

ETH Zürich/AMIV
26.11.2014

Achim Vollhardt (DH2VA),
für das AMSAT-DL/Sternwarte Bochum Team



Überblick

- Wer ist AMSAT-DL?
- AMSAT-DL und Sternwarte Bochum
- Nachweis von ISEE-3
- Kontrollübernahme und Vorbeiflug am Mond
- Aktueller Stand und Ausblick





Zu meiner Person

- Jahrgang 1976
- Physiker an der Uni Zürich
- Funkamateur seit 1992 (DH2VA)
(seit 2000 HB9DUN)
- AMSAT-DL Mitglied seit 1998
- Vorstandsmitglied 2007-2011
- AMSAT-DL Projekte:
 - Deep Space Empfang seit 2006
 - Voyager-1 Empfang 2006
 - Radarechos von der Venus 2009





Wer ist die AMSAT-DL?

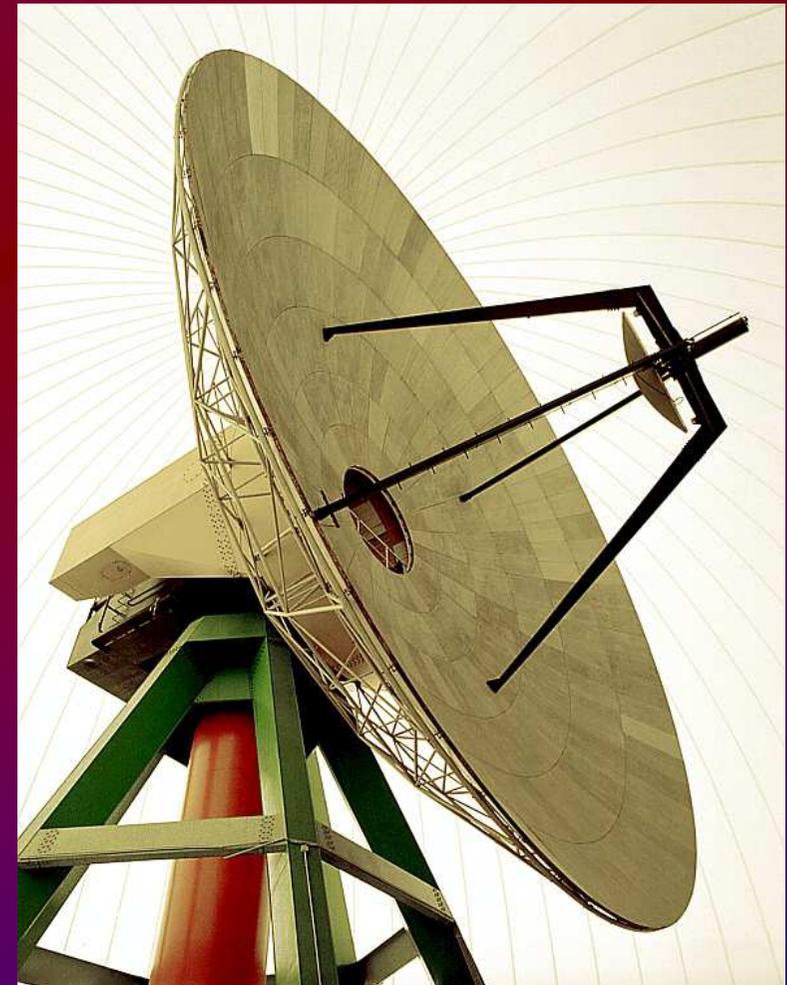
- AMSAT-DL ist ein Zusammenschluß von engagierten Ingenieuren, Technikern, Wissenschaftlern, Studenten, Funkamateuren und Raumfahrtenthusiasten.
- Sie planen, entwickeln, bauen, betreiben und nutzen in Ihrer Freizeit Satelliten.
- Satellitenprojekte von der Planung über die Entwicklung und den Bau bis hin zum operativen Betrieb
- "Open Source"-Prinzip
- ca. 500 Mitglieder in Deutschland, weitere nationale AMSAT Organisationen (AMSAT-NA, AMSAT-UK, AMSAT-JA,...)





Sternwarte Bochum und die 20m Parabolantenne

Baujahr 1967





Aktuell: Februar 2014

From Geoff★ Reply Reply All Forward Archive Junk Delete

Subject [amateur-DSN] ISEE-3 07.02.2014 23:59

To amateur-DSN@yahogroups.com★ Other Actions

Hi guys,

Has anyone been looking at this? can anyone do anything with it? Sadly I can not for the foreseeable future ;-).

From Emily Lakdawalla of The Planetary Society:

"So ISEE-3 will pass by us, ready to talk with us, but in the 30 years since it departed Earth we've lost the ability to speak its language. I wonder if ham radio operators will be able to pick up its carrier signal -- it's meaningless, I guess, but it feels like an honorable thing to do, a kind of salute to the venerable ship as it passes by."

<http://www.planetary.org/blogs/emily-lakdawalla/2014/02070836-isee-3.html>

Cheers,

Geoff.



ICE/ISEE-3 to return to an Earth no longer capable of speaking to it

Posted by [Emily Lakdawalla](#)

2014/02/07 16:47 UTC

Analyse des NASA GSFC Teams (4.Feb.):

signal, but can we speak to the spacecraft? Can we tell the spacecraft to turn back on its thrusters and science instruments after decades of silence and perform the intricate ballet needed to send it back to where it can again monitor the Sun? The answer to that question appears to be no.

The transmitters of the Deep Space Network, the hardware to send signals out to the fleet of NASA spacecraft in deep space, no longer includes the equipment needed to talk to ISEE-3. These old-fashioned transmitters were removed in 1999. Could new transmitters be built? Yes, but it would be at a price no one is willing to spend. And we need to use the DSN because no other network of antennas in the US has the sensitivity to detect and transmit signals to the spacecraft at such a distance.

This effort has always been risky with a low probability of success and a near-zero budget. It is thanks to a small and dedicated group of scientists and engineers that we were able to get as far as we have. Thank you all very much.

<http://www.planetary.org/blogs/emily-lakdawalla/2014/02070836-isee-3.html>



ICE/ISEE-3 to return to an Earth
no longer capable of speaking to
it

Posted by [Emily Lakdawalla](#)

2014/02/07 16:47 UTC

conclusion from Emily Lakdawalla:

So ISEE-3 will pass by us, ready to talk with us, but in the 30 years since it departed Earth we've lost the ability to speak its language. I wonder if ham radio operators will be able to pick up its carrier signal -- it's meaningless, I guess, but it feels like an honorable thing to do, a kind of salute to the venerable ship as it passes by.

<http://www.planetary.org/blogs/emily-lakdawalla/2014/02070836-isee-3.html>



Raumsonde ISEE-3



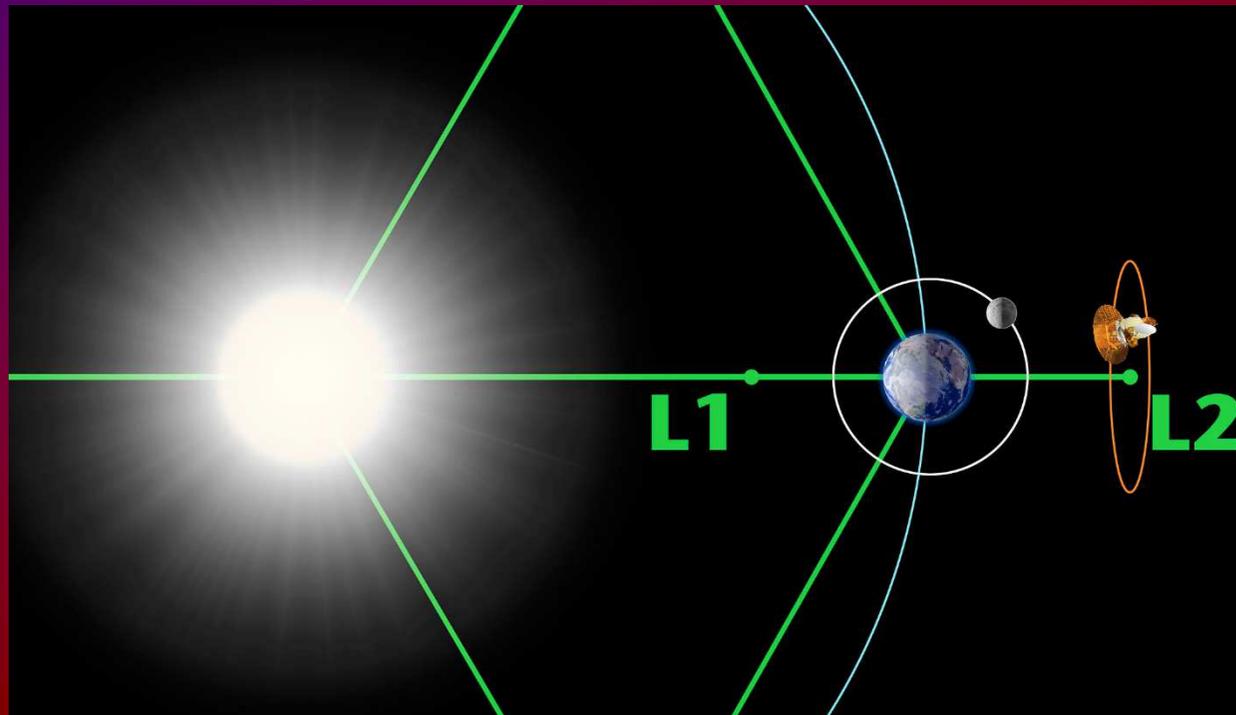
International Sun-Earth Explorer
Messung der Wechselwirkung
zwischen der Sonne und dem
Erdmagnetfeld

ISEE-A/B (ISEE-1/2):
760 x 138000 km Orbit

ISEE-C (ISEE-3):
erste Mission zum Lagrange
Punkt L1



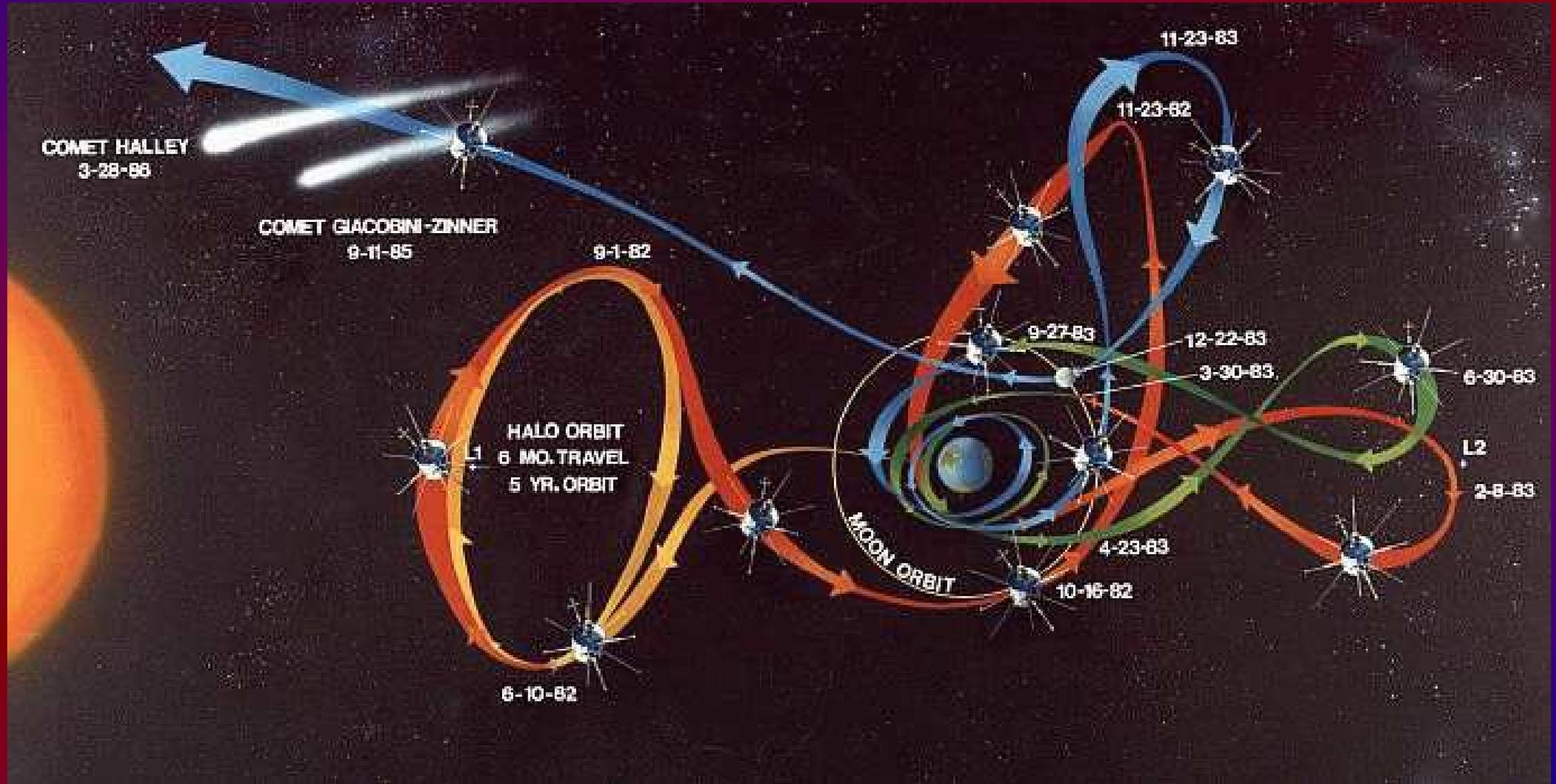
Lagrange Punkt L1



- L1 ca. 1.5 Mill. km Richtung Sonne
- Halo Orbit um L1 ist für kontinuierliche Beobachtung der Sonne ideal
- wird aktuell von SOHO, ACE, WIND genutzt
- nicht stabil, aber mit wenig Treibstoff kann man die Position halten, oder verlassen...



von L1 via Geotail zu den Kometen





International Cometary Explorer (ICE)

- 1985: naher Vorbeiflug an Giacobini-Zinner (7800 km),
Messung des Plasma Schweifs des Kometen
- 1986: entfernter Vorbeiflug (28 Mill. km) am Halley'schen
Kometen
- 1991: Beginn der heliosphärischen Mission, Beobachtung
von Sonneneruptionen zusammen mit der Ulysses
Mission (1990-2009)



Kommunikationsverbindungen

ursprüngliche Mission war bei L1 stationiert (1.5 Mill. km)

S-Band up/downlink: low gain Antenne,

nicht für interplanetare Distanzen geeignet

2x 5 Watt, 2217.5 & 2270.4 MHz

nominell 7dBi

nominelle Bitrate: 2048 bps

Giacobini-Zinner: 1024 bps

Halley'scher Komet: 512 bps

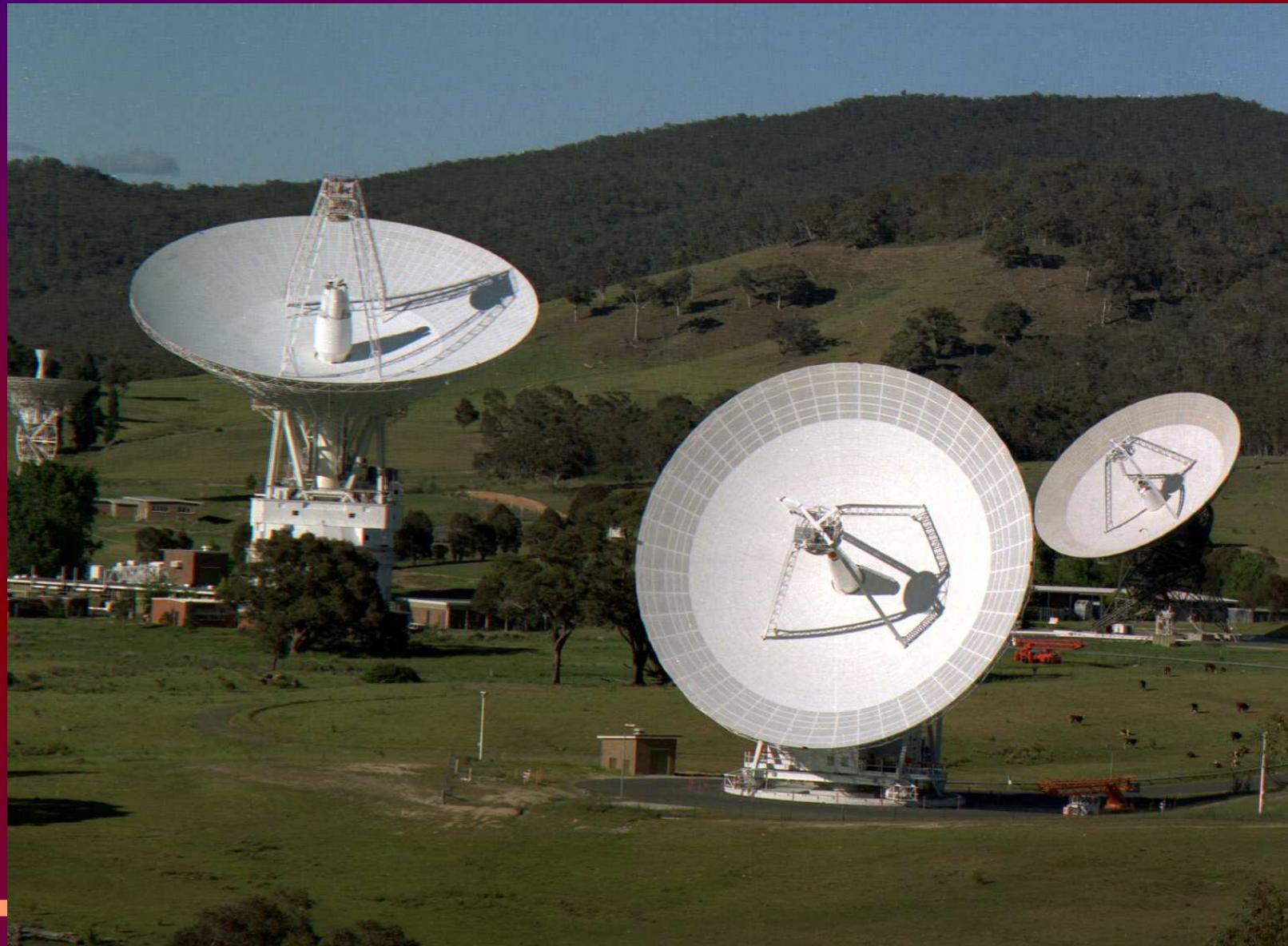
Jan 1987: 256 bps

Jan 1989: 128 bps

Dec 1991: 64 bps



NASA Deep Space Network (DSN)





Das Ende ...?

Dez 1995: Telemetrie Modulator abgeschaltet, Trägersignal bleibt für Radiotests vom JPL stehen

Mai 1997: ICE Mission wird offiziell für beendet erklärt

Sep 2008: letztes Tracking des NASA DSN,
Update der Flugbahndaten



Robert Farquhar

- Jg. 1932 aus Chicago(Illinois)
- ISEE-3 Missionsdirektor
- ebenso für NEAR, CONTOUR, MESSENGER, New Horizons

Idee: ISEE-3 aus L1 für Kometenbeobachtung umleiten

April 1986 :letzte Kurskorrektur für Rückkehrkurs Richtung Erde-Mond System.





THE BULLETIN

Pages, Five Sections

Bend, Deschutes County, Oregon, Wednesday, April 9, 1986 Copyright 1986 The Bulletin

Twenty-five Cents

No. 108

Space explorer changes course

Probe could be retrieved

WASHINGTON (UPI) — The American space probe that flew through the tail of a comet last September changed course and should swing back into orbit around Earth 28 years from now for possible retrieval by 21st century astronauts.

A series of rocket firings Mon-

day put the half-ton International Cometary Explorer on a path in its orbit around the sun that should send it whipping around the moon on Aug. 10, 2014.

"We are now targeted for the moon, but it's a long time away," said flight director Robert Farquhar at the Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md. "I'm not going to be able to wait around."

The spacecraft was maneuvered out of its original Earth orbit by swinging around the sun, and the return close encounter with the moon is expected to place the craft back into an elongated Earth orbit.

something like this," he said.

Farquhar said he expected the little spacecraft still to be working in the year 2014.

The International Cometary Explorer was 54 million miles from Earth when commands were sent from the Goddard control center to fire the craft's tiny rockets.

The probe flew through the tail of Comet Giacobini-Zinner Sept. 11 when the comet was 44 million miles from Earth. It was the first spacecraft to encounter a comet, and the probe produced the first direct evidence that comets are basically dirty snowballs, as has

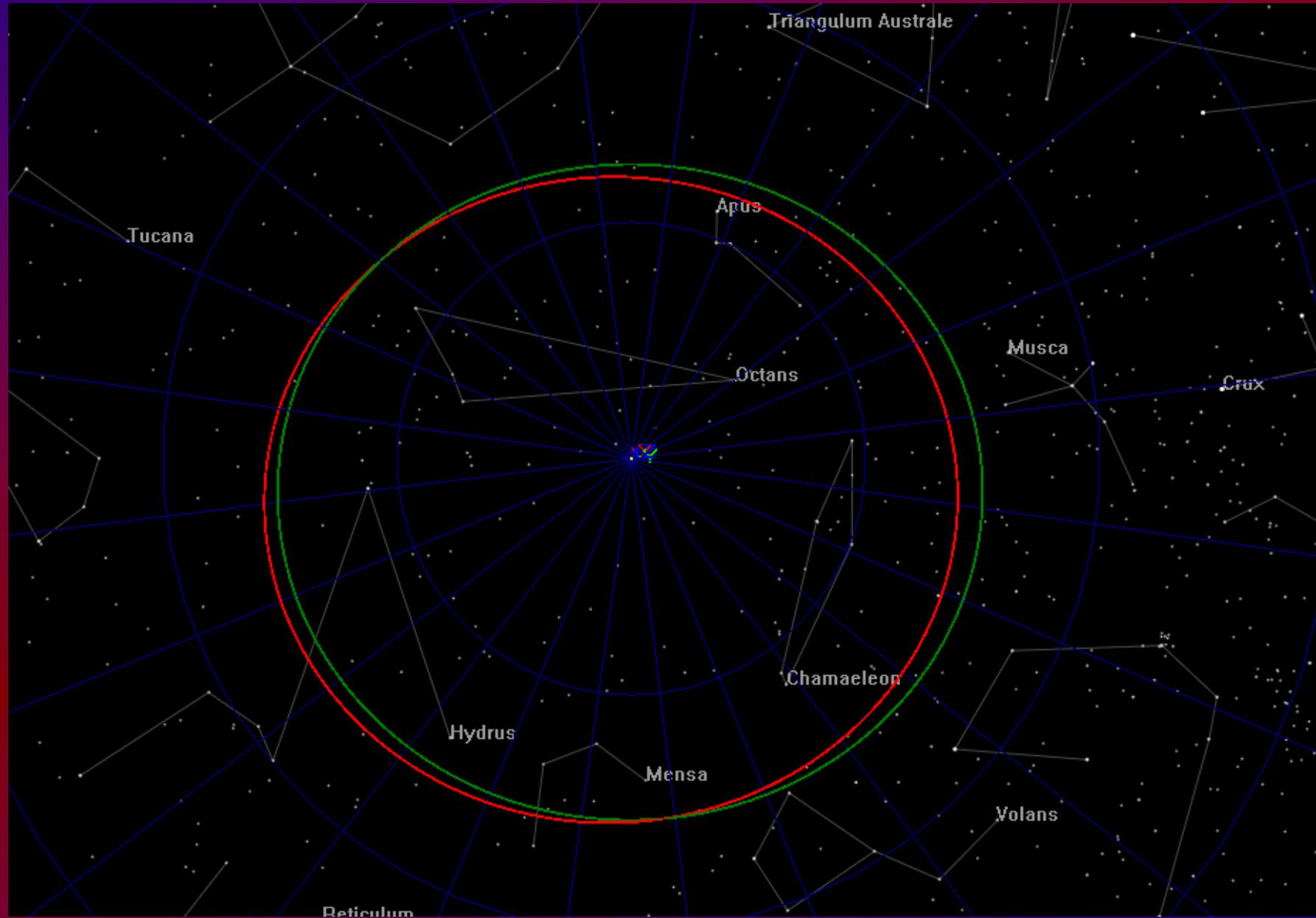


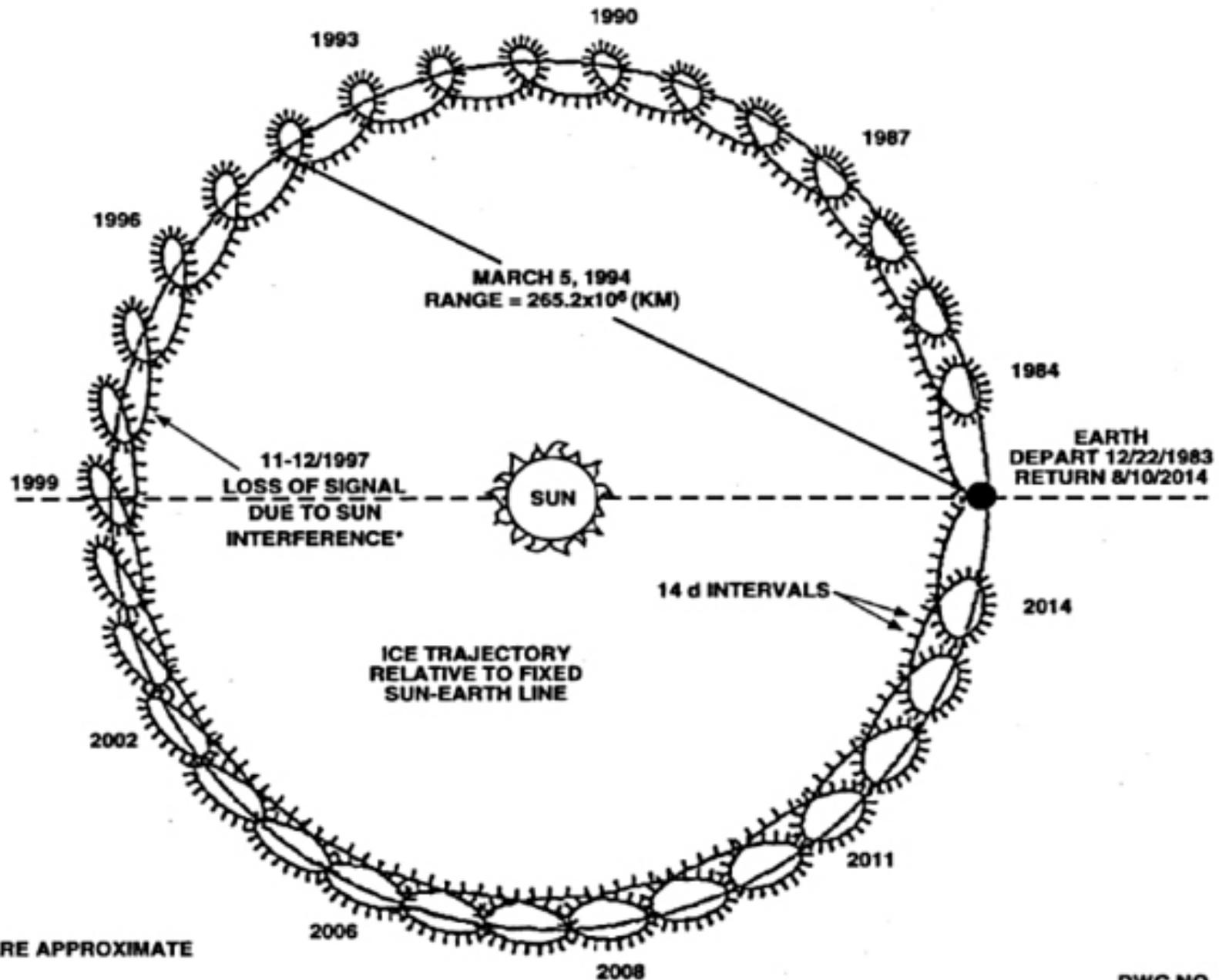
ISEE-3 Eigentum des Smithsonian Museums

Annahme (1986) :
Vorbeiflug am Mond,
Einschwenken in
einen niedrigen
Erdorbit und
Einfangen durch das
Space Shuttle und
Rückkehr



Fig. 6-24: NASA/NASM Signing Ceremony, September 11, 1986. Participants (left to right): ICE Comet Scientist, John C. Brandt, NASA Administrator, James C. Fletcher, NASA Goddard Space Flight Center Director, Noel W. Hinners, and the author.





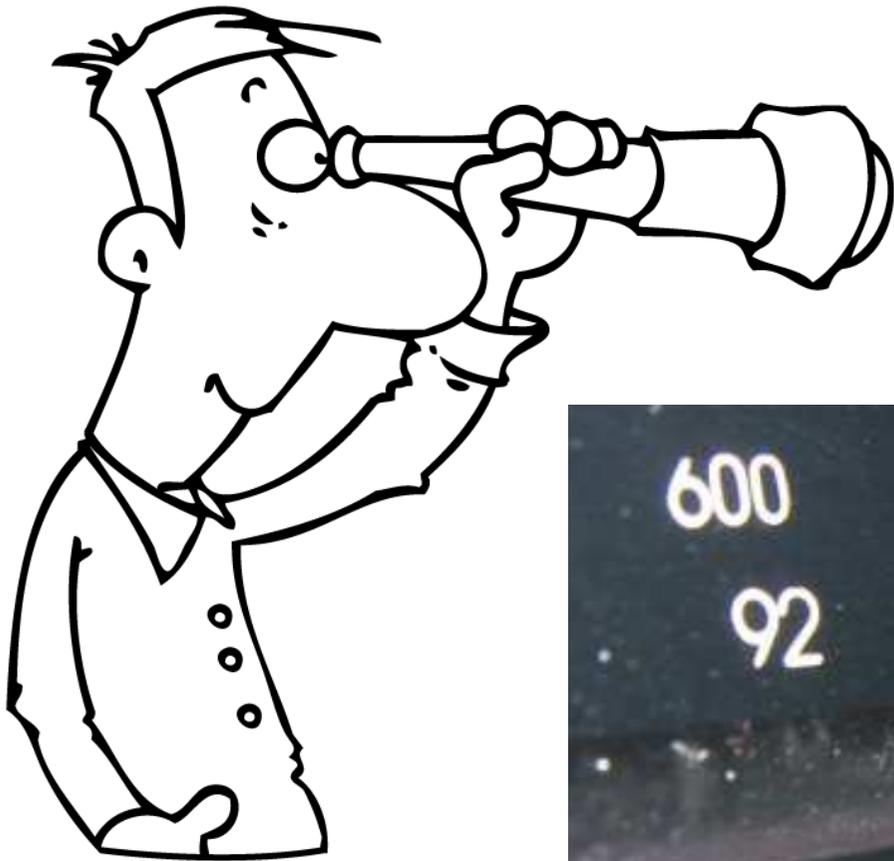
*DATES ARE APPROXIMATE

DWG NO.
 6217B-cv



An die Arbeit!

Frequenzen und Positionen
gesucht!





2.4 GHz Feedhorn für Bochum





hochgenaue Frequenzreferenz



Selbstbau mit Teilen von Ebay und eigenen Schaltungsdesigns
erreichbare Genauigkeit: 1 in 100 Milliarden (10^{11})
(bzw. 1 Sekunde in 3000 Jahren)



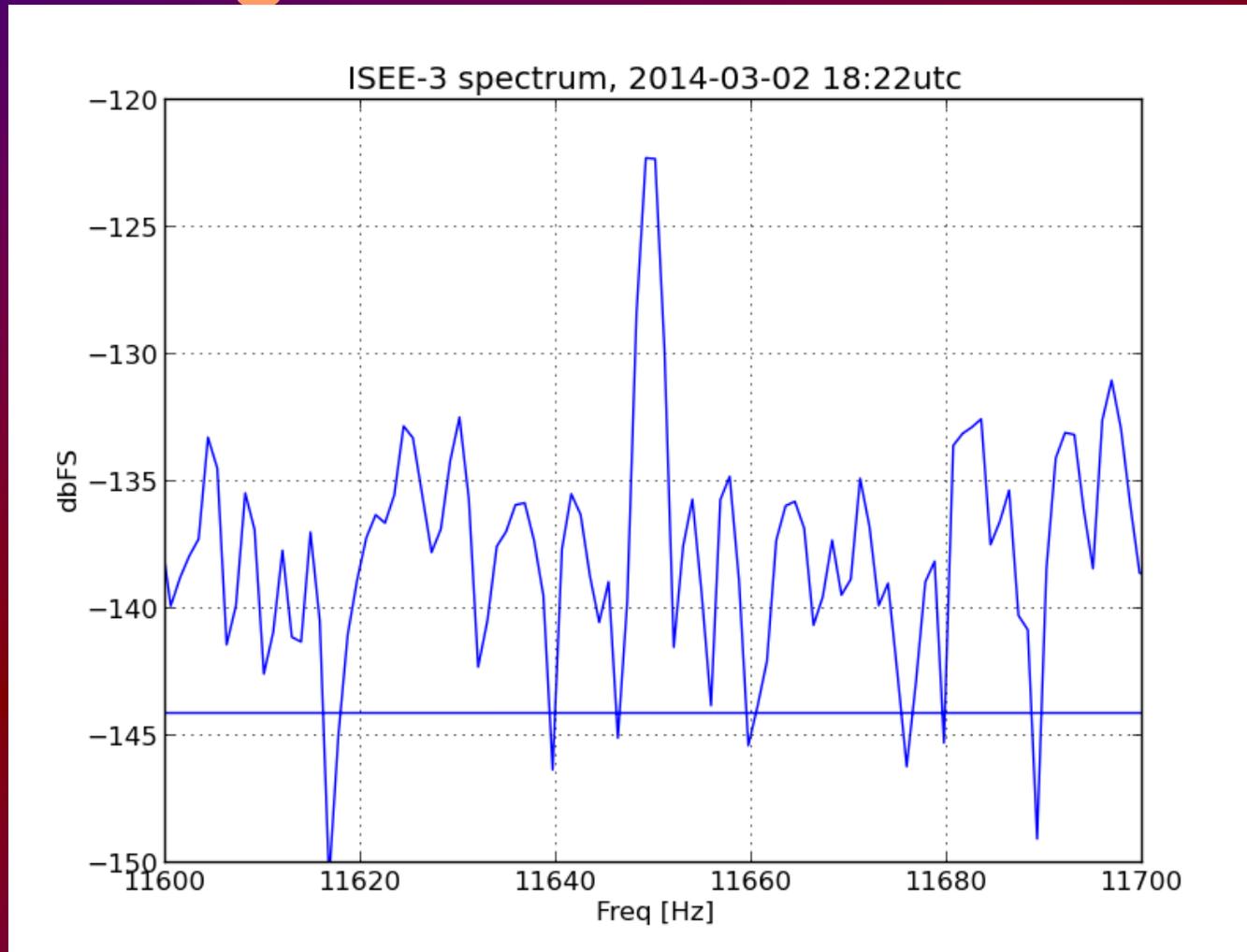
Software Defined Radio: SDR

USRP, HackRF, BladeRF





erstes Signal: 2. März 2014



17.8 dB CNR, Entfernung ca. 43 Mill. km



2. März: Auswertung

was wir haben:

- Energieversorgung ok
- Sender ok
- Fluglage grob i.O.
- Position ca. wo erwartet

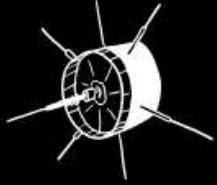
was noch fehlt (nur das nötigste..):

- Modulation, keine Telemetrie/Daten und somit keine Aussage über Zustand der Raumsonde (keine Seitenbänder)
- genaue Position
- genaue Fluglage

Abschätzung der in Bochum benötigten Sendeleistung zur Steuerung: > 5kW

Magnetron des Venus Echo Experiments: arbeitet 2.45 GHz, nicht auf 2.07 GHz abstimmbar.

THE ISEE-3/ICE PROBE WAS LAUNCHED IN 1978. ITS MISSION ENDED IN 1997 AND IT WAS SENT A SHUTDOWN SIGNAL.

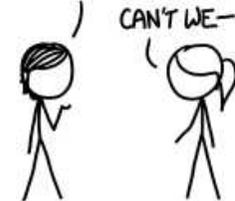


IN 2008, WE LEARNED—TO OUR SURPRISE—THAT THE PROBE DIDN'T SHUT DOWN.

IT'S STILL RUNNING AND IT HAS PLENTY OF FUEL.

...AND IN 2014, ITS ORBIT BRINGS IT NEAR EARTH.

WE COULD SEND IT ON A NEW MISSION... EXCEPT WE NO LONGER HAVE THE EQUIPMENT TO SEND COMMANDS TO IT.



NASA WON'T REBUILD IT. "TOO EXPENSIVE" SERIOUSLY? I KNOW, RIGHT? SO THE INTERNET FOUND THE SPECS AND WE WENT TO WORK.



WE'VE CONVINCED THEM TO GIVE US TIME ON THE MADRID DSN TRANSMITTER AND HACKED THE MASER TO SUPPORT THE UPLINK. AND TODAY'S THE BIG DAY.



TRANSMITTING... WE HAVE A SIGNAL! WE HAVE CONTROL!



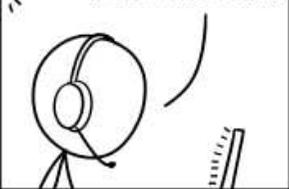
OK, TRANSMIT THE NEW COMET RENDEZVOUS MANEUVER SEQUEN- WHAT THE HELL? WHAT?



MY CONSOLE WENT DEAD! MINE TOO! WHAT'S HAPPENING?!



THERE'S A NEW SIGNAL GOING OUT OVER THE TRANSMITTER! A BUG? SOMEONE ELSE IS IN THE SYSTEM!



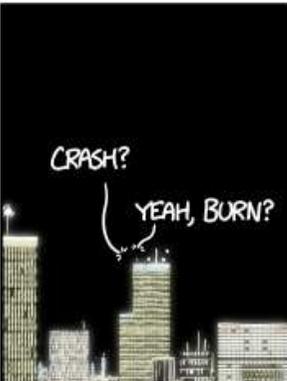
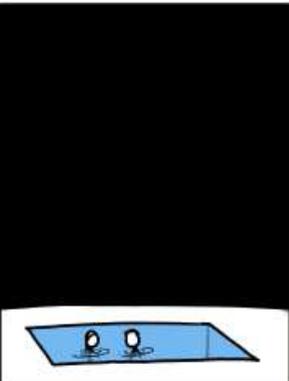
KILL THE CONNECTION! I CAN'T FIND IT! THEY'RE FIRING THE PROBE'S ENGINES! NO!!



WHO'S DOING THIS?? STOP THEM! I'M TRYING! LOOK! MY SCREEN!



M-E-S-S-W-I-T-H-T-H-E-B-E-S-T D-I-E-L-I-K-E-T-H-E-R-E-S-T



<http://xkcd.com/1337/>

am 3. März veröffentlicht, ca. 1 Woche VOR unserer Pressemitteilung



'candy storm' der Medien

Amateurfunk Medien:
Funkamateure
CQ-DL
Southgatearc.org
amsat-uk.org

allgemein:
Spiegel Online
Frankfurter Rundschau
Bild Zeitung (Regionalausgabe)
SRF2 Wissen (schweizer Radio),
DLF
Gast Blog bei 'The Planetary Society'
Gizmag.com
und noch viele weitere..

Home | Video | Themen | Forum | English | DER SPIEGEL | SPIEGEL TV | Abo | Shop | Schlagzeilen | Wetter | TV-Programm | mehr ▼

SPIEGEL ONLINE WISSENSCHAFT Login | Registrierung

Politik | Wirtschaft | Panorama | Sport | Kultur | Netzwelt | Wissenschaft | Gesundheit | einestages | Karriere | Uni | Schule | Reise | Auto

Nachrichten > Wissenschaft > Weltall > Raumfahrt > Kometenjäger Ice: Amsat-Funkamateure wollen Sonde einfangen

Kometenjäger "Ice": Deutsche Amateurfunker wollen Nasa-Sonde einfangen

Von Isabell Prophet

Sonde "Ice" (Grafik): Sie funkt und funkt - aber niemand hört zu

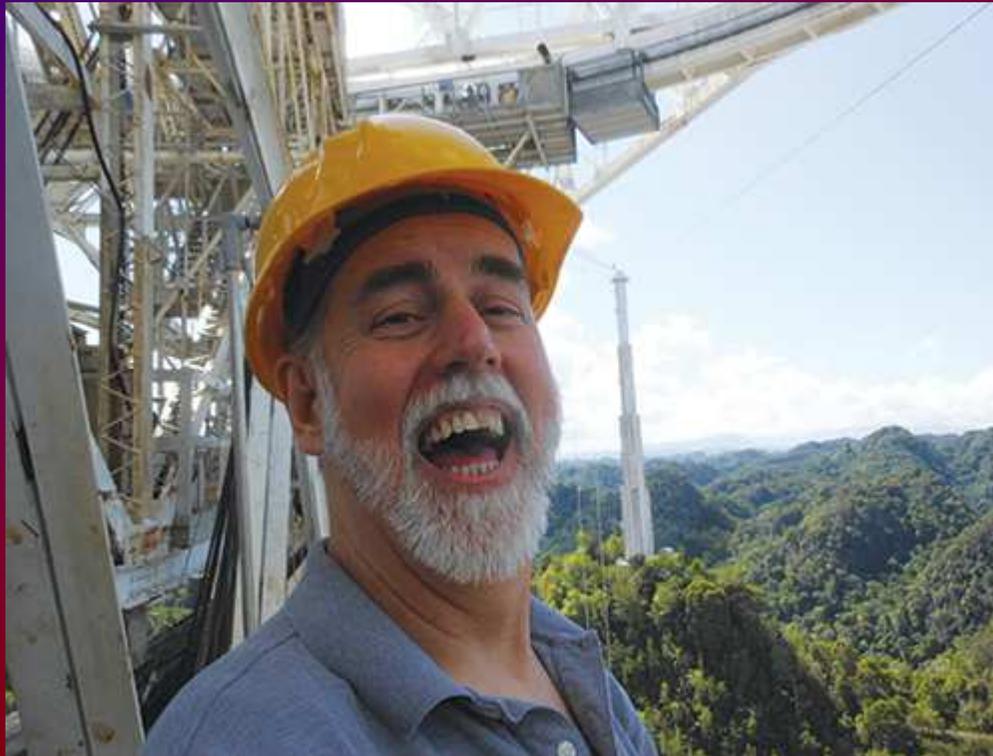
Wissenschaftler haben "Ice" längst aufgegeben. Nun wollen Amateurfunker aus Deutschland und der Schweiz von der Sternwarte Bochum aus Kontakt zur Weltraum-Sonde herstellen. Sie haben nur einen Versuch.

NASA

Spiegel Online, März 2014



14. März: Dennis Wingo KD4ETA

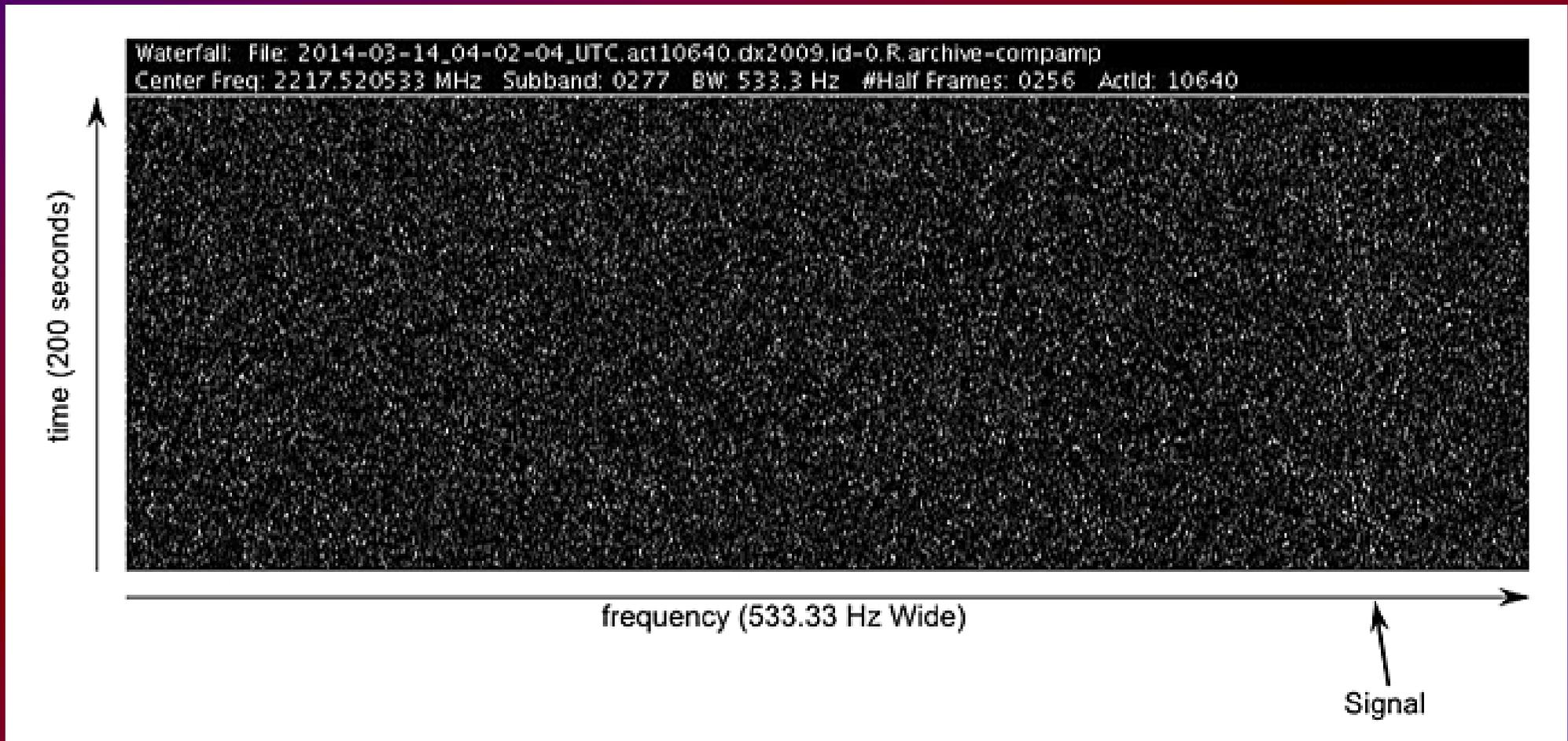


- CEO Skycorp Inc.
- «Technoarchäologe»
- Gründer des Lunar Orbiter Image Recovery Project (LOIRP)
- US-Amerikaner (!)



weitere ISEE-3 Nachweise

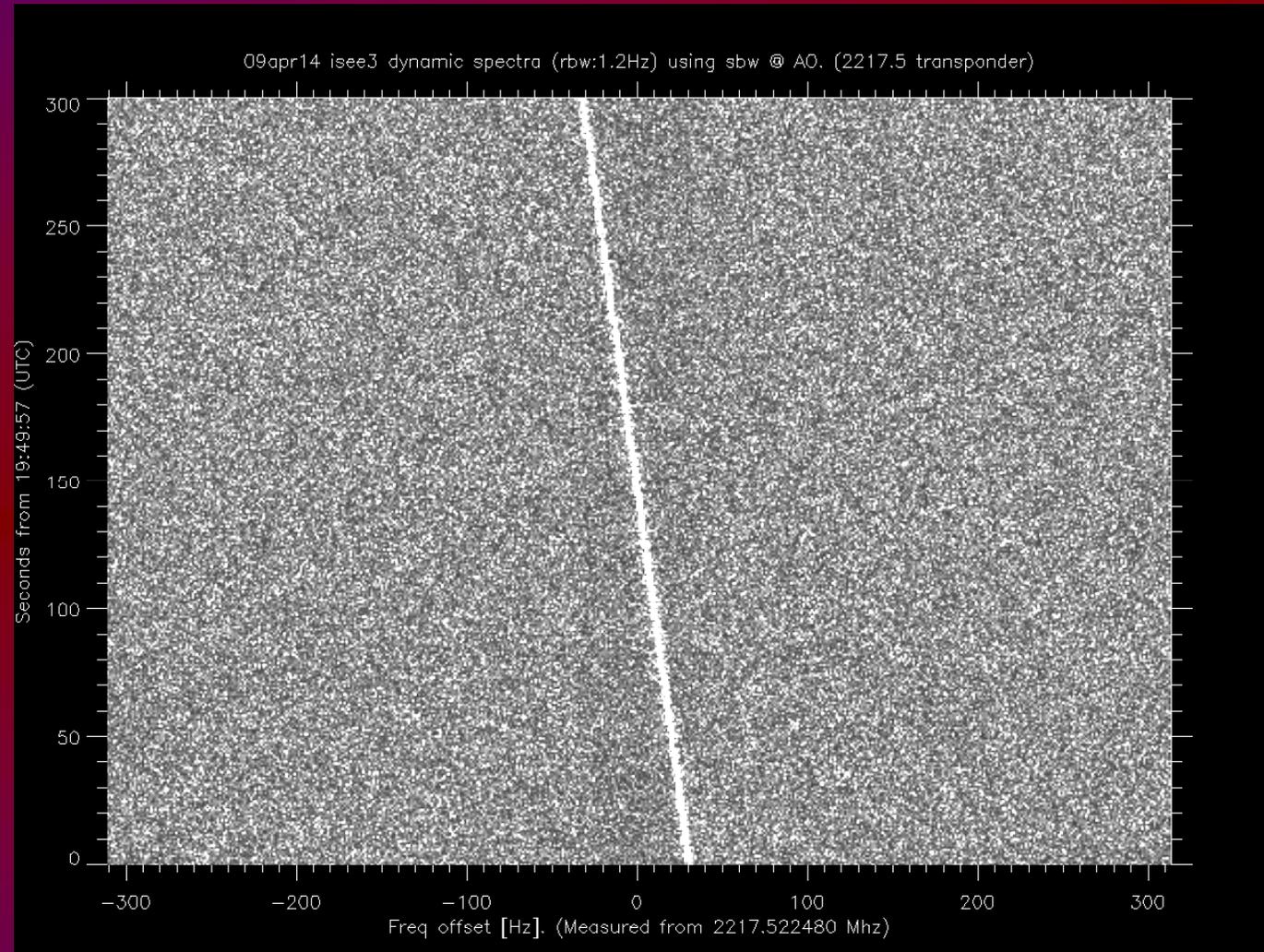
20. März: Allen Telescope Array (SETI)





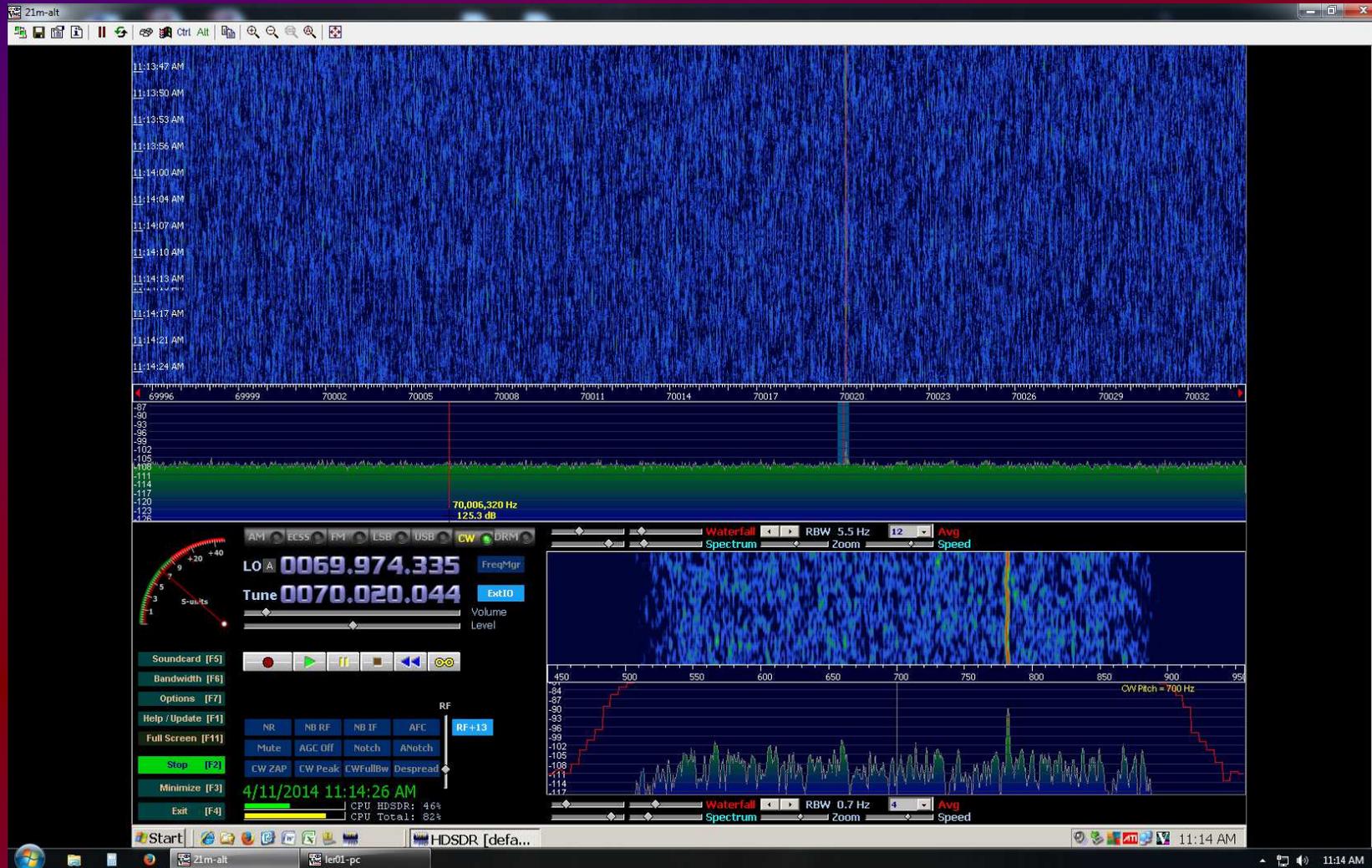
weitere ISEE-3 Nachweise

9. April: Arecibo (305m)





weitere ISEE-3 Nachweise



11. April: Morehead State University (20m)



23. April: ISEE-3 Reboot Project

Crowdfunding, Ziel war 125.000 USD innerhalb 30 Tage benötigt für Hardware, Reisekosten und evtl. Tracking Durchgänge des NASA DSN (Dennis Wingo and Keith Cowing, nasawatch.com)

ISEE-3 Reboot Project by Space College, Skycorp, and SpaceRef

Description About Conversations Activity

10 Aug 2014 18:08:45.800
Lunar_Altitude (km): 118.52

Project Leaders
Dennis Wingo Keith Cowing

128%
\$159,602
Raised towards
\$125,000 goal

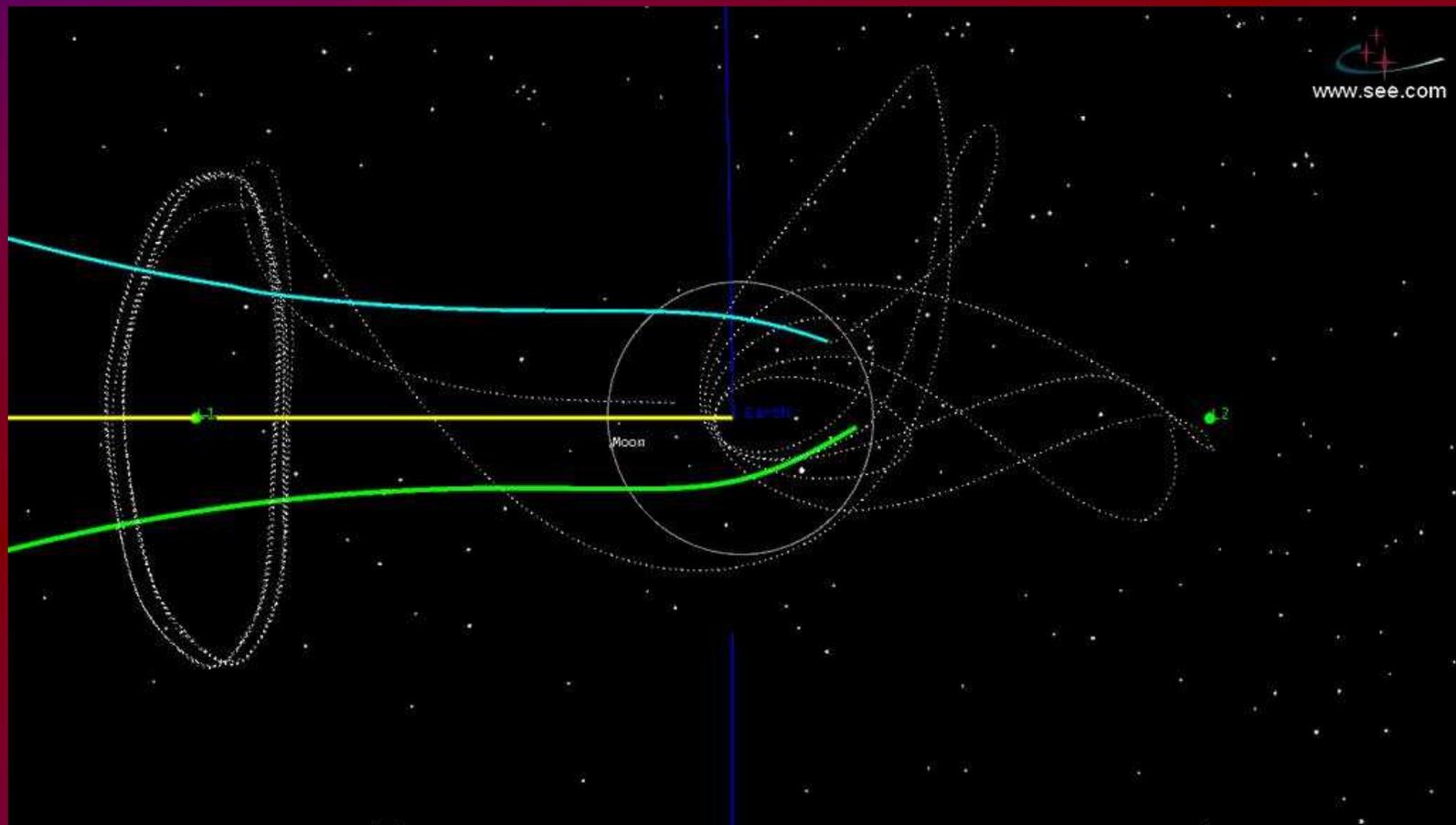
2238 Funders
Ended 05/23/14

Complete!



Planung für 2014

Flugbahn von 1983 umkehren und mittels Vorbeiflug am Mond solare Orbitgeschwindigkeit reduzieren → Einschwenken in Erdorbit

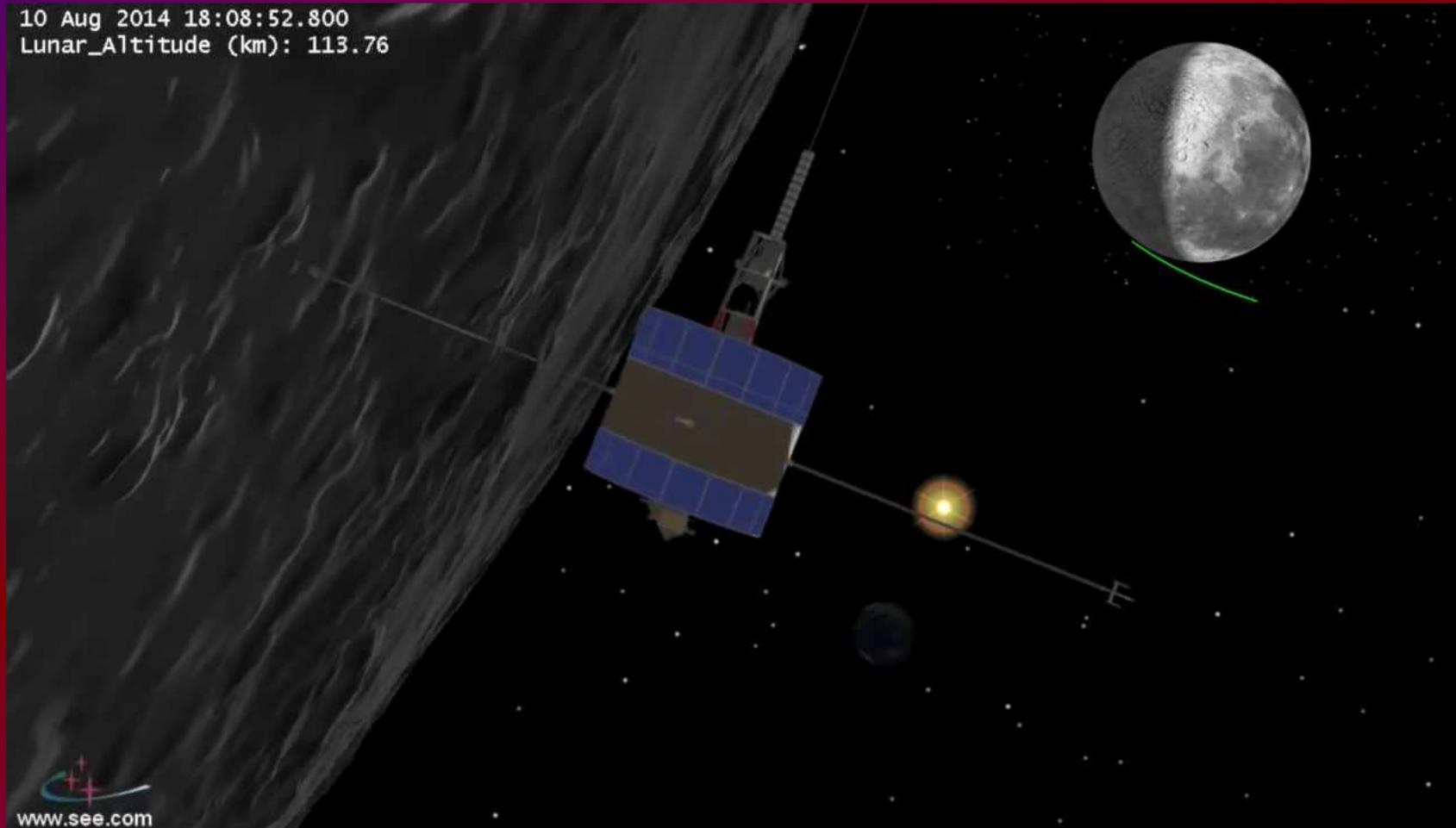


Mike Loucks, @Astrogator_Mike, www.see.com



Swing-by am Mond

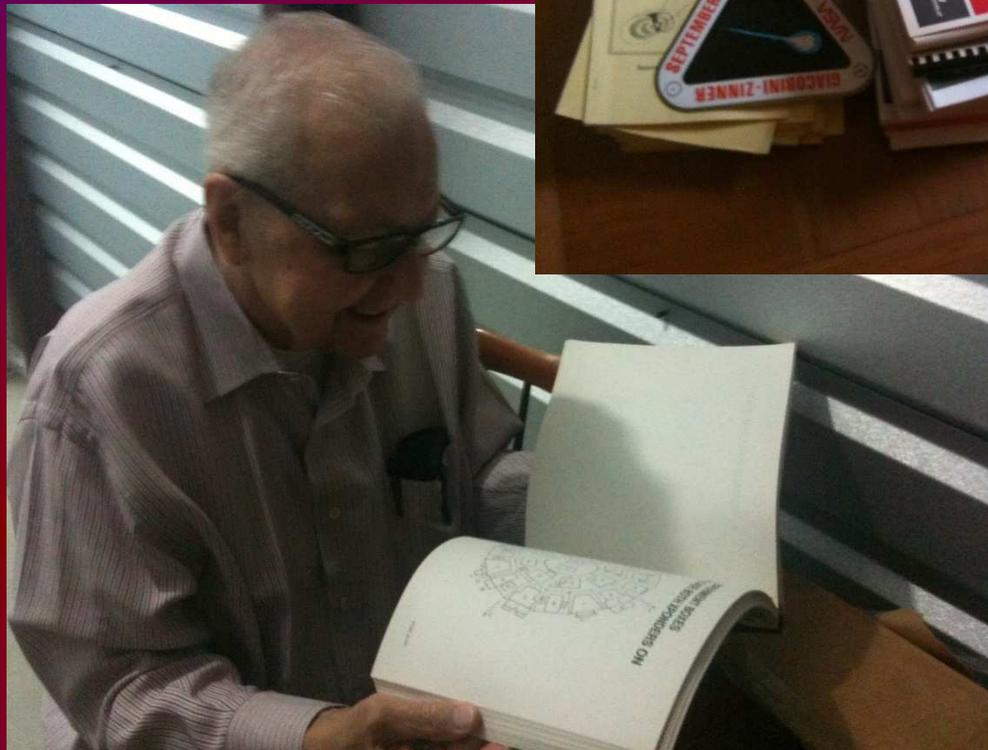
ca. 50km Flughöhe über Mond benötigt



Mike Loucks, @Astrogator_Mike, www.see.com



'Dumpster Diving' bei Bob Farquhar





21. Mai: 'space act agreement' mit NASA

<http://sservi.nasa.gov/wp-content/uploads/2014/05/ISEE-3-Space-Act-Agreement.pdf>

**NONREIMBURSABLE SPACE ACT AGREEMENT
BETWEEN
THE NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION
AND
SKYCORP, INC
FOR
ISEE-3 REBOOT PROJECT**

ARTICLE 1. AUTHORITY AND PARTIES

In accordance with the National Aeronautics and Space Act (51 U.S.C. § 20113), this Agreement is entered into by the National Aeronautics and Space Administration, (hereinafter referred to as "NASA") and Skycorp, Inc located at 23500 Treeview Trail,

VIEL Stoff für Juristen, einige sehr interessante Passagen:

- ‘.. Team Mitglieder müssen US-Amerikaner sein ..’
- wichtige Aktionen benötigen ‘Authorization to proceed’ (ATP) von NASA



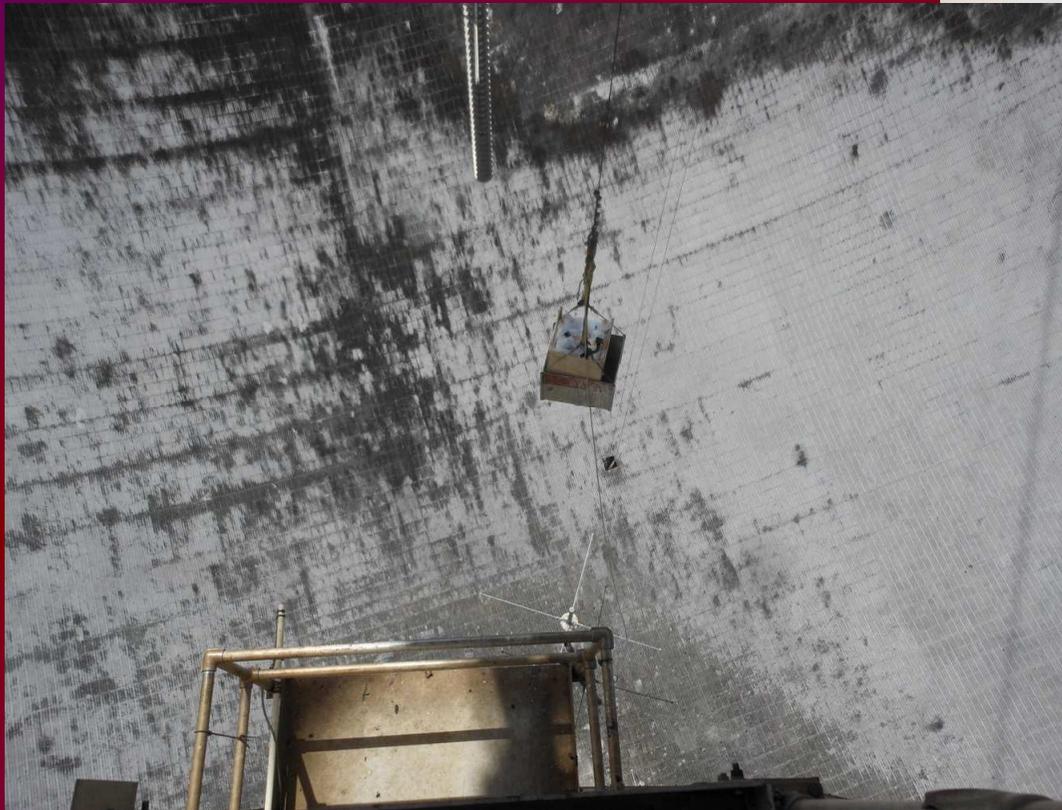
22. Mai: wir **BRAUCHEN** Telemetrie

eine grosse Antenne in Puerto Rico +

PA von DK2FD (4 Wochen!)



www.naic.edu





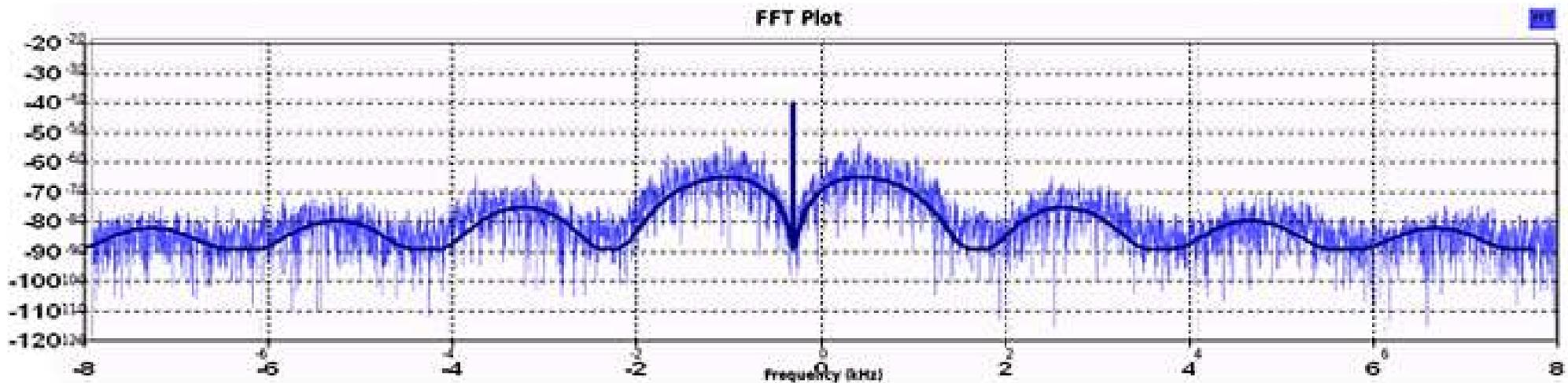
manuelle TRX Umschaltung

manuelle Schaltung von PTT und Abschwächern
Vielen DANK an Phil Perillat, Dana Whitlow,
Alessondra Springmann und das ganze Team von
Arecibo!





29. Mai: erste Telemetrie!



assumptions:

512 bps, R=1/2 convolutional code
biphase PSK, 60 deg mod index

free parameters:

noise power, total signal power, frequency offset

measured spectrum by ISEE-3 Reboot Project

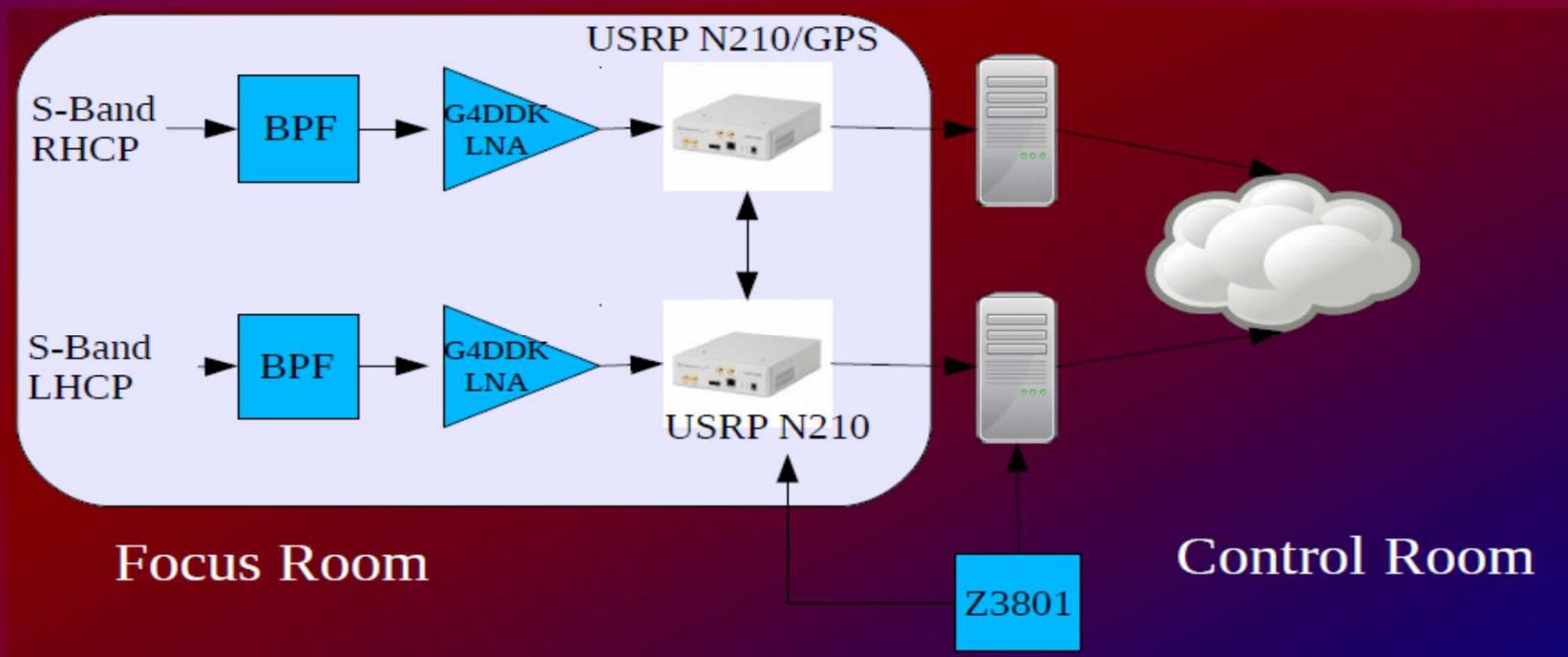
simulated spectrum by A. Vollhardt (DH2VA), AMSAT-DL



An die Arbeit!

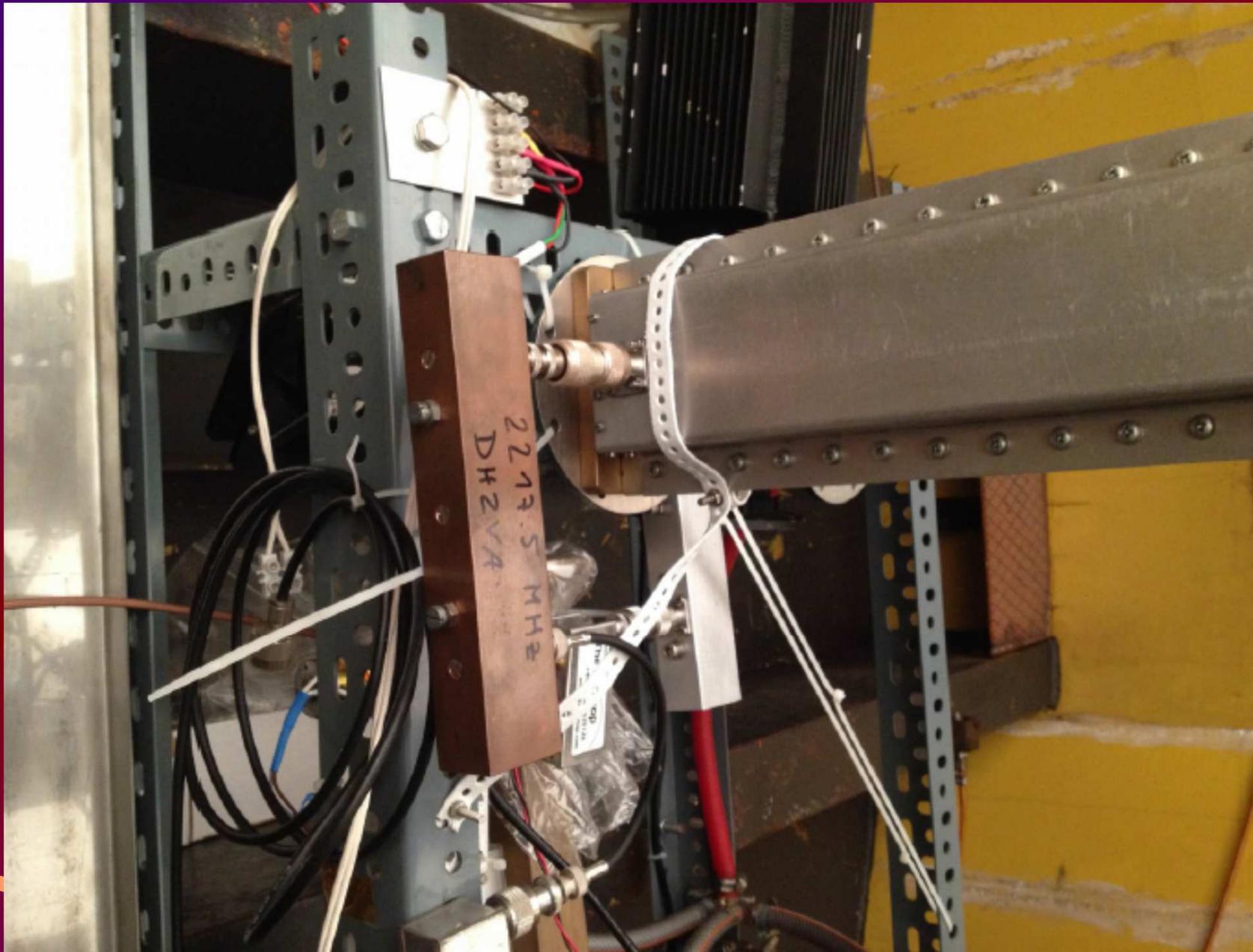
Einbau zusätzlicher Hardware:

- 2. LNA, 2. USRP für Transponder A
- Verteilung des 1PPS GPS Signales zur exakten Zeitsynchronisation
- Interdigital Bandpass Filter für beide Empfangszweige





Fokusebene im 20m Spiegel





Juni: erste Kommandos, grobe Positionsbestimmung

Kommandoteam beginnt Steuerung der Raumsonde
(learning by doing)

Nutzung der Arecibo Antenne in Service Zeiten, eingeschränkte Fernsteuerung aus Kalifornien möglich.

Arecibo misst 0.5 Grad
Abweichung zu Flugbahnmodell

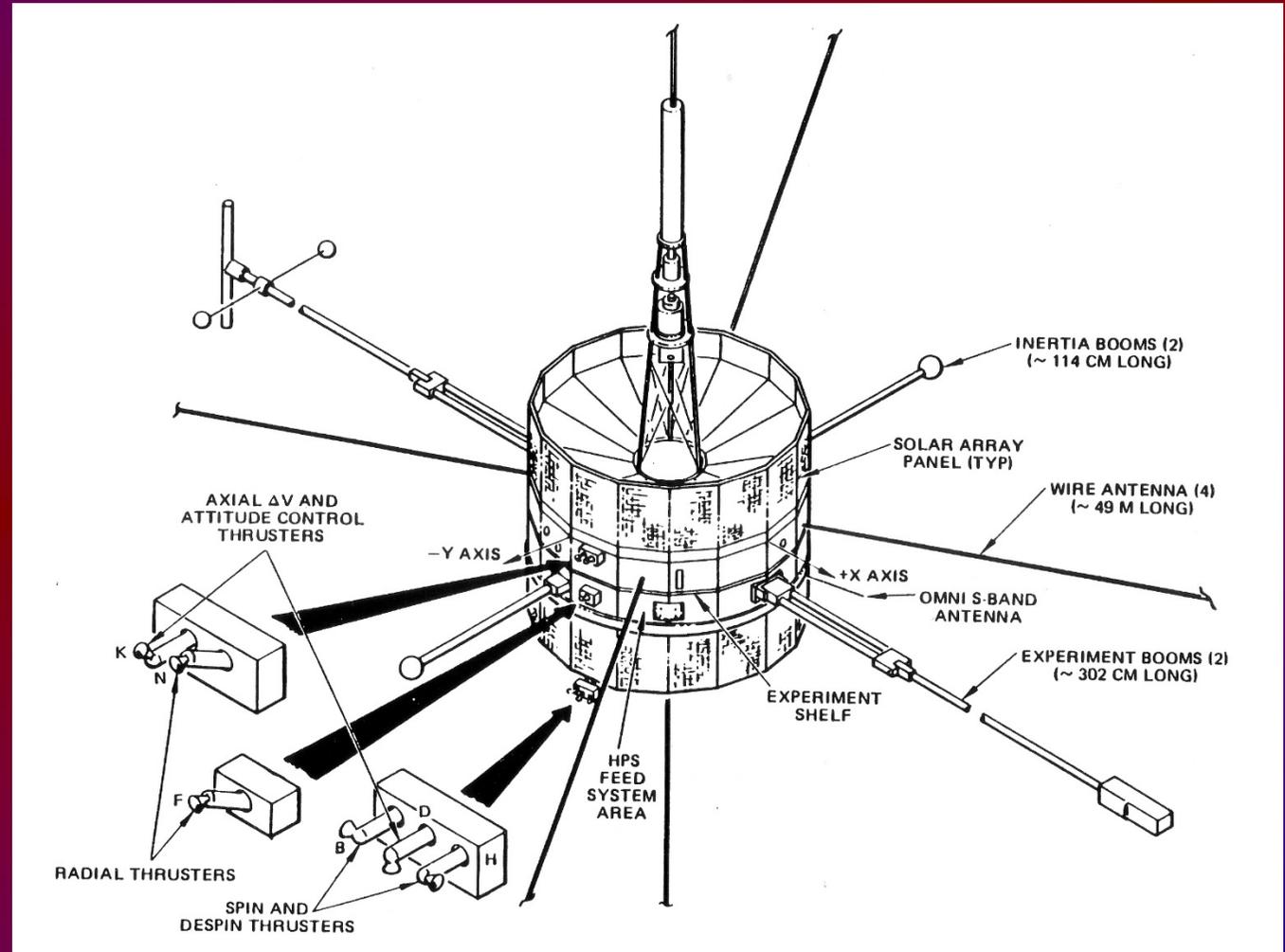
DSS-24 (Goldstone) wird zum
Tracking benötigt, 10kW Leistung

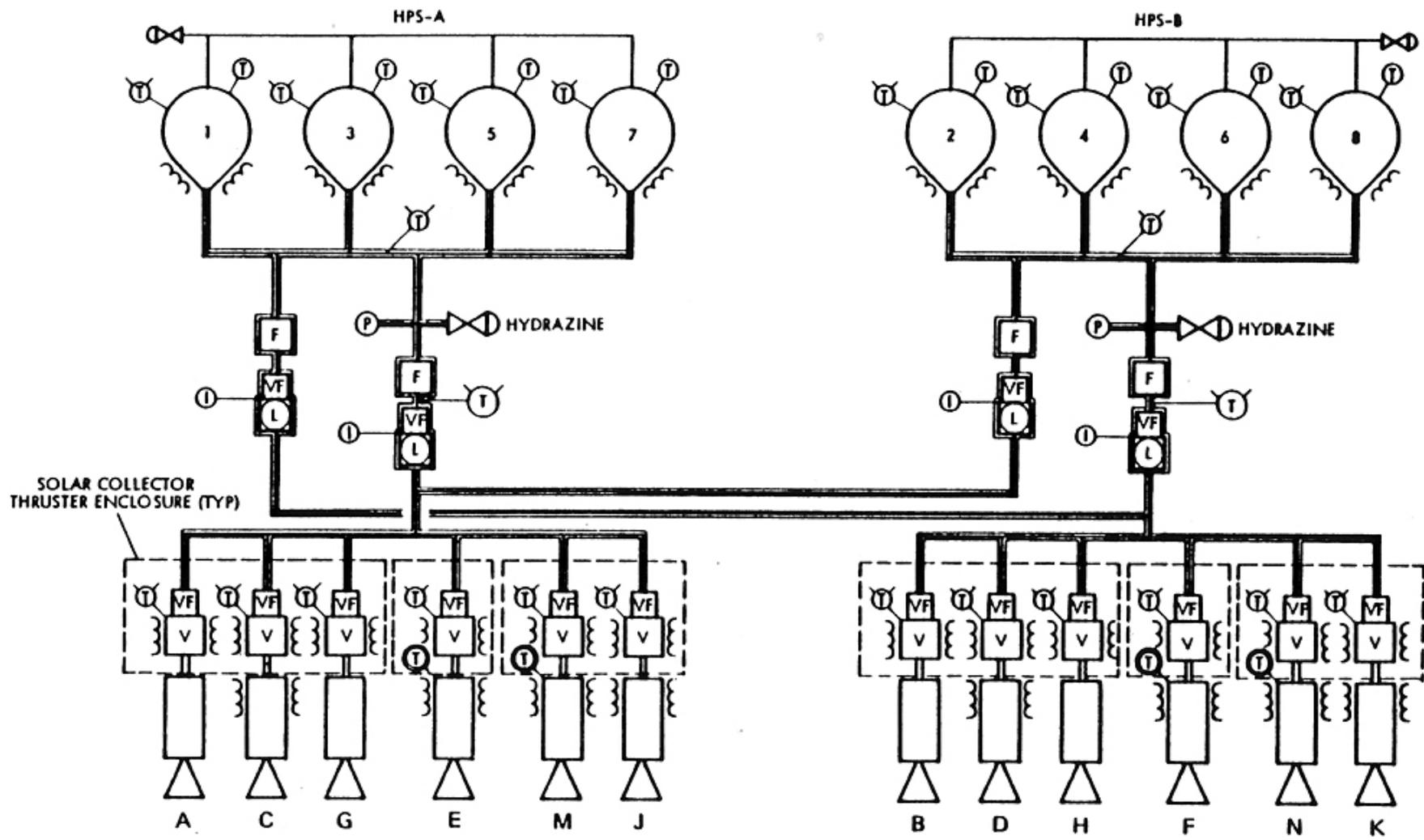




2. Juli: spin-up Zündung

benötigt: 11 Pulse
Drehrate
19.16 rpm → 19.75 rpm





- FACET 1**
- KEY
- TANKS
 - THERMISTOR, REDUNDANT
 - FILL/VENT VALVE, CAPPED
 - FILL/DRAIN VALVE, CAPPED
 - LATCH VALVE WITH POSITION INDICATOR
 - PRIMARY SUBSYSTEM FILTER
 - VALVE FILTER (INTEGRAL)

- FACET 9**
- COMPONENT HEATER, REDUNDANT
 - LINE AND FLUID COMPONENT HEATER, REDUNDANT
 - THRUSTER
 - THRUSTER VALVE
 - PRESSURE TRANSDUCER
 - THERMISTOR, GSE
 - THERMOCOUPLE



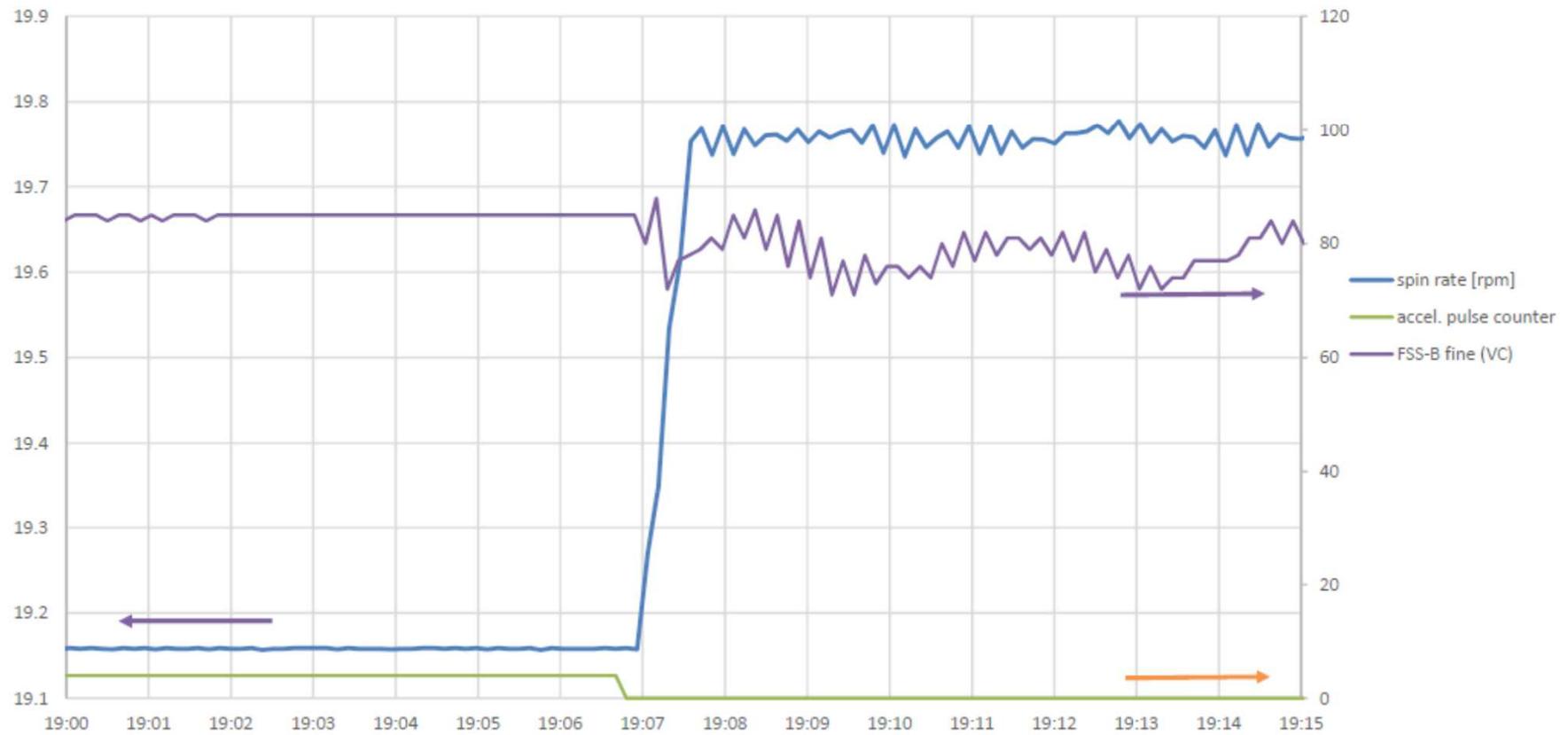
PRIMARY FUNCTIONS OF ISEE-3 PAIRED THRUSTERS

THRUSTER	FUNCTION
JA AND JB	SPINUP
JG AND JH	DESPIN
JE AND JN	ATTITUDE CONTROL
JE AND JM	
OR	RADIAL DELTA-V
JF AND JN	
JJ AND JK	-Z-AXIS DELTA-V
JC AND JD	+Z-AXIS DELTA-V



ISEE-3 spin up burn (Jul 2, 2014): telemetry analysis

sun period (spin rate), acceleration pulse counter, fine sun sensor-B
vs. earth received time (UTC)

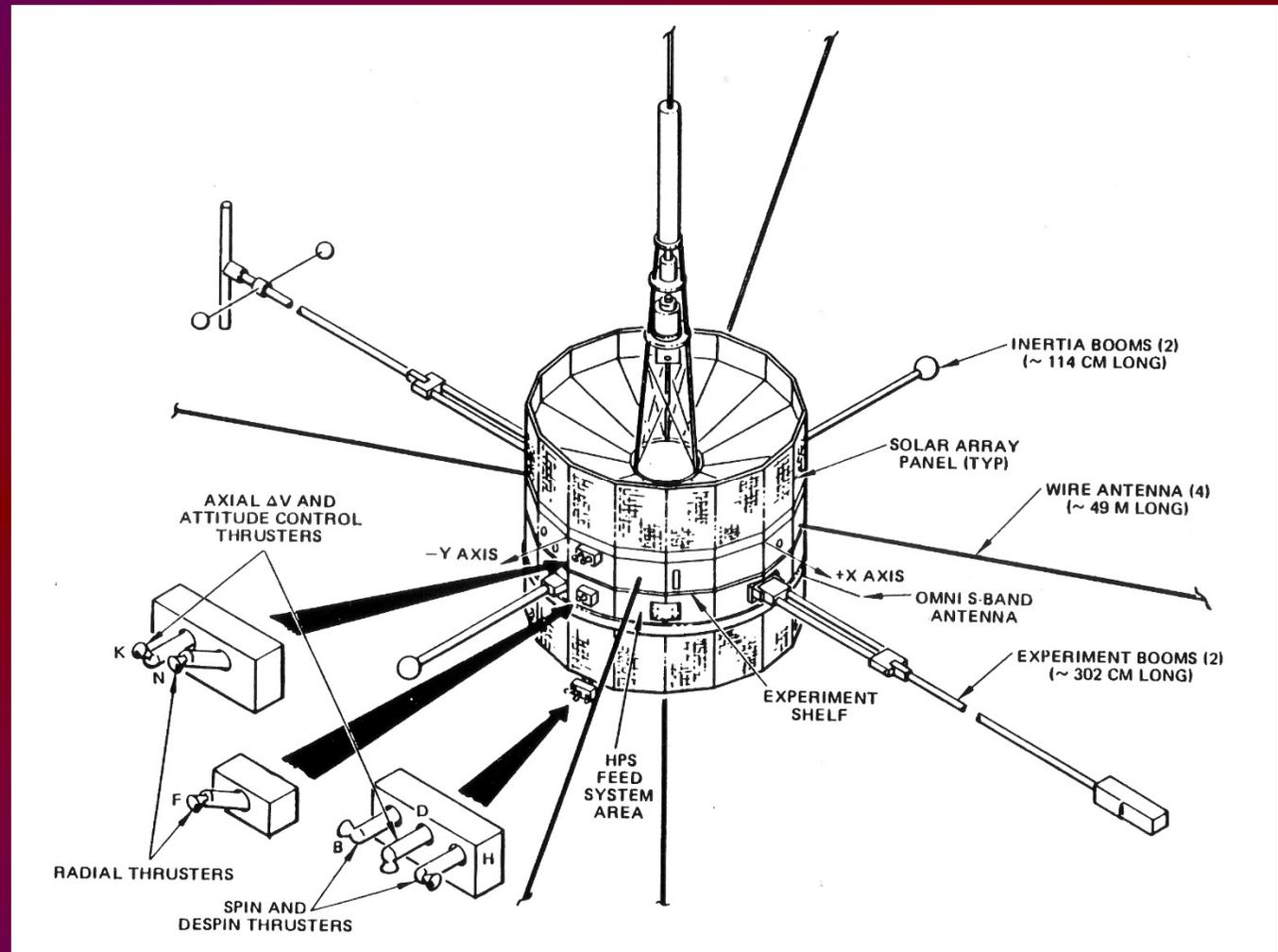


Mario Lorenz & Achim Vollhardt, AMSAT-DL/Bochum observatory



8. Juli: Kurskorrektur, 1. Versuch

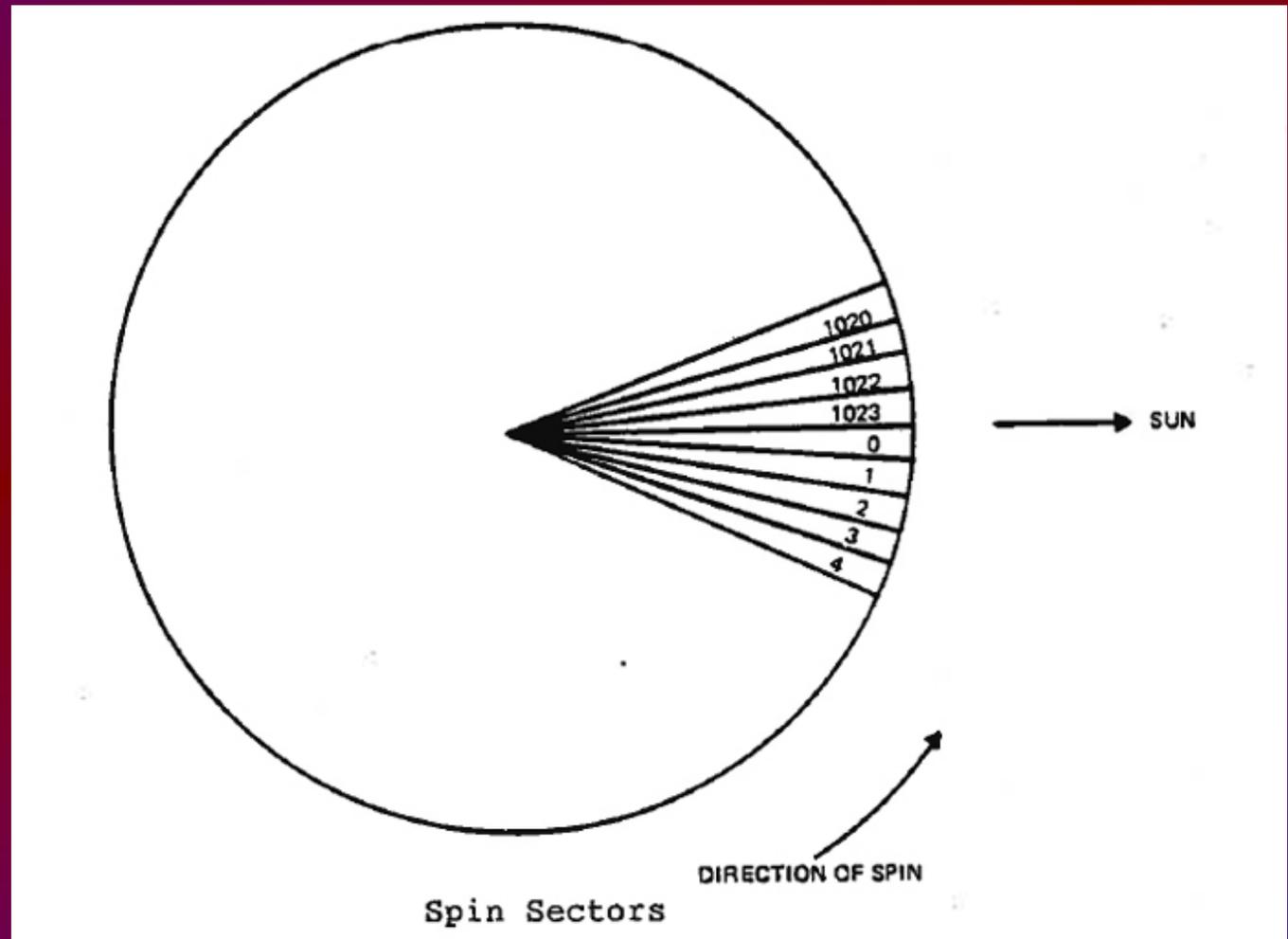
- benötigt: 7 m/s
- etwas über 400 Pulse
- radiale Düsen
- Pulsdauer: 45 Grad/Umdr.
- Segmente mit max. 63 Pulses





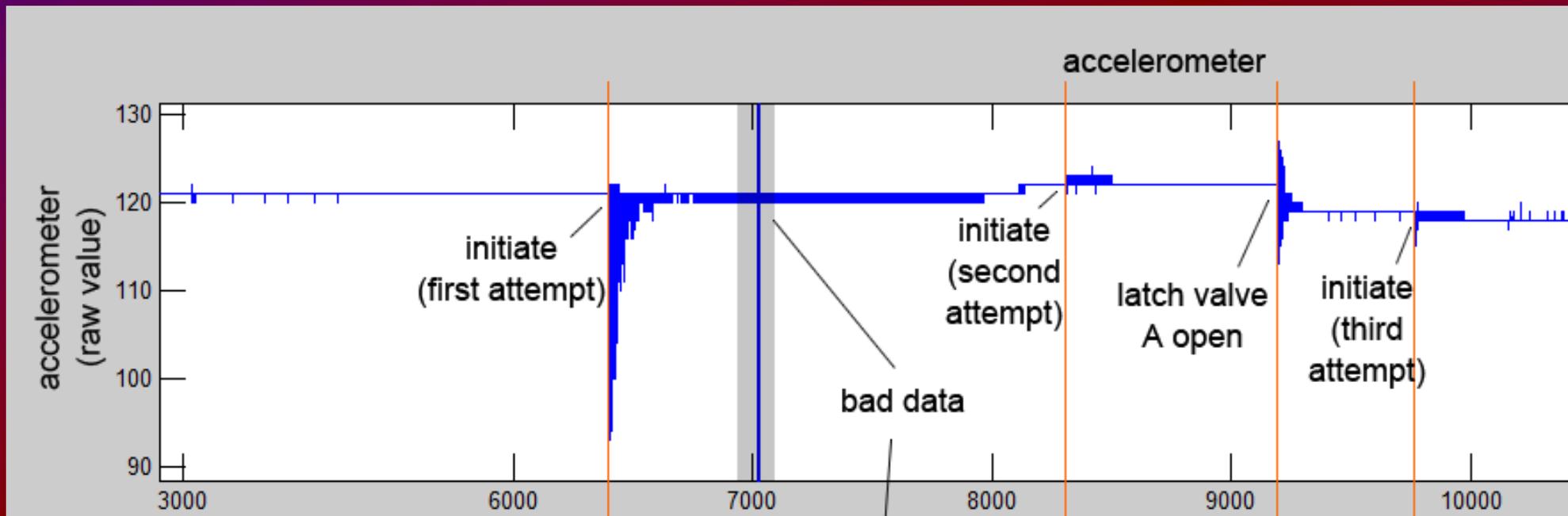
8. Juli: Kurskorrektur, 1. Versuch

- benötigt: 7 m/s
- etwas über 400 Pulse
- radiale Düsen
- Pulsdauer:
45 Grad/Umdr.
- Segmente mit max.
63 Pulses





8. Juli: Kurskorrektur, 1. Versuch

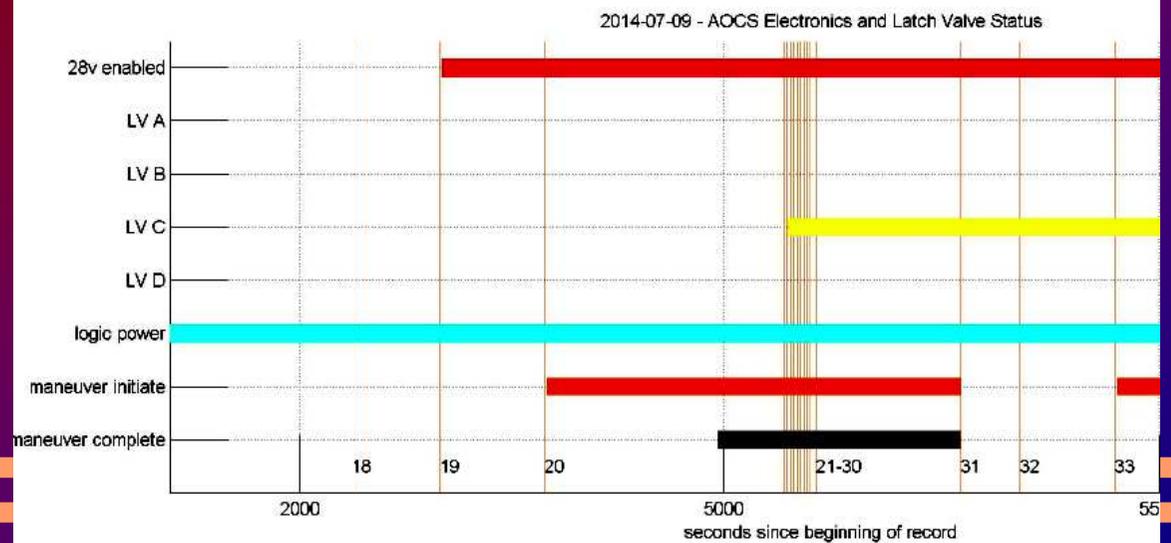
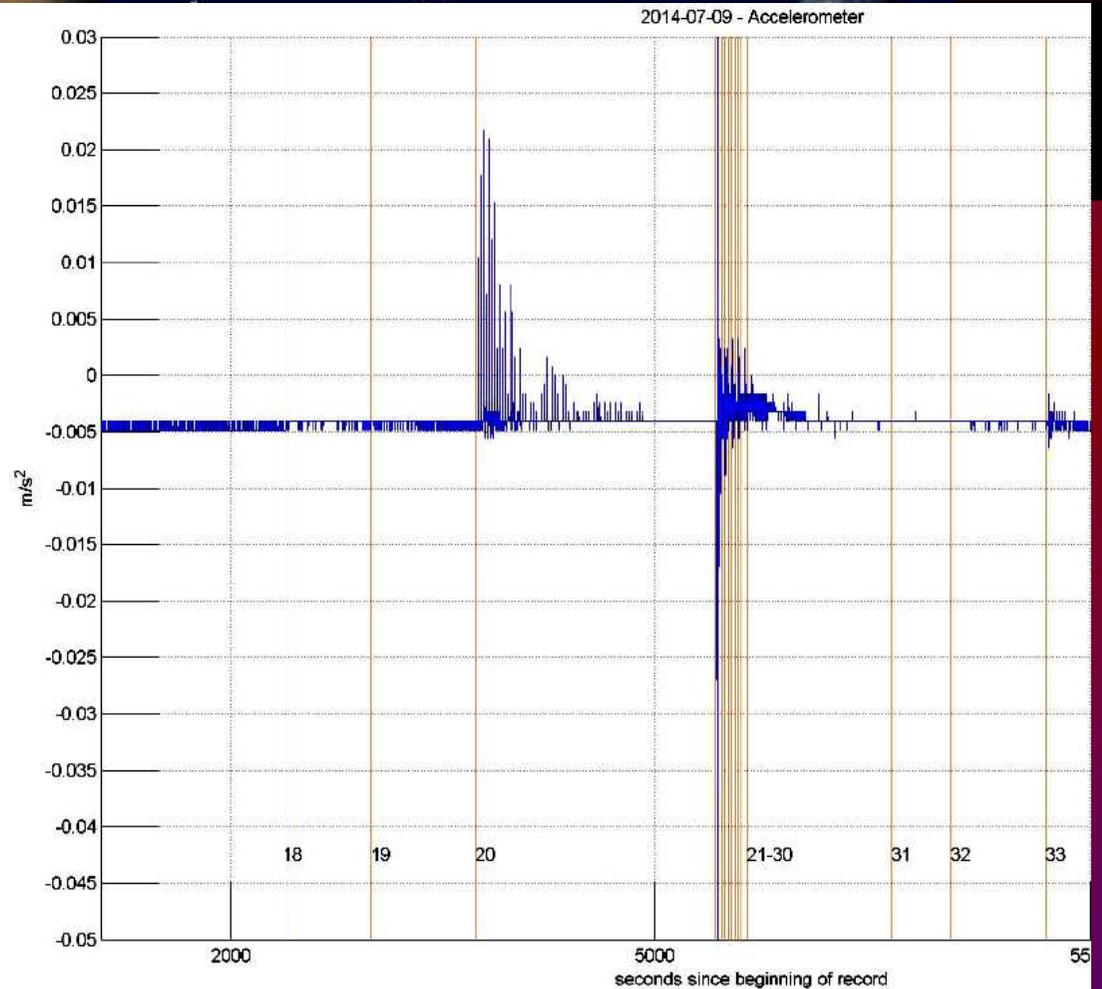


9. Juli: Kurskorrektur, 2. Versuch

anderes Düsenpaar testen
(Vorzeichen dreht)

Gleiches Verhalten, also
wohl kein Problem der
Düsen aber ein
gemeinsames Problem.

Kein Förderdruck mehr im
Treibstoffsystem?





15. Juli: Fehleranalyse (IRP)

Treibstoff und Druck noch vorhanden
falsche Kommandosequenz benutzt wg. fehlender Dokumentation

Zuerst: +28V Leitung einschalten
Dann: HPS A/B Latchventile öffnen
Dann: Düsen zünden

neuer Versuch am nächsten Tag



16./18. Juli: Klempnerei und Vergaser ausblasen

16.7.:

korrekte Zündungssequenz implementieren

lange Pulssequenzen (512) um flüssiges Hydrazin auszublasen

teste verschiedene Düsenpaarungen:

radial #1, radial #2, spin down

18.7.:

noch mehr verschiedene Kombinationen getestet (Ventile, Heizungen, Kommandosequenzen)



23. Juli : letzter Versuch

pack den Hammer aus:

Ventile Auf-Zu-Auf-Zu-(..)

Löst sich hier evtl. ein
verklemmtes Ventil (→ Treibstoff
fließt → Schub)?





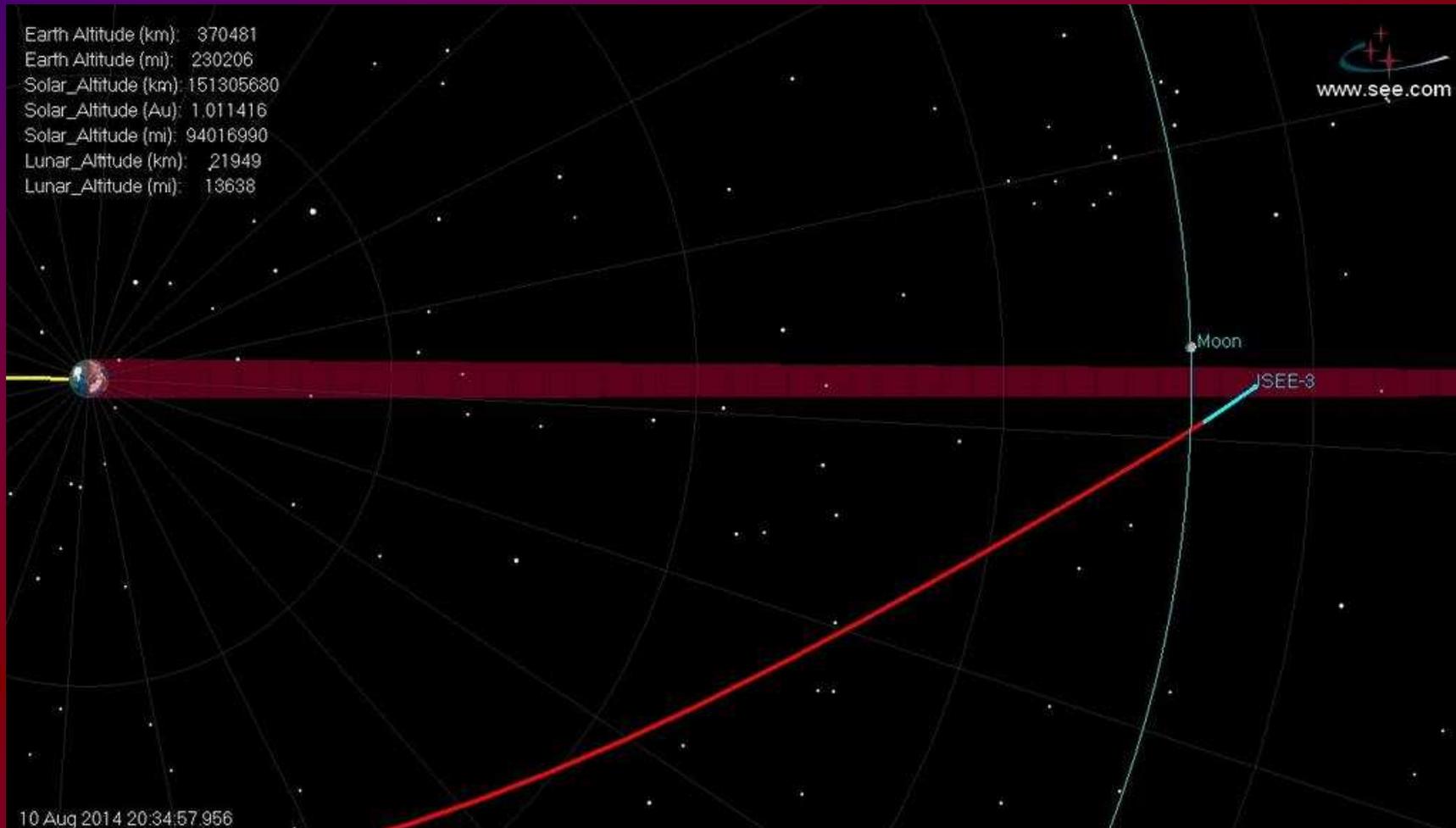
24. Juli: Interplanetare 'Citizen Science' Mission



Schlussfolgerung: kein Stickstoffdruck mehr vorhanden, kein gesteuerter Vorbeiflug am Mond möglich, keine Rückkehr zu Erdborbit möglich
schalte ISEE-3 in wissenschaftlichen Telemetriemodus
maximiere Daten Download



10. August: Vorbeiflug am Mond

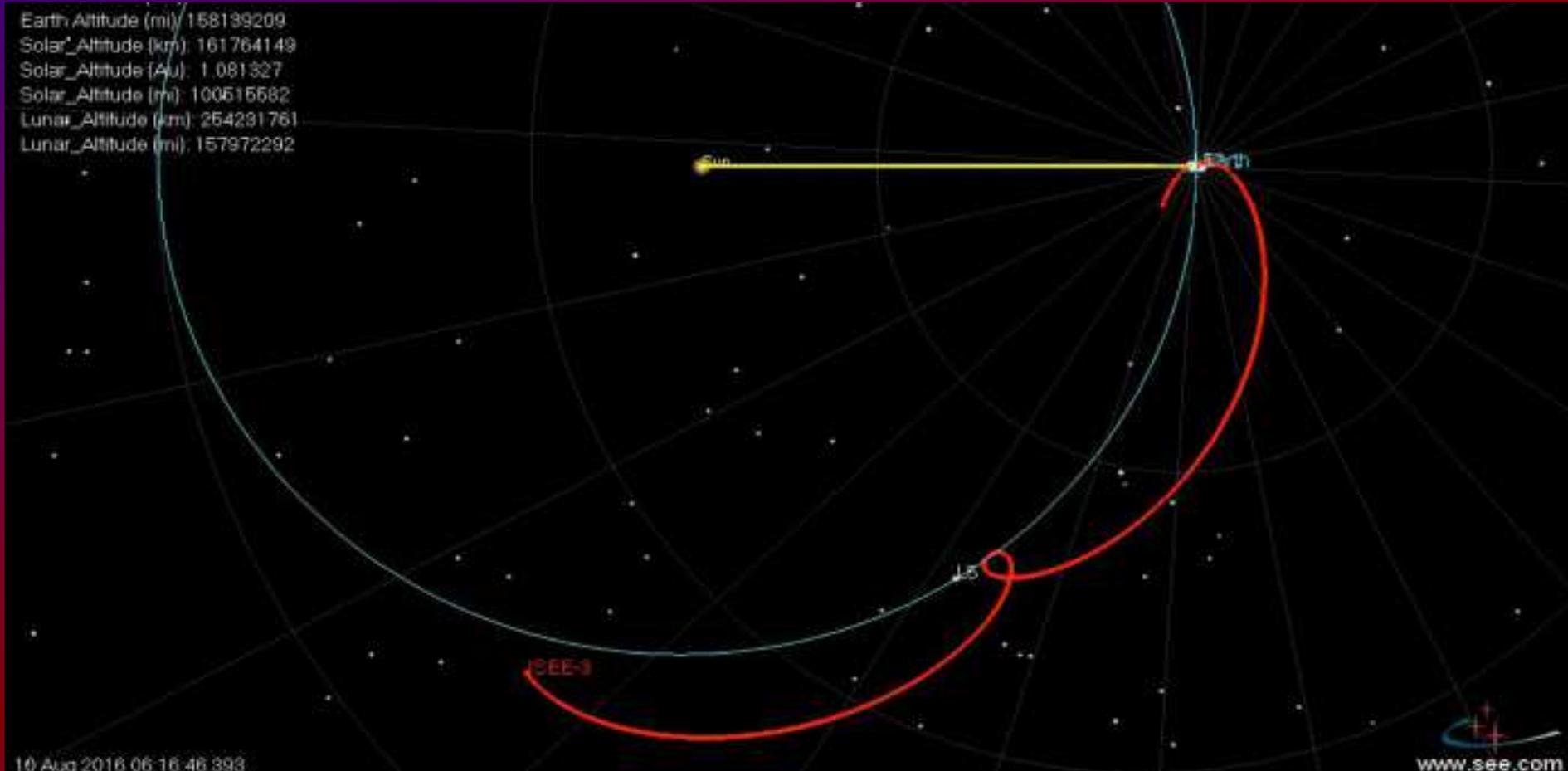


Höhe: 16663 km, 19:18h UTC

Mike Loucks, @Astrogator_Mike, www.see.com



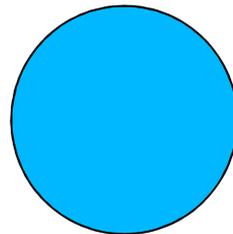
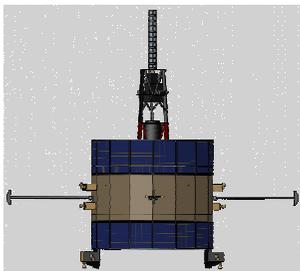
resultierende Flugbahn



Rückkehr in Erdnähe in 2021 (alle 7 Jahre), aber nicht mehr so nahe



Mond Swing-By



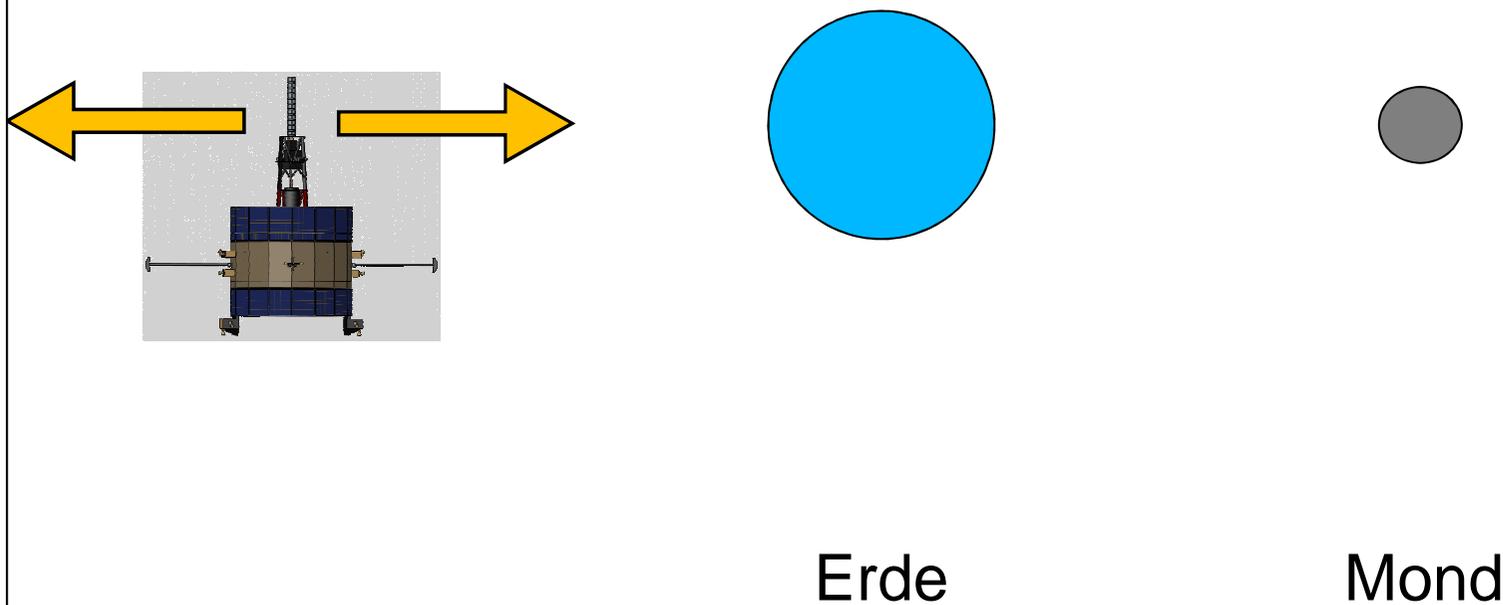
Erde



Mond

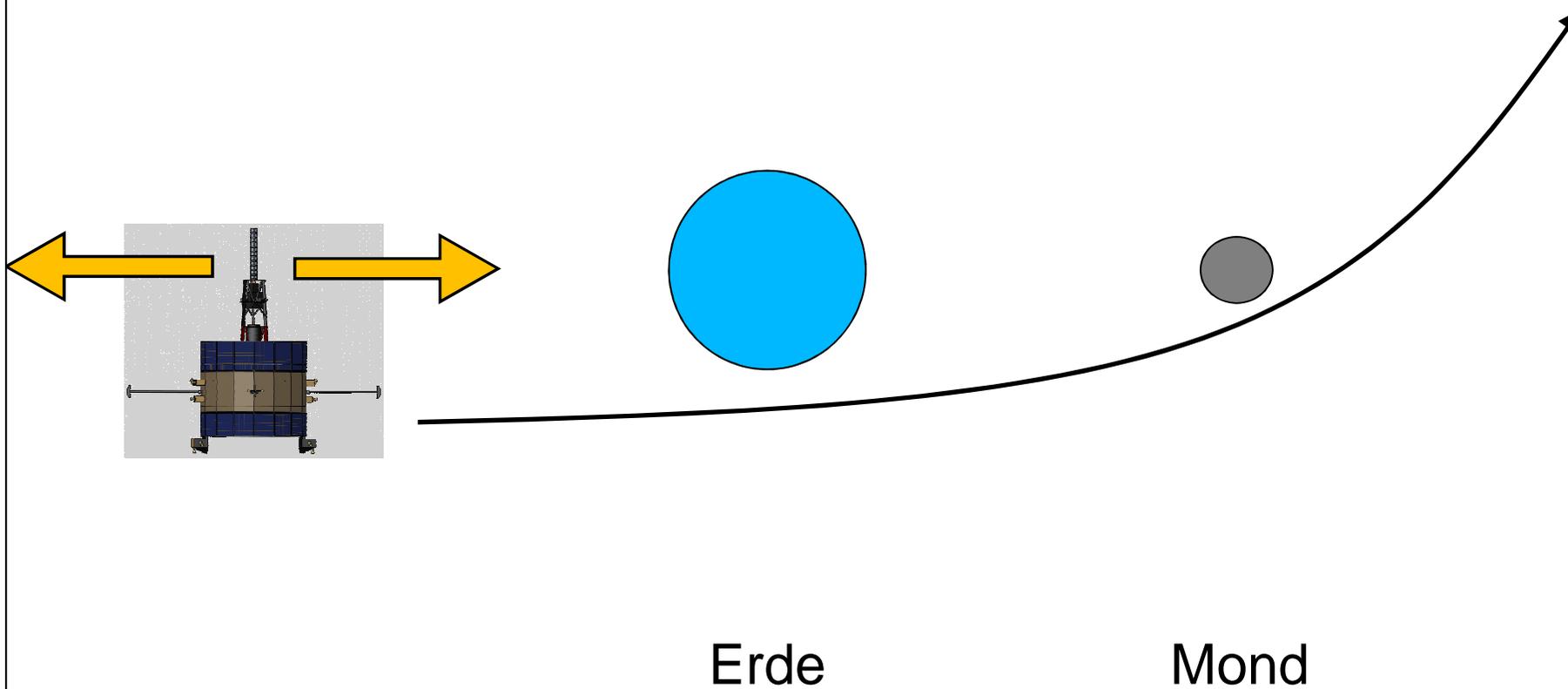


Mond Swing-By



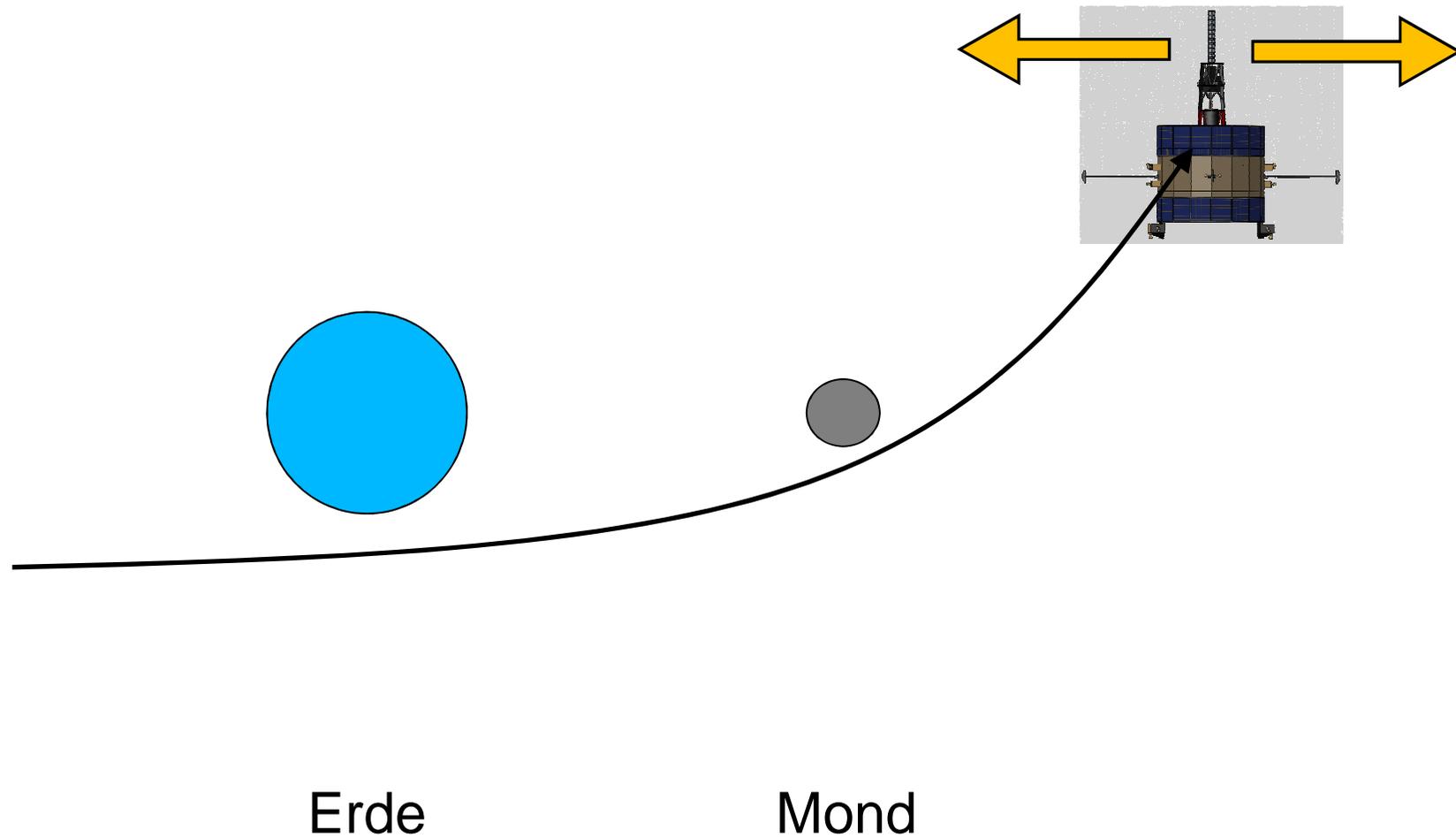


Mond Swing-By



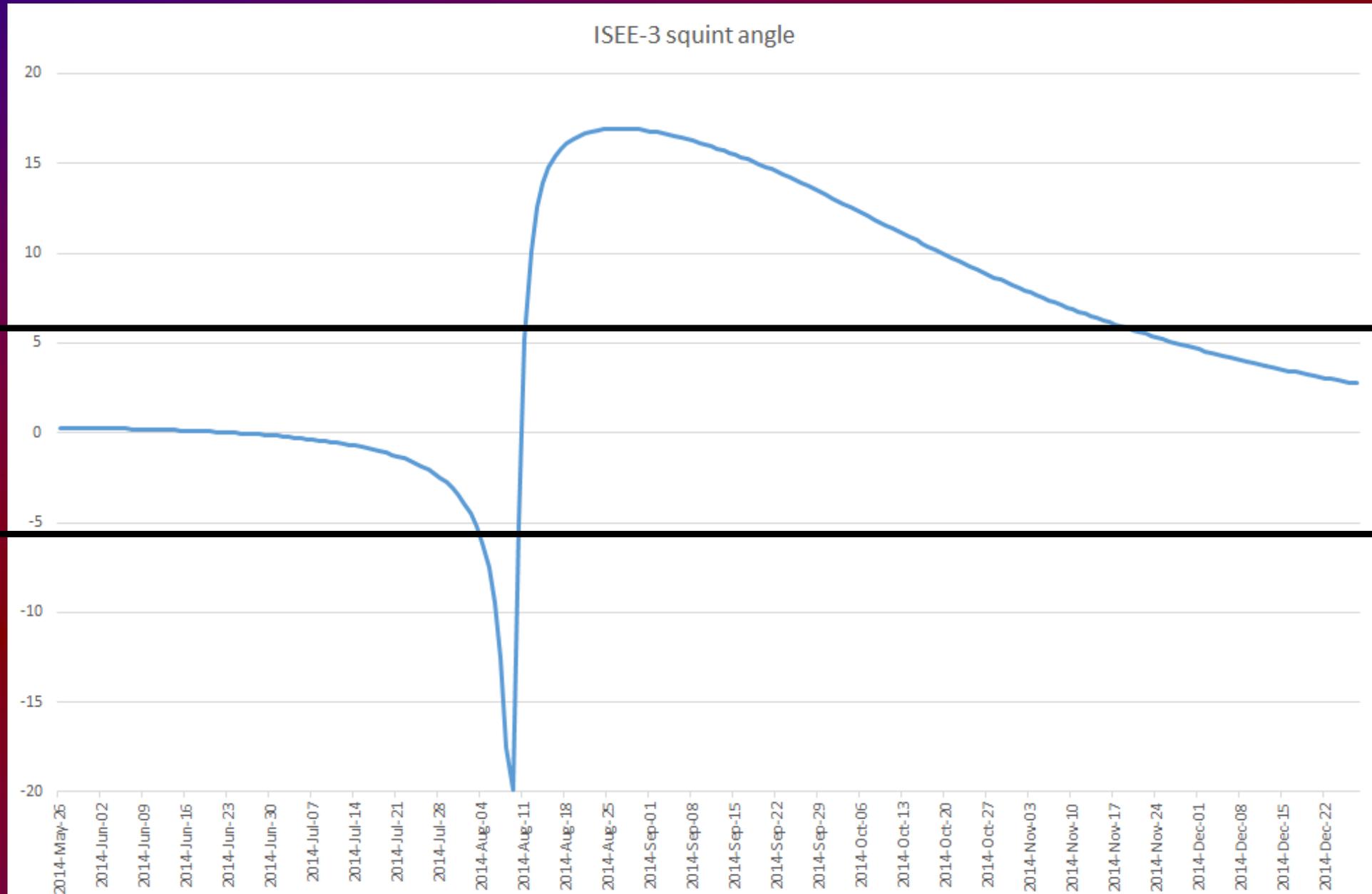


Mond Swing-By



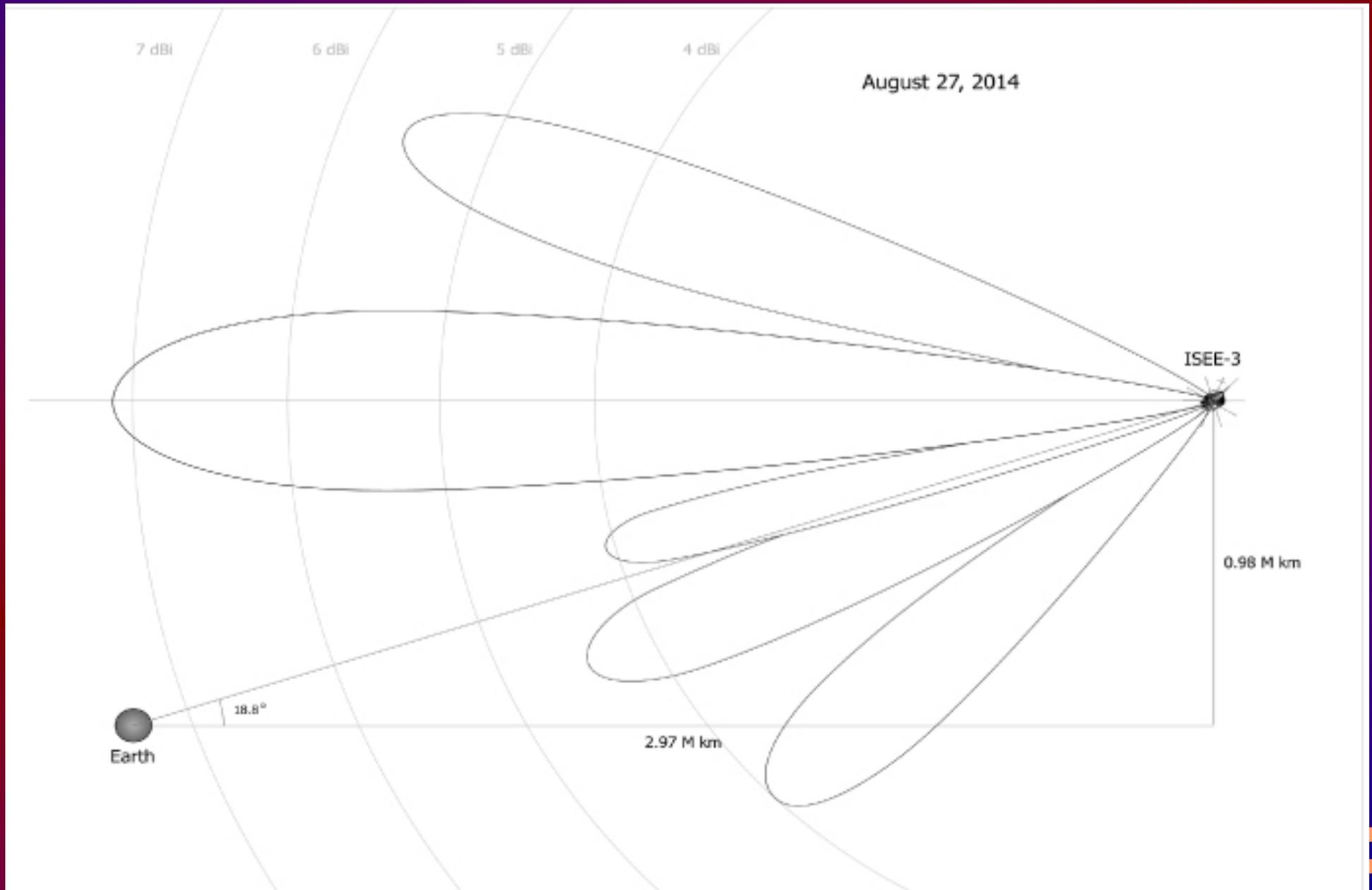


Problem: Sonde ausserhalb Ebene des Erdorbits (Ekliptik)



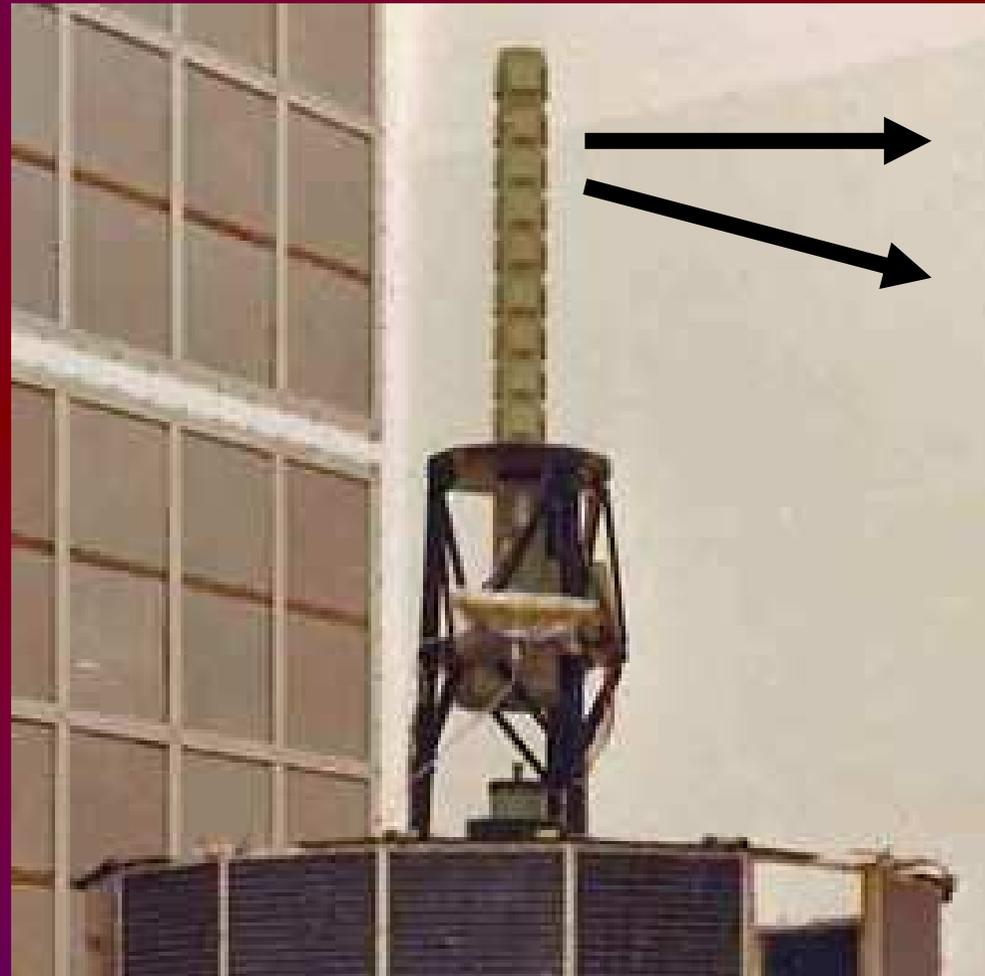
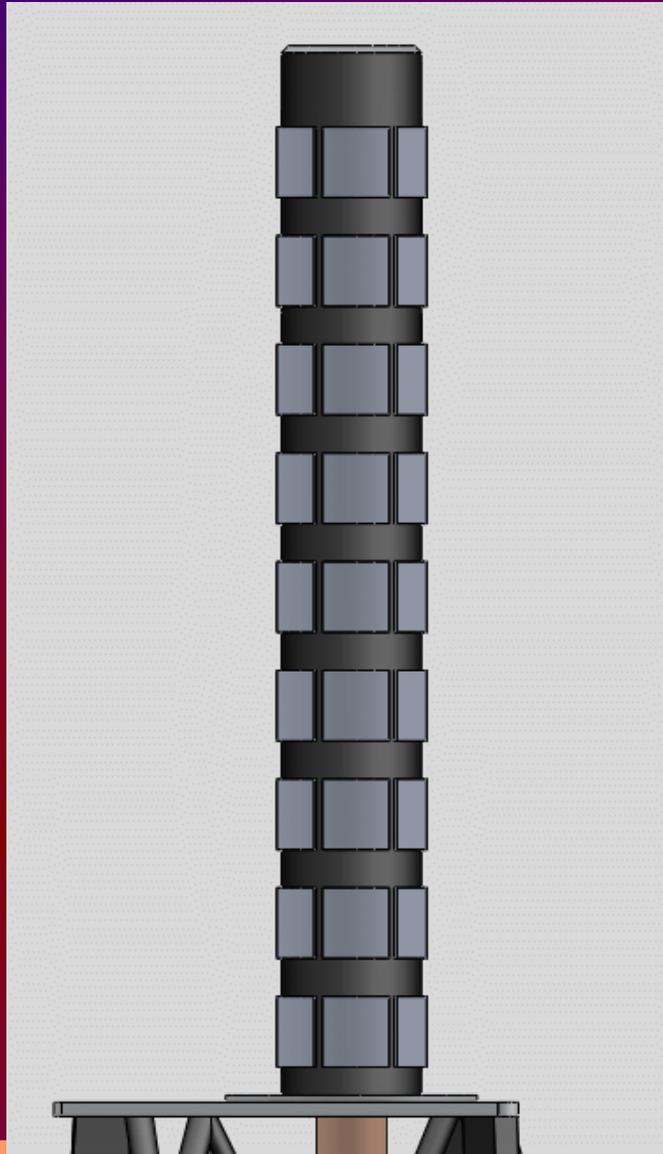


Problem: Sonde ausserhalb Ebene des Erdorbits (Ekliptik)





Antenne neu ausrichten



Ed Grebenstein, spacecollege.org/isee3



Aktueller Stand

- ISEE-3 wurde zuletzt am 16. September (ca. 5 Wochen nach dem Mond Vorbeiflug) gehört
- Annahme: Safe Mode (alle Sender aus, Strom sparen)
- Begründung: durch den Vorbeiflug wurde der Sonnenorbit geändert, Apoapsis ca. 1.18 AU (war 1.033 AU), dadurch geringere Solarleistung
- Batterie seit 1981 tot, ein Solarpanel mit reduzierter Leistung
- relativ hoher Stromverbrauch, da wissenschaftliche Experimente vom Vorbeiflug am Mond noch eingeschaltet waren
- ein kurzer Power Glitch → Safe Mode



Zusammenfassung

ISEE-3 fliegt weiter um die Sonne und wird 2021 zur Erde zurückkehren

Kann eine private Gruppe einen Satelliten steuern? Klar doch..

Grösste Probleme:

- ITAR
- Zeit
- fehlender Uplink (Leistung!)
- Navigation (wir brauchen kohärentes Ranging!)

bau Dir Deine eigene DSN Station :

www.uhf-satcom.com

groups.yahoo.com/neo/groups/amateur-DSN/info



Acknowledgements

AMSAT-DL BOD

insbesondere Michael DD5ER für die Arbeit vor Ort

Thilo Elsner DJ5YM, Sternwarte Bochum

Phil Karn KA9Q, Decoder-Guru

James Miller G3RUH, Tracking

Florian Wolters DF2ET (Webserver)

@DutchManPaul

Arecibo Team

Mike Loucks (@Astrogator_Mike), www.see.com

ISEE-3 Reboot Projekt Team



www.amsat-dl.org
www.sternwarte-bochum.de
spacecollege.org/isee3