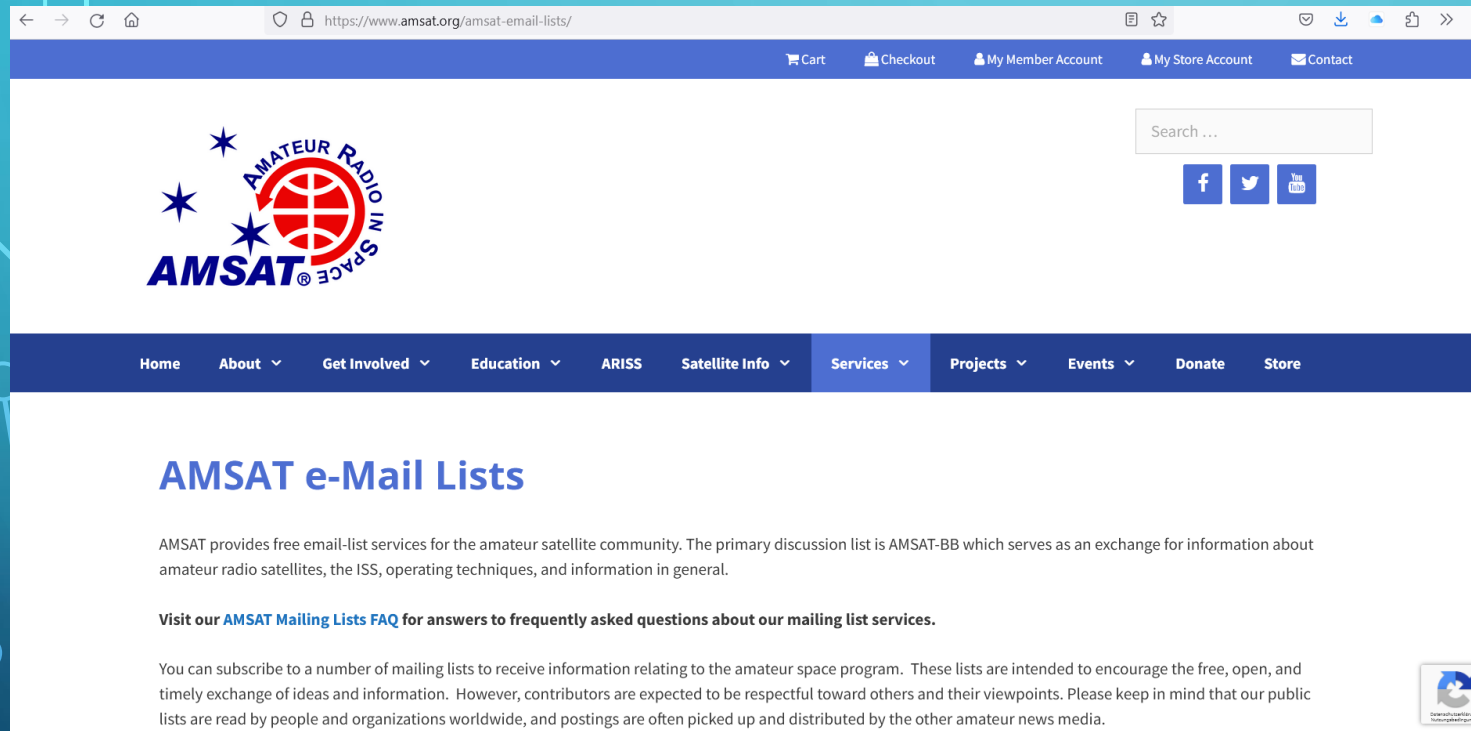


<https://eeuwen.home.xs4all.nl>

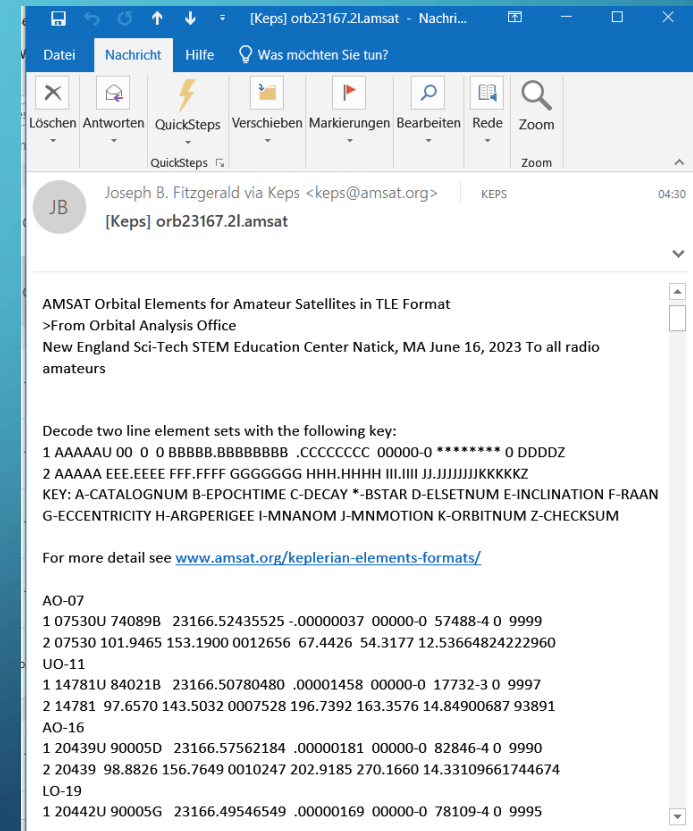
GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

QUELLEN FÜR KEPLER-ELEMENTE

Seit den 2000ern bis heute per Email/Mailinglist



<https://www.amsat.org/amsat-email-lists/>



keps@amsat.org

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

QUELLEN FÜR KEPLER-ELEMENTE

Space-Track

<https://space-track.org/>

Quelle für Satellitenbahndaten

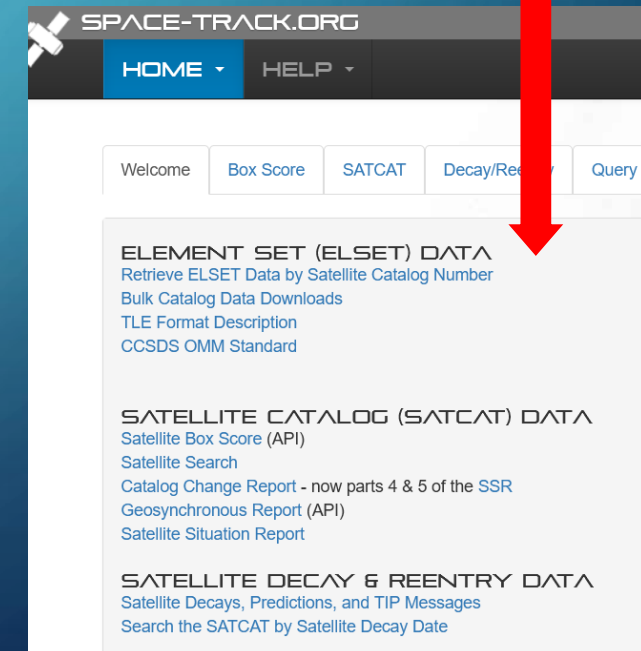
NORAD North American Aerospace Defense Command

USAFSC United States Air Force Space Command

Registrierung als Ham Radio Operator notwendig

Organization / Interests

Organization	DARC Deutscher Amateur Radio Club
Interests	Government (US) Government (non-US) Military (US) Military (non-US) Spacecraft Owner/Operator



GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG

QUELLEN FÜR KEPLER-ELEMENTE

Celestrak Homepage

<http://celestrak.org/>

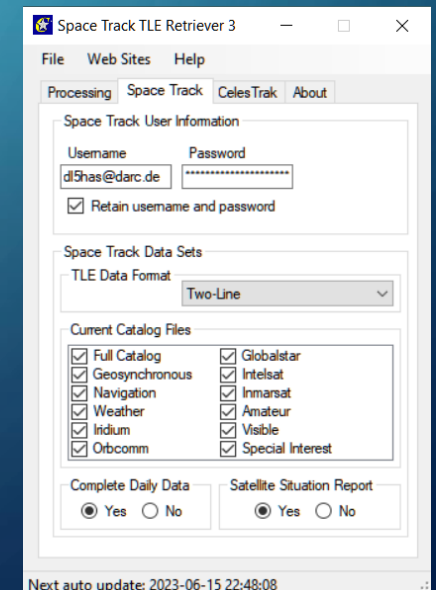
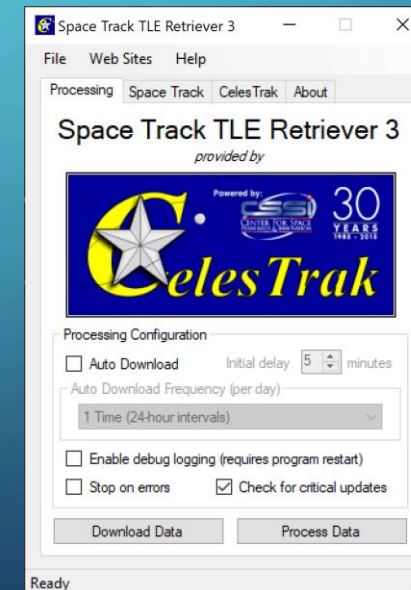


Dr. T.S. Kelso

Space Track TLE Retriever

<http://celestrak.org/SpaceTrack/TLERetriever3Help.php>

Registrierung bei Space-Track notwendig



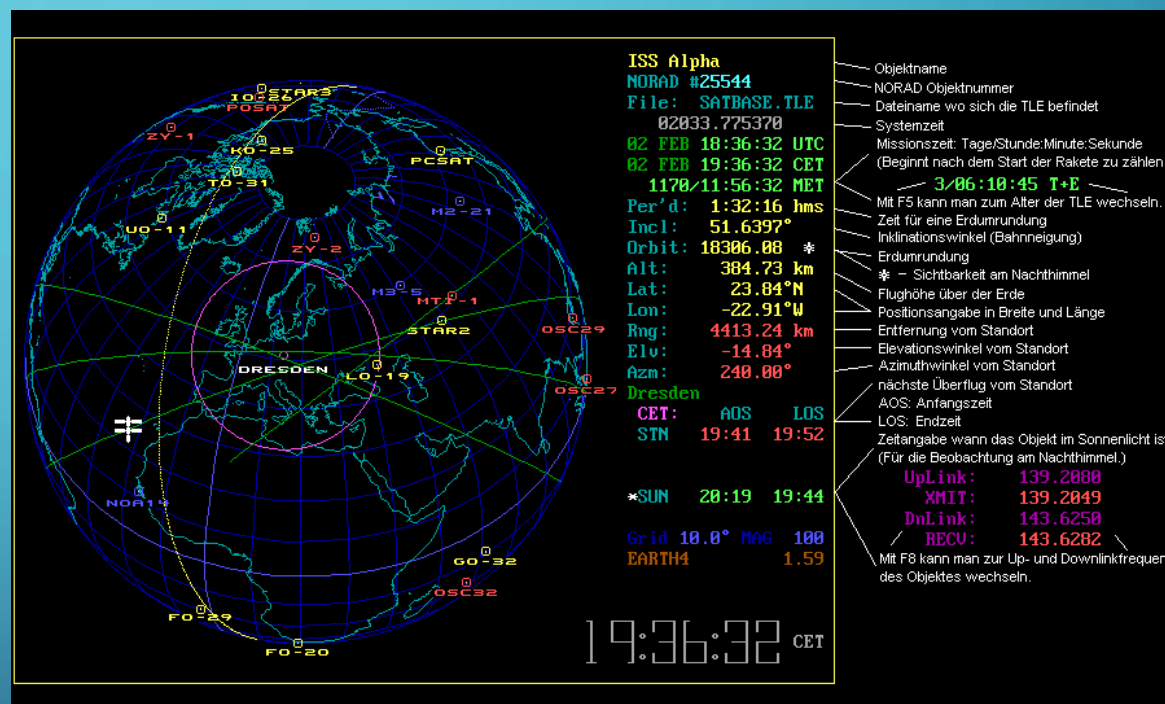
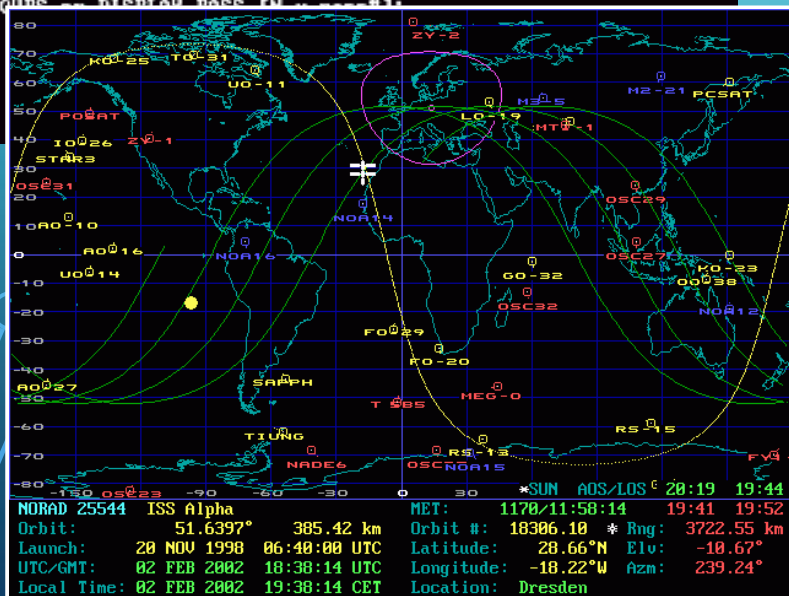
GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

Der Klassiker: STS Orbit Plus (STSPLUS) für MS-DOS

STSPLUS Pass Predictions: All passes

#	CET	Date & Time	Azn	CET Time	Alt	Azn	CET Time	Azn	Duration	U
1	02 FEB 02	18:07:10	192.7°	18:11:22	11°	137.8°	18:15:37	82.6°	0:08:27	W
2	02 FEB 02	19:41:40	235.0°	19:46:54	46°	155.0°	19:52:02	75.5°	0:10:14	W
3	02 FEB 02	21:17:45	265.8°	21:22:57	80°	354.2°	21:28:11	84.5°	0:10:26	W
4	02 FEB 02	22:53:56	282.0°	22:59:08	78°	197.1°	23:04:21	100.0°	0:10:25	W
5	03 FEB 02	00:30:05	283.2°	00:34:58	23°	213.7°	00:39:50	144.3°	0:09:45	W
6	03 FEB 02	02:07:25	262.6°	02:10:08	3°	230.7°	02:12:49	199.3°	0:05:24	W
7	03 FEB 02	17:10:59	172.0°	17:14:16	5°	132.0°	17:17:37	91.4°	0:06:38	W
8	03 FEB 02	18:44:36	222.3°	18:49:33	29°	149.4°	18:54:32	76.0°	0:09:56	W
9	03 FEB 02	20:20:15	256.7°	20:25:27	87°	169.1°	20:30:39	77.6°	0:10:24	W
10	03 FEB 02	21:56:25	277.9°	22:01:38	84°	11.1°	22:06:51	98.2°	0:10:26	W
11	03 FEB 02	23:32:31	204.5°	23:37:37	37°	207.0°	23:42:41	130.1°	0:10:10	W
12	04 FEB 02	01:09:06	274.1°	01:13:02	8°	224.9°	01:16:55	175.9°	0:07:49	W
13	04 FEB 02	16:16:03	138.3°	16:17:07	1°	126.2°	16:18:15	113.3°	0:02:12	W

Elapsed time = 2.5 seconds. Next test at 04 FEB 02 19:45:29
Repeat for NEXT 40 HOURS

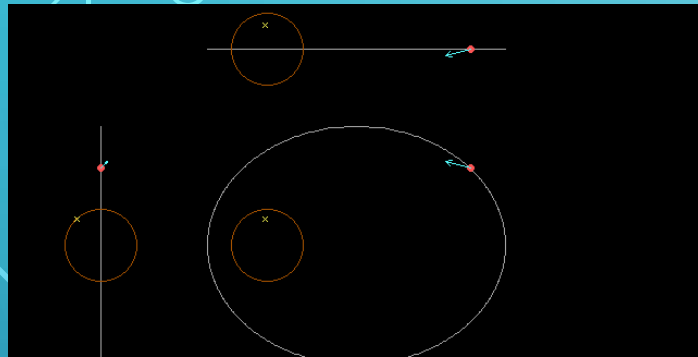


<https://celestrak.org/software/dransom/stsplus.html>

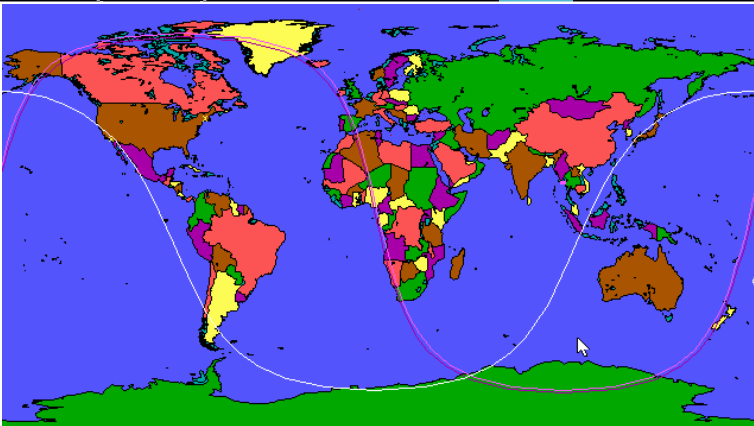
<https://www.dosbox.com> MS-DOS x86 Emulator !!!

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

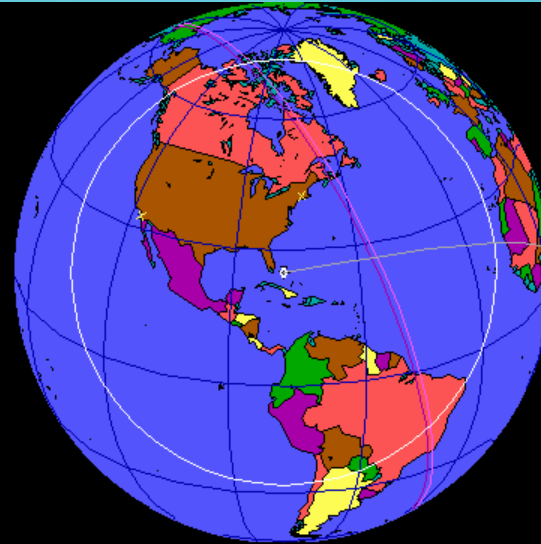
Noch ein Klassiker: Instant Track für MS-DOS



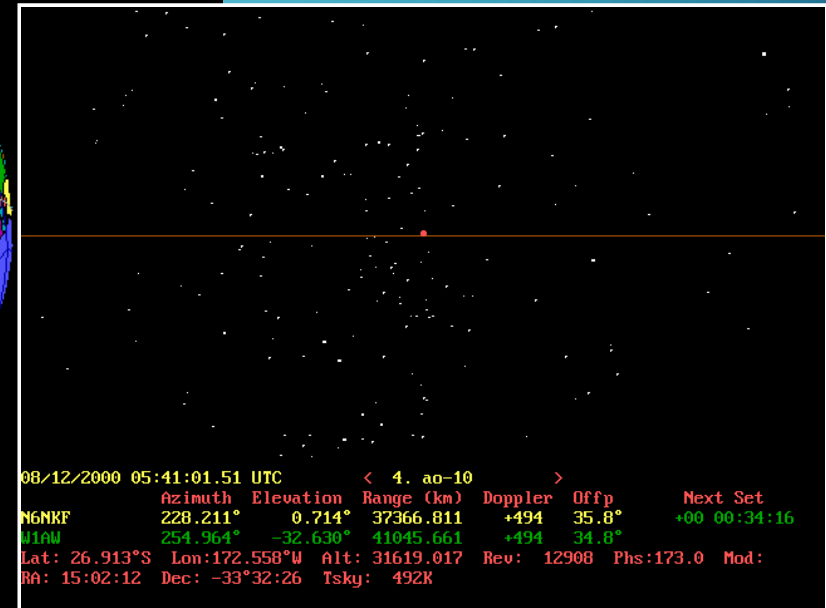
08/12/2000 05:40:08.06
Azimuth
228.186°
Elevation
254.939°
Lat: 26.922°S Lon:172
589.3 km ENE of Ra



08/12/2000 05:37:14.88 UTC < 4. ao-10 >
Azimuth Elevation Range (km) Doppler Offp Next Set
N6NKF 228.103° 0.831° 37592.472 +475 +00 00:37:56
W1AW 254.859° -32.516° 41271.724 +476
Lat: 26.947°S Lon:172.429°W Alt: 31854.358 Rev: 12908 Phs:171.7 Mod:
596.8 km ENE of Raoul Island, Kermadec Islands



08/12/2000 05:41:01.51 UTC < 4. ao-10 >
Azimuth Elevation Range (km) Doppler Offp Next Set
N6NKF 228.211° 0.714° 37366.811 +494 35.8° +00 00:34:16
W1AW 254.964° -32.630° 41045.661 +494 34.8°
Lat: 26.913°S Lon:172.558°W Alt: 31619.017 Rev: 12908 Phs:173.0 Mod:
RA: 15:02:12 Dec: -33°32:26 Tsky: 492K
on: 78.034°W Alt: 4026.711 Rev: 12908 Phs:255.3 Mod:
of Nassau, Bahamas

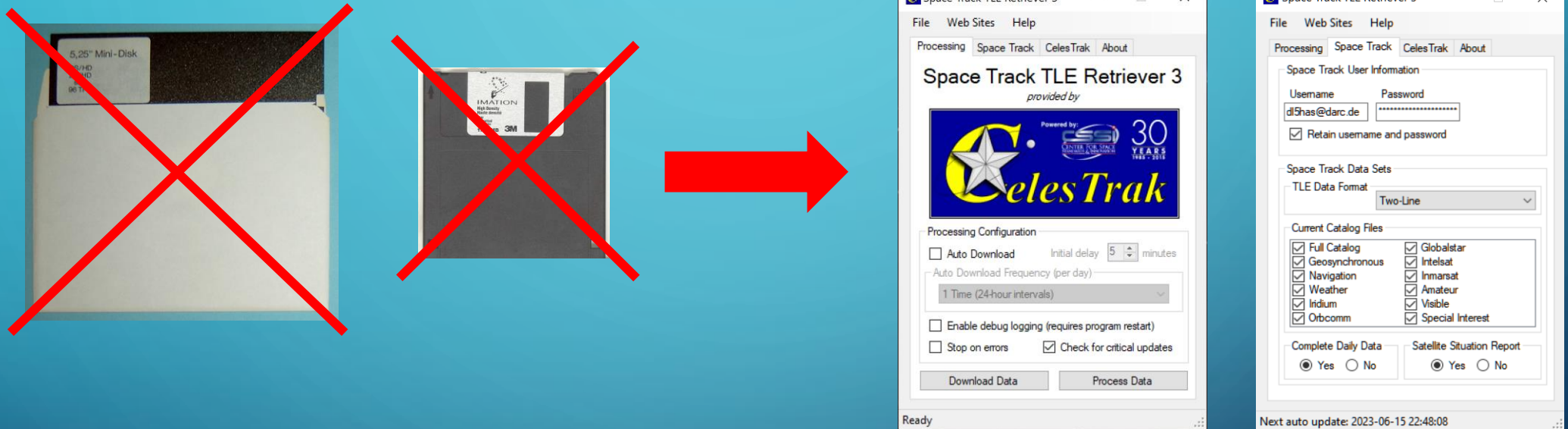


<https://www.mustbeart.com/software/it/>

<https://www.dosbox.com> MS-DOS x86 Emulator !!!

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

Bahndaten für STSPLUS und Instant Track

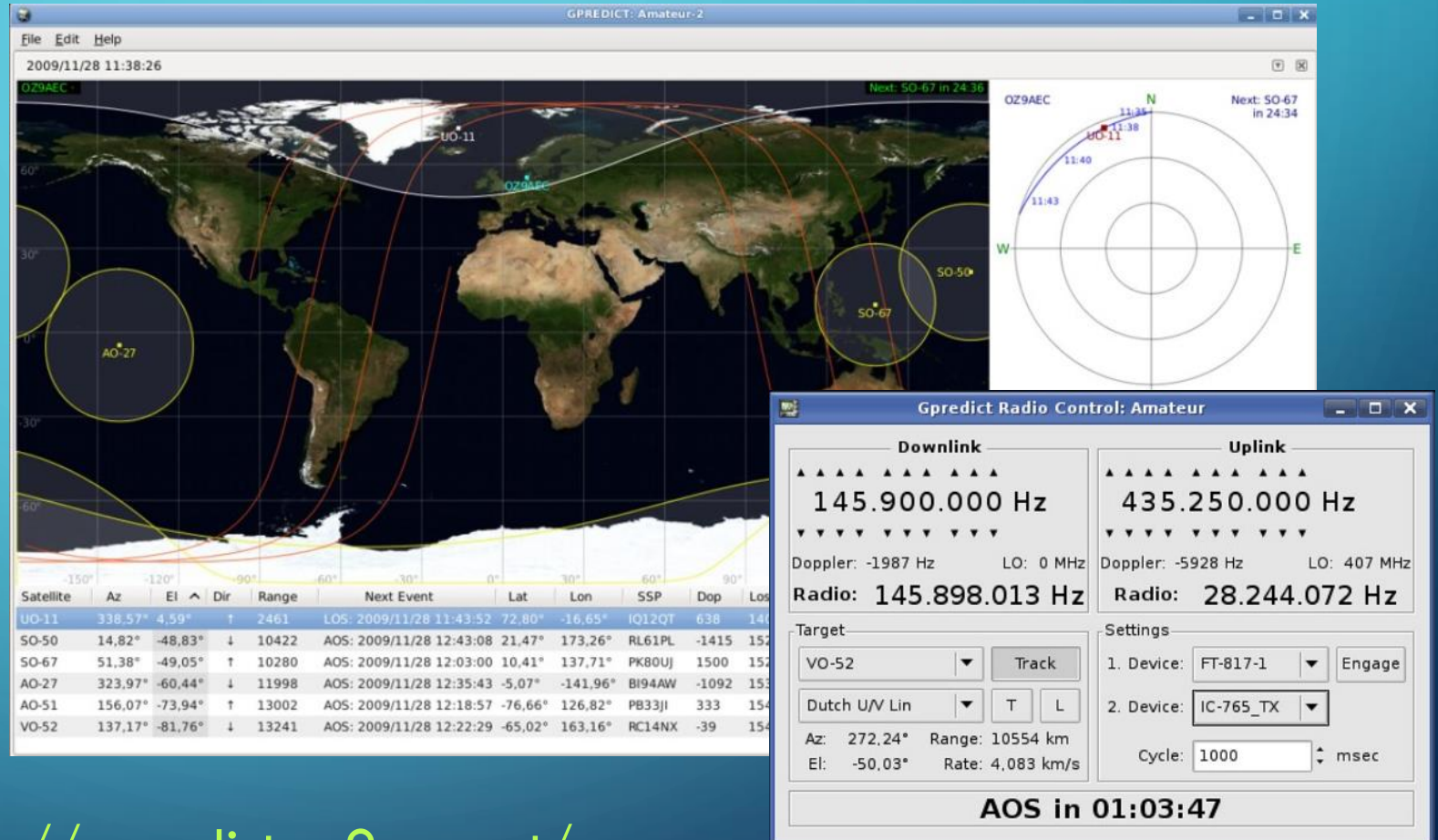


Voraussetzung: STSPLUS oder Instant Track läuft in DOSBOX auf Windows-PC
TLE Retriever läuft auf dem gleichen PC oder auf einem Netzwerk-Server und schreibt die Bahndaten in das Bahndaten-Verzeichnis des MS-DOS Programms

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

GPREDICT für

- Windows
- Linux
- MacOS
- Open Source !

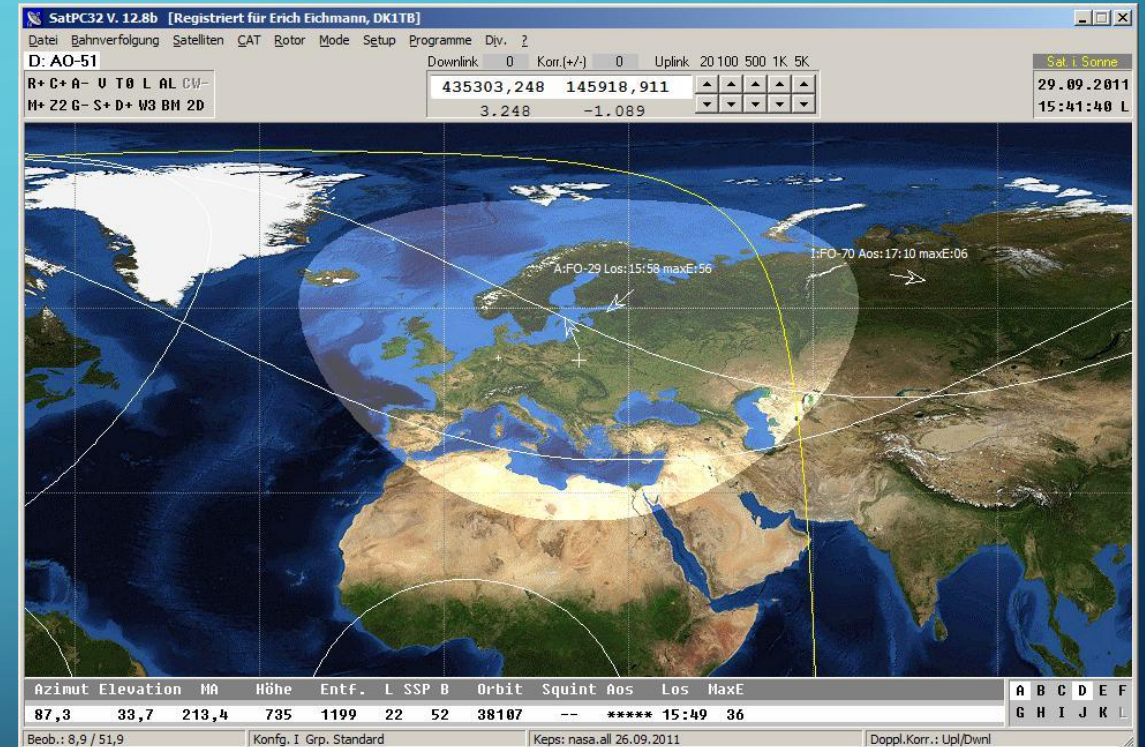
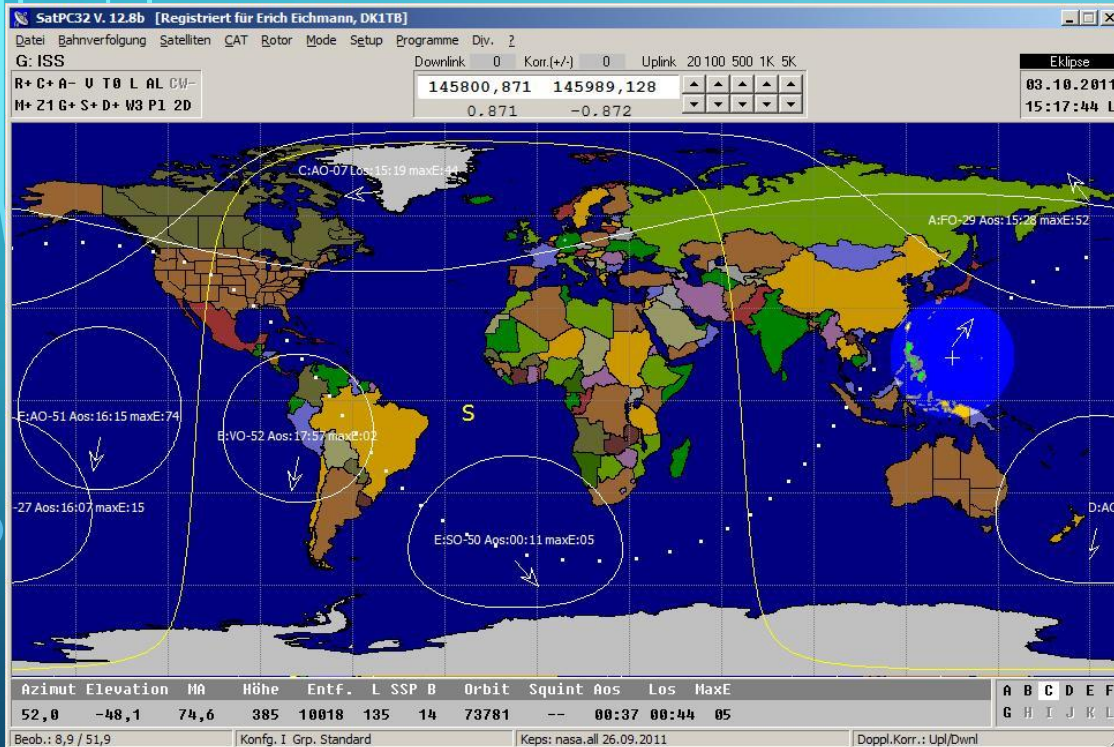


<http://http://gpredict.oz9aec.net/>

<https://sourceforge.net/projects/gpredict/files/Gpredict/>

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

Der Quasi-Standard: SatPC32 von DK1TB

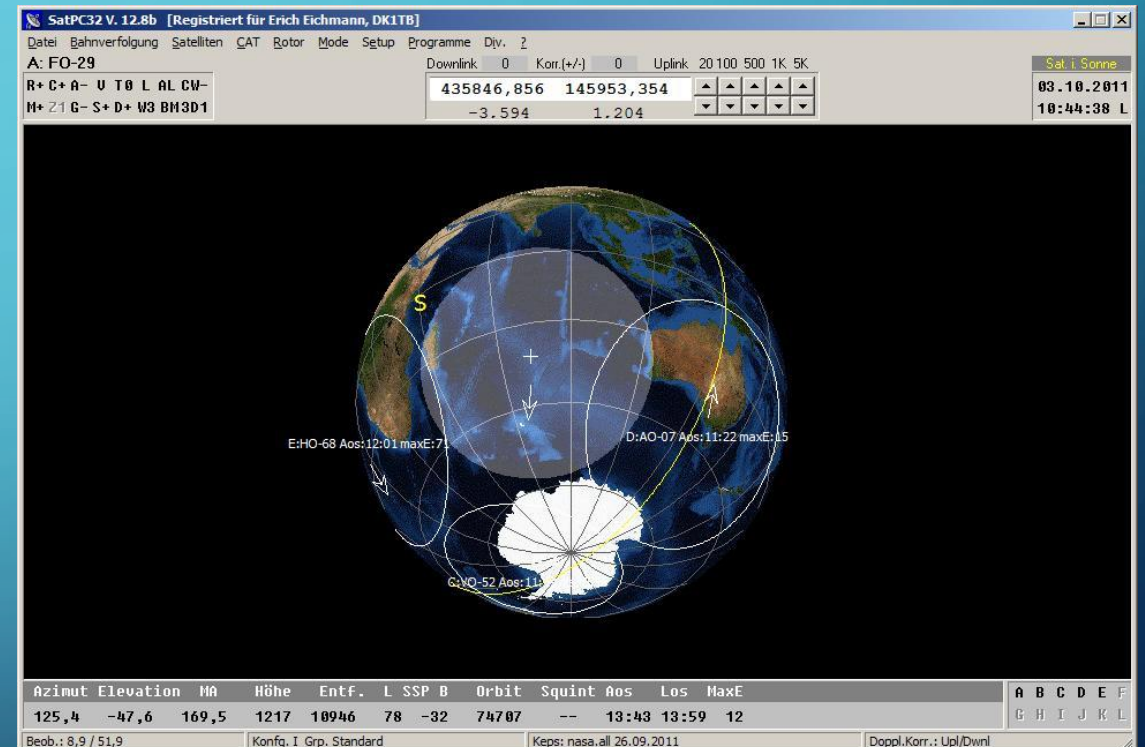
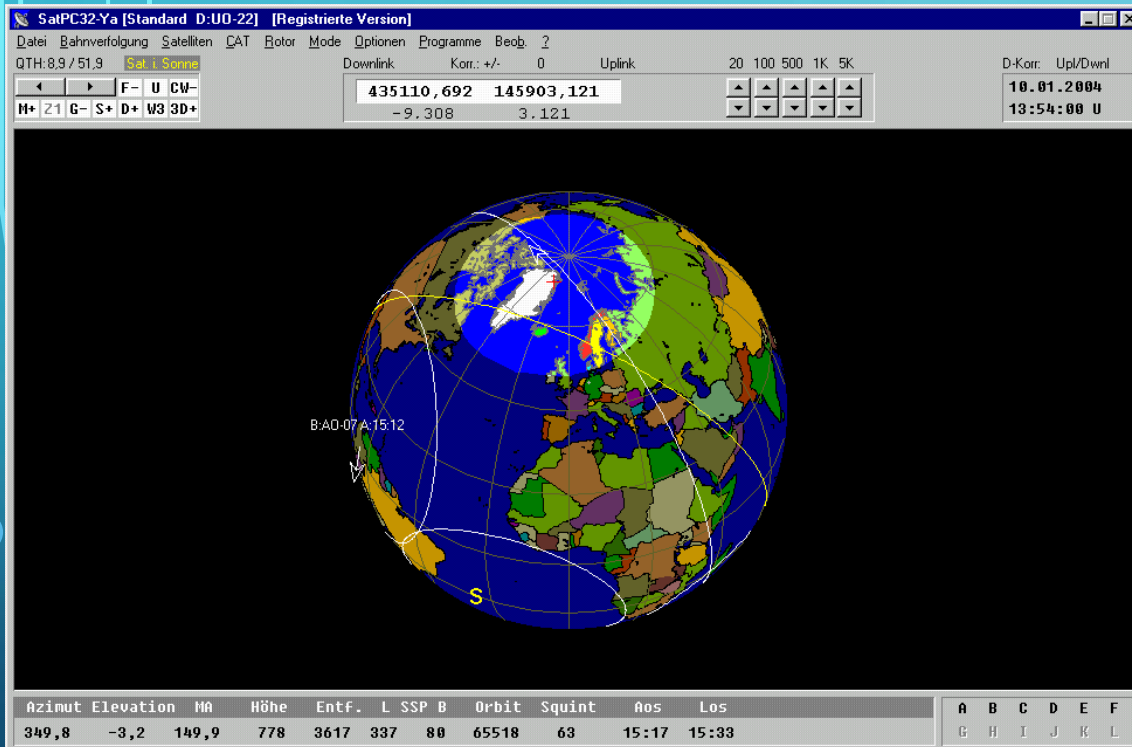


<http://www.dk1tb.de>

Homepage von Erich Eichmann, DK1TB

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

Der Quasi-Standard: SatPC32 von DK1TB



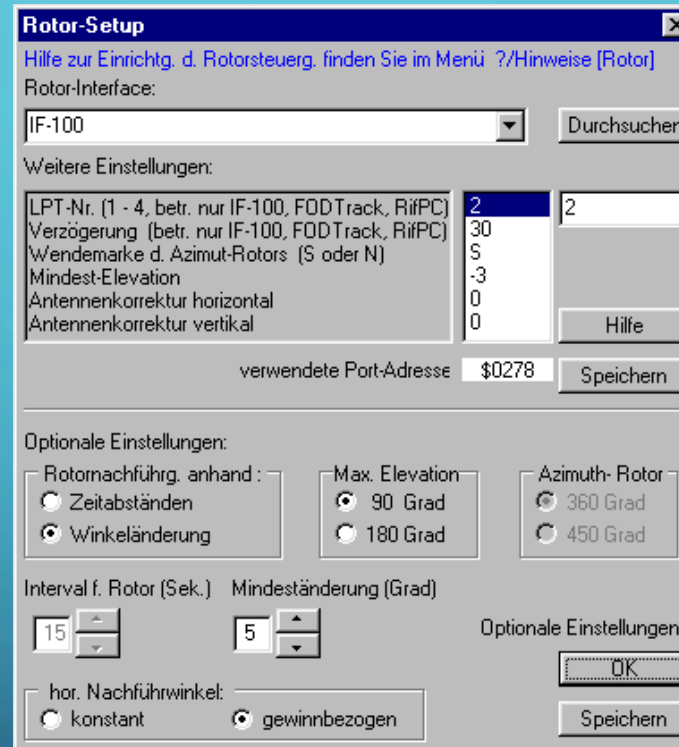
<http://www.dk1tb.de>

Homepage von Erich Eichmann, DK1TB

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

Der Quasi-Standard: SatPC32 von DK1TB

- Testversion frei mit kleiner Einschränkung
- Vollversion 40€ zugunsten von AMSAT
- Lizenzschlüssel bei AMSAT-DL



Rotor-Setup

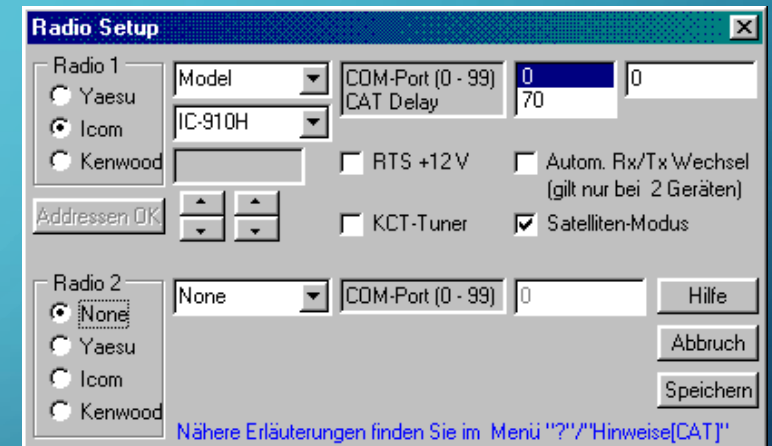
Hilfe zur Einrichtg. d. Rotorsteuerg. finden Sie im Menü ?/Hinweise [Rotor]

Rotor-Interface:
IF-100 [Dropdown] [Durchsuchen]

Weitere Einstellungen:
LPT-Nr. (1 - 4, betr. nur IF-100, FODTrack, RiPC) 2 [Dropdown] 2 [Text]
Verzögerung (betr. nur IF-100, FODTrack, RiPC) 30 [Text]
Wendemarke d. Azimut-Rotors (S oder N) S [Text]
Mindest-Elevation -3 [Text]
Antennenkorrektur horizontal 0 [Text]
Antennenkorrektur vertikal 0 [Text] [Hilfe]

verwendete Port-Adresse \$0278 [Speichern]

Optionale Einstellungen:
Rotornachführg. anhand:
☐ Zeitabständen
☒ Winkeländerung
Max. Elevation:
☒ 90 Grad
☐ 180 Grad
Azimuth- Rotor:
☒ 360 Grad
☐ 450 Grad
Interval f. Rotor (Sek.) 15 [Text]
Mindeständerung (Grad) 5 [Text]
Optional Einstellungen: [OK]
hor. Nachführwinkel:
☐ konstant
☒ gewinnbezogen
[Speichern]

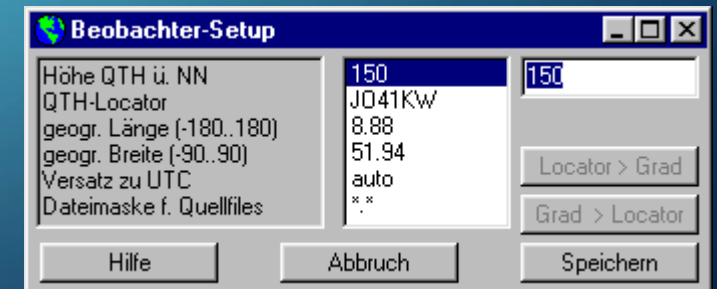


Radio Setup

Radio 1
☐ Yaesu
☒ Icom
☐ Kenwood
Model [Dropdown] IC-910H [Dropdown]
COM-Port (0 - 99) 0 [Text]
CAT Delay 70 [Text]
☐ RTS +12V
☐ Autom. Rx/Tx Wechsel (gilt nur bei 2 Geräten)
☐ KCT-Tuner
☒ Satelliten-Modus
[Adressen OK] [Hilfe] [Abbruch] [Speichern]

Radio 2
☒ None
☐ Yaesu
☐ Icom
☐ Kenwood
None [Dropdown]
COM-Port (0 - 99) 0 [Text]
[Hilfe] [Abbruch] [Speichern]

Nähere Erläuterungen finden Sie im Menü "?"/"Hinweise[CAT]"



Beobachter-Setup

Höhe QTH ü. NN 150 [Text]
QTH-Locator JQ41KW [Text]
geogr. Länge (-180..180) 8.88 [Text]
geogr. Breite (-90..90) 51.94 [Text]
Versatz zu UTC auto [Text]
Dateimaske f. Quellfiles *. * [Text]
[Hilfe] [Abbruch] [Speichern]



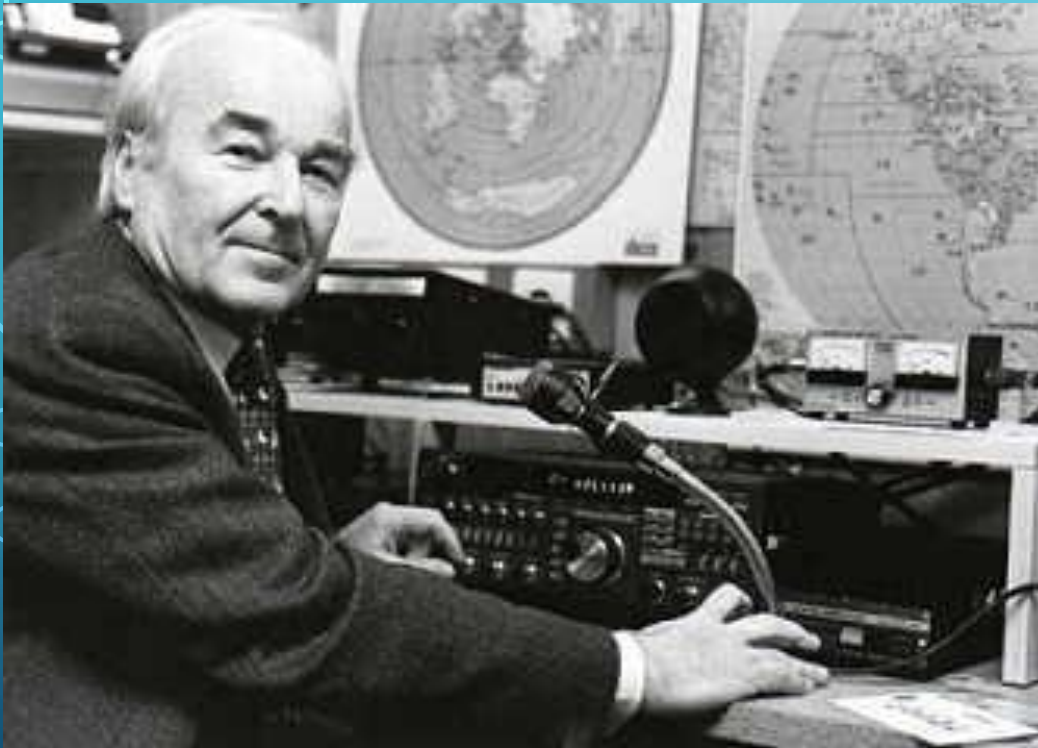
<https://shop.amsat-dl.org/produkt/satpc32/>



STEFAN BURMEISTER - DL5HAS - OV SCHARBEUTZ E35
OV AHRENSBURG/GROßHANS DORF E09 - "QTC AN DER SEE" 9. SEPTEMBER 2023

GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG SOFTWARE

Der Quasi-Standard: SatPC32 von DK1TB



<http://www.dk1tb.de>

Homepage von Erich Eichmann, DK1TB

DAS SARCTRAC PROJEKT

<http://www.aatis.de>

Deutschland



AATiSe.V.

Arbeitskreis Amateurfunk und Telekommunikation in der Schule e.V.



School Amateur Radio Club Network

Home About News Schools Activities Missions Workshops Projects Products Events Forums
Satellites Awards PTOTA FAQ Links Gallery Site Map

Projects	MTG004 High Altitude Balloon	SARC1 High Altitude Balloon
HF Tracker	FT-817 Speech Synthesizer	Rotator Mk1
Rotator Mk2	SARCTRAC	SDR Monitor
SDR Receiver	SDR Transceiver	AIS Receiver
Portable Radio Terminal	ARDF Telemetry Unit	APRS For HF
Radio Server	SARCBOT1	SARCBOT2
USB Rig Interface	The Enigma Project	Loop Antenna
Inverted V Antenna	QSO Map	CTCSS Encoder
Current Projects		

SARCTRAC Mk1 Project

SARCTRAC Mk2 Project

SARCTRAC Mk3 Project

SARCTRAC Product

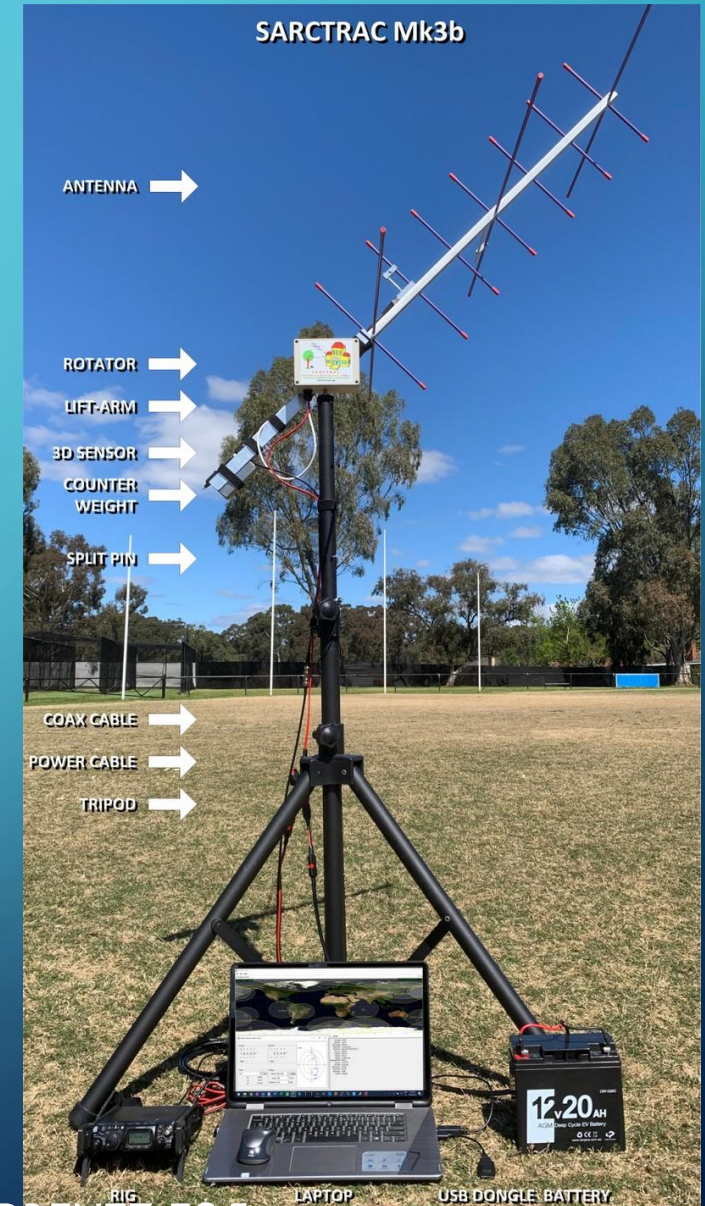
<http://www.sarcnet.org/>

Australien

VK3SRC

STEFAN BURMEISTER - DL5HAS - OV SCHARBEUTZ E35

OV AHRENSBURG/GROßHANS DORF E09 - "QTC AN DER SEE" 9. SEPTEMBER 2023



DAS SARCTRAC PROJEKT

Satellite
Antenna
Rotator
Controller and
TRACKer

SARCTRAC Mk3

By

The School
Amateur Radio Club Network
www.sarcnet.org.au



GRUNDLAGEN DER SATELLITENBAHNBERECHNUNG LINKS UND QUELLENANGABEN

<https://amsat-dl.org/>

AMSAT Deutschland

<https://www.amsat.org/>

AMSAT USA

<http://www.qslnet.de/member1/dc9zp/>

Manfred Maday, DC9ZP

„Funkbetrieb über Satelliten - Tipps, Berechnungen und Software für den Satellitennutzer“ (pdf, Eigenverlag)

„Amateurfunksatelliten, Berechnungen und Software für den Funkamateure“ (pdf, Eigenverlag)

„Grundlagen und Software für die Bahnberechnung von Satelliten“ (beam-Verlag)



STEFAN BURMEISTER - DL5HAS - OV SCHARBEUTZ E35

OV AHRENSBURG/GROßHANS DORF E09 - "QTC AN DER SEE" 9. SEPTEMBER 2023