

mur.sat – a space art project

Bernhard Tittelbach & Christian Pointner

9. April 2011

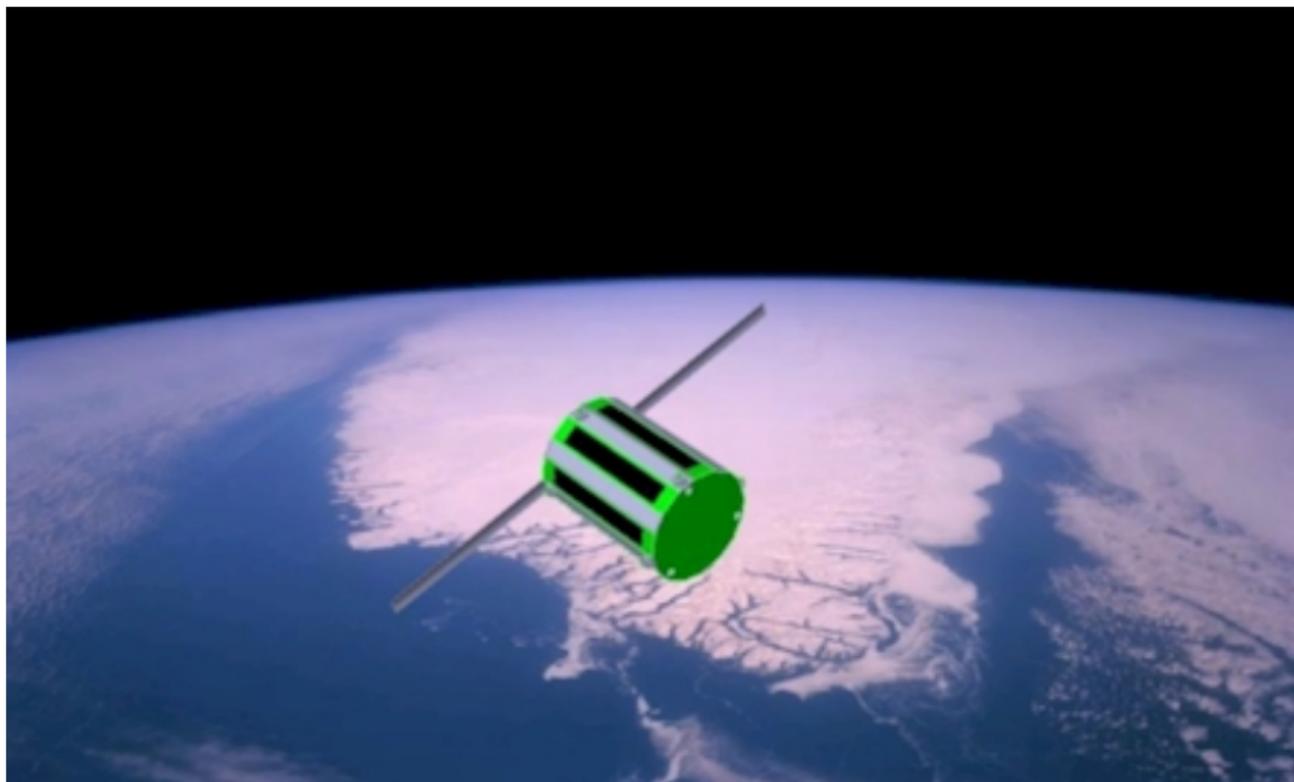


Überblick

- 1 About
- 2 Wie geht das?
- 3 Rahmenbedingungen
- 4 Technik des Satelliten
- 5 Into Space
- 6 Wir



Das Ziel



Geplante Anwendungen

- Piezo-Sensor
 - ▶ Partikeldetektion
 - ▶ Audiosamples vom Weltraum – Hintergrundrauschen
 - ▶ Soundart
- Counting, Noise Artist GX Jupiter-Larsen
 - ▶ Alien n-counter
 - ▶ Anzahl Reboots
 - ▶ Wechsel zwischen Erdschatten und Sonne
- gewonnene Daten frei und offen verfügbar!



Geplante Anwendungen

- Piezo-Sensor
 - ▶ Partikeldetektion
 - ▶ Audiosamples vom Weltraum – Hintergrundrauschen
 - ▶ Soundart
- Counting, Noise Artist GX Jupiter-Larsen
 - ▶ Alien n-counter
 - ▶ Anzahl Reboots
 - ▶ Wechsel zwischen Erdschatten und Sonne
- gewonnene Daten frei und offen verfügbar!



Geplante Anwendungen

- Piezo-Sensor
 - ▶ Partikeldetektion
 - ▶ Audiosamples vom Weltraum – Hintergrundrauschen
 - ▶ Soundart
- Counting, Noise Artist GX Jupiter-Larsen
 - ▶ Alien n-counter
 - ▶ Anzahl Reboots
 - ▶ Wechsel zwischen Erdschatten und Sonne
- gewonnene Daten frei und offen verfügbar!



Geplante Anwendungen

- Piezo-Sensor
 - ▶ Partikeldetektion
 - ▶ Audiosamples vom Weltraum – Hintergrundrauschen
 - ▶ Soundart
- Counting, Noise Artist GX Jupiter-Larsen
 - ▶ Alien n-counter
 - ▶ Anzahl Reboots
 - ▶ Wechsel zwischen Erdschatten und Sonne
- gewonnene Daten frei und offen verfügbar!



Geplante Anwendungen – cont'd

- Webcam / Bilder von der Erde
- Daten fliegen mit



Geplante Anwendungen – cont'd

- Webcam / Bilder von der Erde und dem Satelliten
- Daten fliegen mit



Geplante Anwendungen – cont'd

- Webcam / Bilder von der Erde und dem Satelliten
- Daten fliegen mit
 - ▶ Kinderwünsche im Himmel, verglühen als Sternschnuppe
 - ▶ 2 *kiB* komprimierte Europäische Kultur als Audiodaten. Künstler hoffen das ein paar Bits umfallen
 - ▶ je nach Energiebudget als Broadcast vom Satelliten



Mögliche weitere Ideen

- Orientierungssensor (erschütterungsstabil?)
- Amateurfunkrelay
- poor man's space travel (Haare)
- Radio-Scanner
Was hört man im Weltraum von uns?
- LED-Graffiti am Himmel
(in Asien gerade umgesetzt)
- Witze an die Erde morsen
- Vorschläge noch möglich :-)



Überblick

- 1 About
- 2 Wie geht das?**
- 3 Rahmenbedingungen
- 4 Technik des Satelliten
- 5 Into Space
- 6 Wir



InterOrbital Systems

- kleines Unternehmen in der Mojave-Wüste, Kalifornien
- Eigenentwicklung einer kleinen Trägerrakete
- Langzeitplan: Bemannte Raumfahrt
- Kurzzeitplan: TubeSat Kit
 - ▶ Nanosatelliten
 - ▶ ca. 32 pro Start in einen LEO ($\approx 310 \text{ km}$)
 - ▶ TubeSat Kit inkl. Start um $\approx 8000 \text{ USD}$
- <http://www.interorbital.com/>



IOS TubeSat Kits

- 50 Solarzellen
- 2600 *mAh* Li-Ion-Akku
- Sample Ejection Cylinder
- Beispiel-PCB-Schemata auf CD
- 2 Maßband-Streifen (Dipol-Antenne)
- 2 Microhard 2,4 *GHz* Modems
- Basic- μ C Development-Board



TubeSat Kit von IOS



Was noch nötig ist/war

- gefertigte PCBs
- Bauteile für PCBs
- Möglichkeit zum Reflow-Löten
- neue μC : 2 PICs + 1 LPC1343 (ARM Cortex-M3)
- neues Transceiver Board und Design
- Payload Hardware



Bauteile



Überblick

- 1 About
- 2 Wie geht das?
- 3 Rahmenbedingungen**
- 4 Technik des Satelliten
- 5 Into Space
- 6 Wir



Technische Herausforderungen

- Masse $\leq 750 \text{ g}$
- ca. $9,5 \text{ cm}$ Durchmesser und ca. 13 cm Länge
- Energieversorgung
- Mechanische Belastung (vor allem beim Start)
- Thermische Belastung
- keine Konvektion im Vakuum



Organisatorische Herausforderungen

- Satellit muss angemeldet werden
- die verwendeten Frequenzen müssen angemeldet werden
- Finanzierung
- Raketenstart noch 2011!

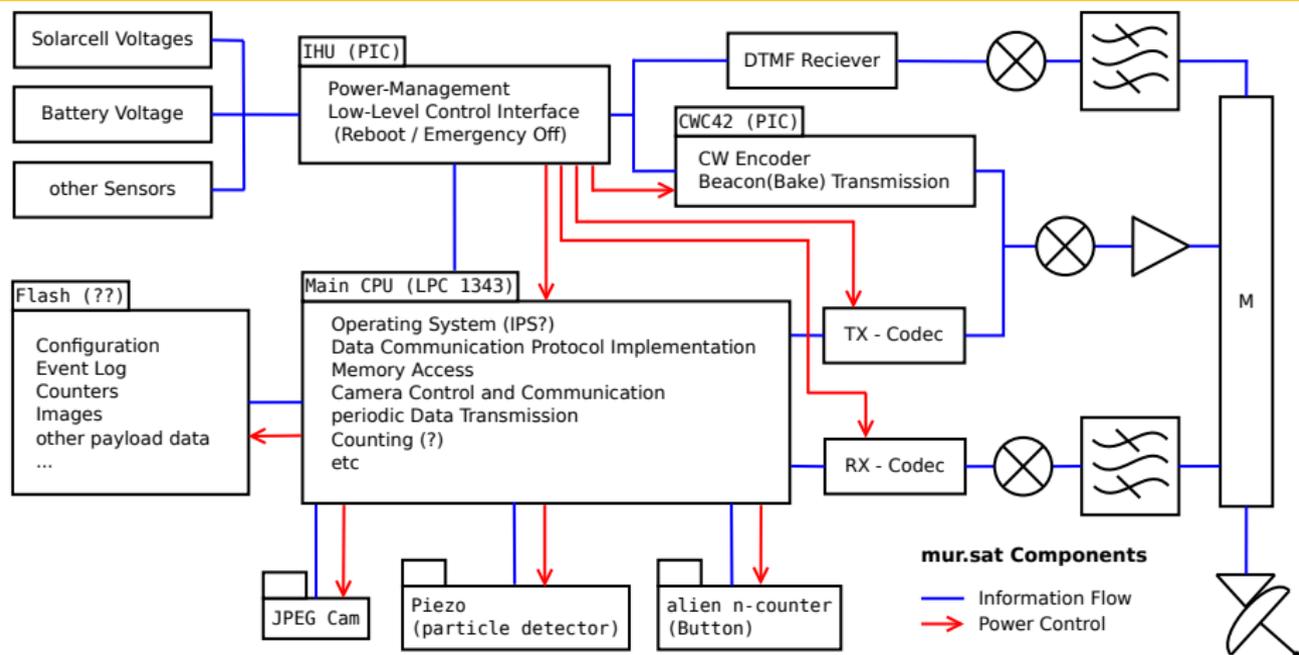


Überblick

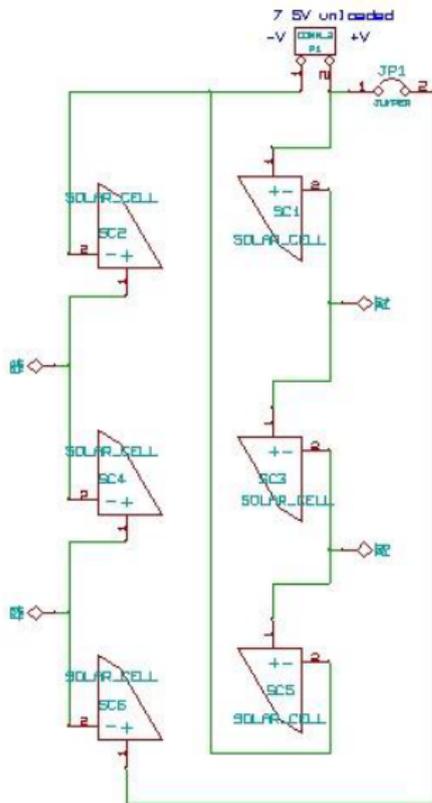
- 1 About
- 2 Wie geht das?
- 3 Rahmenbedingungen
- 4 Technik des Satelliten**
- 5 Into Space
- 6 Wir



Komponenten - Überblick



Energieversorgung



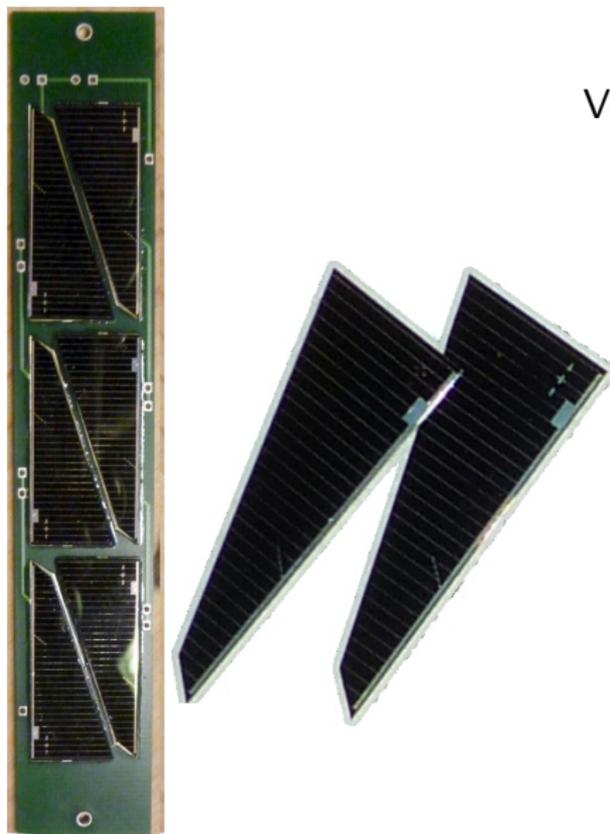
©Schaltbild IOS

Versorgung via Solarzellen:

- pro Zelle (optimaler Sonneneinfall):
 - ▶ $\approx 28 \text{ mA} @ 2,2 \text{ V}$
- pro Solar-PCB:
 - ▶ 3 Zellen in Serie
 - ▶ $\approx 56 \text{ mA} @ 6,6 \text{ V}$
- Gesamt:
 - ▶ maximal 3 PCBs im Sonnenlicht
 - ▶ max $\approx 168 \text{ mA} @ 6,6 \text{ V}$ oder $\approx 1100 \text{ mW}$
 - ▶ real $\approx 500 \text{ mW}$ erhofft



Energieversorgung



Versorgung via Solarzellen:

- pro Zelle (optimaler Sonneneinfall):
 - ▶ $\approx 28 \text{ mA} @ 2,2 \text{ V}$
- pro Solar-PCB:
 - ▶ 3 Zellen in Serie
 - ▶ $\approx 56 \text{ mA} @ 6,6 \text{ V}$
- Gesamt:
 - ▶ maximal 3 PCBs im Sonnenlicht
 - ▶ max $\approx 168 \text{ mA} @ 6,6 \text{ V}$ oder $\approx 1100 \text{ mW}$
 - ▶ real $\approx 500 \text{ mW}$ erhofft



Kommunikations – Kanäle I

2 bis 4 eigenständige Kanäle in:

- 144 – 146 *MHz* (2 *m*, VHF)
Bandbreite ≤ 12 *kHz*
- 437 *MHz* (0,5 – 1 *m*, UHF)
Bandbreite ≤ 40 *kHz*



Kommunikations – Kanäle II

CRX Control RX

- DTMF
- Interrupt an IHU
- ständig verfügbarer Kanal

TTX Telemetry Bake

- CW @ $r \approx 60 \text{ cps}$
- $\geq 1 \times$ pro min
- unteres TX Band-ende

RX/TX Datenkanal/kanäle

- FSK / AFSK
- parallel zu CW nach Möglichkeit (sonst abwechselnd)
- Fullduplex nach Möglichkeit



Kommunikation – CRX: DMTF Notfall Kommandos

- Sender Not-Aus (Shut-Up!)
- Sender Not-Aus Aus (no Shut-Up!)
- Reset
- Payload Empfänger Ein
- ...



Kommunikation – CRX: DMTF Notfall Kommandos

- **Sender Not-Aus (Shut-Up!)**
- Sender Not-Aus Aus (no Shut-Up!)
- Reset
- Payload Empfänger Ein
- ...



Kommunikation – TTX: Telemetry Bake

- Rufzeichen
- Batteriespannung
- Temperatur
- Spannung der Solarkollektoren (gesamt)
- Zeit (RTC)
- Parityzeichen zur Fehlererkennung



Kommunikation – TTX: Telemetry Bake

- Rufzeichen
- Batteriespannung
- Temperatur
- Spannung der Solarkollektoren (gesamt)
- Zeit (RTC)
- Parityzeichen zur Fehlererkennung

Example (Leerzeichen zur Lesbarkeit)

OE0MUR 5.1V 80C 4.88V 220505 X



Kommunikation – Hardware

Derzeitige Idee:

- AFSK direkt in Payload CPU (SDR)
- CW für Bake, generiert mit eigenem μC
- Modulatoren für verschiedene Frequenzbänder



Kommunikation – Hardware

Derzeitige Idee:

- AFSK direkt in Payload CPU (SDR)
- CW für Bake, generiert mit eigenem μC
- Modulatoren für verschiedene Frequenzbänder

Eventuell findet sich fertige Hardwarelösung

- Stromverbrauch zu Sendeleistung
- Baugröße
- Preis
- weltraumtauglichkeit



Kommunikation – Bodenstation

- Bau noch nicht begonnen.
- Genso-Netzwerk Teilnahme wünschenswert
derzeit „closed due to open-sourcing“
- Satelliten-Amateurfunker als weitere Basisstationen
 - ▶ z.B.: Amateurfunkbodenstation am IKS
 - ▶ Administration und Kommunikation?
 - ▶ Automatisierung?



Kommunikation – Bodenstation

- Bau noch nicht begonnen.

Example (mögliche Hardware)

- ▶ Egg-Beater Antenne (Eierquirl)
- ▶ Yagi mit mechanischer Nachführung
- Genso-Netzwerk Teilnahme wünschenswert derzeit „closed due to open-sourcing“
- Satelliten-Amateurfunker als weitere Basisstationen
 - ▶ z.B.: Amateurfunkbodenstation am IKS
 - ▶ Administration und Kommunikation?
 - ▶ Automatisierung?



Kommunikation – Bodenstation

- Bau noch nicht begonnen.
- Genso-Netzwerk Teilnahme wünschenswert
derzeit „closed due to open-sourcing“
- Satelliten-Amateurfunker als weitere Basisstationen
 - ▶ z.B.: Amateurfunkbodenstation am IKS
 - ▶ Administration und Kommunikation?
 - ▶ Automatisierung?



Kommunikation – Bodenstation

- Bau noch nicht begonnen.
- Genso-Netzwerk Teilnahme wünschenswert
derzeit „closed due to open-sourcing“
- Satelliten-Amateurfunker als weitere Basisstationen
 - ▶ z.B.: Amateurfunkbodenstation am IKS
 - ▶ Administration und Kommunikation?
 - ▶ Automatisierung?



Kommunikation – Bodenstation

- Bau noch nicht begonnen.
- Genso-Netzwerk Teilnahme wünschenswert
derzeit „closed due to open-sourcing“
- Satelliten-Amateurfunker als weitere Basisstationen
 - ▶ z.B.: Amateurfunkbodenstation am IKS
 - ▶ Administration und Kommunikation?
 - ▶ Automatisierung?



Kommunikation – Bodenstation

- Bau noch nicht begonnen.
- Genso-Netzwerk Teilnahme wünschenswert
derzeit „closed due to open-sourcing“
- Satelliten-Amateurfunker als weitere Basisstationen
 - ▶ z.B.: Amateurfunkbodenstation am IKS
 - ▶ Administration und Kommunikation?
 - ▶ Automatisierung?



Kommunikation – Access-Window

- eher kurz (siehe Orbit)
- meiste Zeit keine Bodenstation in Reichweite
 - ▶ definierte Zeiten: Payload Transceiver aus
 - ▶ Override via CRX



Kommunikation – Datenmengen

Bedarfsschätzungen

100 *kiB* mitfliegende Texte, regelmäßig

1 *MiB* Piezo Samplingdaten

300 *kiB* pro Bild

vermutlich erreichbar

0 – 12 *MiB* Daten über gesamte Missionsdauer



Kommunikation – TX/RX logisches Protokoll

Anforderungen

- simpel
- resistent gegen
 - ▶ Kommunikationsabbruch
 - ▶ Übertragungsfehler
 - ▶ fehlende Antworten
- vielseitig (zukünftige Anforderungen)
- Satelliten-Zustand muss nicht bekannt sein

Organisation

- in Speicherbereiche



Kommunikation – TX/RX logisches Protokoll

Anforderungen

- simpel
- resistent gegen
 - ▶ Kommunikationsabbruch
 - ▶ Übertragungsfehler
 - ▶ fehlende Antworten
- vielseitig (zukünftige Anforderungen)
- Satelliten-Zustand muss nicht bekannt sein

Organisation

- in Speicherbereiche



Kommunikation – TX/RX logisches Protokoll

Kommandos

- Schreibe Daten auf Adresse

[CmdID]-[start]-[length]-[data]

- Speicher Download

[CmdID]-[start]-[length]

- NACK: Download Liste von Adressen

[CmdID]-[address-list]

- Setze Konfigurationswert

[CmdID]-[value-id]-[value]

- Dumpe Konfigurationswerte

[CmdID]



Kommunikation – TX/RX logisches Protokoll

Ideen:

- Frame Struktur
- Kommandos gleich ausführen oder „queuen“
 - Input Buffer
 - ▶ nicht-flüchtiger Speicher (power cycle resistant)
 - ▶ Array von Frames
 - ▶ führt Kommandos erst aus, wenn alle Teilframes fehlerfrei empfangen wurden
 - ▶ Resultat → Log → nächster Download



CPU – Hauptprozessor und Payload-Applikationen

- CPU: LPC1343, ein ARM Cortex-M3
- Webcam: 1024x768 (?)
- Bild „Qualitäts-“Beurteilung durch CPU, z.B.:
 - ▶ Farbanteil im Bild
 - ▶ Dateigröße (JPEG, DCF-Kompression)
- Button
- Piezo



Testen

- Bauteile im Vakuum
- Satellit am Rütteltisch
- Batterie und Bauteile bei $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Strahlung ? \rightarrow wird ignoriert
- Ballonstart



Überblick

- 1 About
- 2 Wie geht das?
- 3 Rahmenbedingungen
- 4 Technik des Satelliten
- 5 Into Space**
- 6 Wir



3, 2, 1, ... Lift-Off

Ablauf:

- 1 „Launch“ in Graz mit der Post
- 2 echter „Launch“ von IOSs Raumhafen
- 3 Deployment im Orbit
 - ▶ 32 Sats werden aus der Neptune geschoben.
 - ▶ ca $> 2 \text{ min}$ Abstand ($> 64 \text{ min}$ space within 90 min orbit, probably evenly distributed across orbit).
- 4 Vermessung des genauen Orbits durch NORAD & Co
für Objekte unserer Größe: $\leq 7 \text{ Tage}$ Bestimmungsdauer



3, 2, 1, ... Lift-Off

Ablauf:

- 1 „Launch“ in Graz mit der Post Party !!!!
- 2 echter „Launch“ von IOSs Raumhafen
- 3 Deployment im Orbit
 - ▶ 32 Sats werden aus der Neptune geschoben.
 - ▶ ca $> 2 \text{ min}$ Abstand ($> 64 \text{ min}$ space within 90 min orbit, probably evenly distributed across orbit).
- 4 Vermessung des genauen Orbits durch NORAD & Co für Objekte unserer Größe: $\leq 7 \text{ Tage}$ Bestimmungsdauer



3, 2, 1, ... Lift-Off

Ablauf:

- 1 „Launch“ in Graz mit der Post Party !!!!
- 2 echter „Launch“ von IOSs Raumhafen
- 3 Deployment im Orbit
 - ▶ 32 Sats werden aus der Neptune geschoben.
 - ▶ ca $> 2 \text{ min}$ Abstand ($> 64 \text{ min}$ space within 90 min orbit, probably evenly distributed across orbit).
- 4 Vermessung des genauen Orbits durch NORAD & Co
für Objekte unserer Größe: $\leq 7 \text{ Tage}$ Bestimmungsdauer



3, 2, 1, ... Lift-Off

Ablauf:

- 1 „Launch“ in Graz mit der Post Party !!!!
- 2 echter „Launch“ von IOSs Raumhafen
- 3 Deployment im Orbit
 - ▶ 32 Sats werden aus der Neptune geschoben.
 - ▶ ca $> 2 \text{ min}$ Abstand ($> 64 \text{ min}$ space within 90 min orbit, probably evenly distributed across orbit).
- 4 Vermessung des genauen Orbits durch NORAD & Co für Objekte unserer Größe: $\leq 7 \text{ Tage}$ Bestimmungsdauer



3, 2, 1, ... Lift-Off

Ablauf:

- 1 „Launch“ in Graz mit der Post Party !!!!
- 2 echter „Launch“ von IOSs Raumhafen
- 3 Deployment im Orbit
 - ▶ 32 Sats werden aus der Neptune geschoben.
 - ▶ ca $> 2 \text{ min}$ Abstand ($> 64 \text{ min}$ space within 90 min orbit, probably evenly distributed across orbit).
- 4 Vermessung des genauen Orbits durch NORAD & Co für Objekte unserer Größe: $\leq 7 \text{ Tage}$ Bestimmungsdauer



Raumhafen



- Tonga
 - ▶ Königreich und Inselstaat im Südpazifik
 - ▶ Äquatornahe (südl. 21. Breitengrad)
- Start von der Küste von Kalifornien (Schiff)
(oder Tonga oder Alaska)

©Bild IOS



Raumhafen

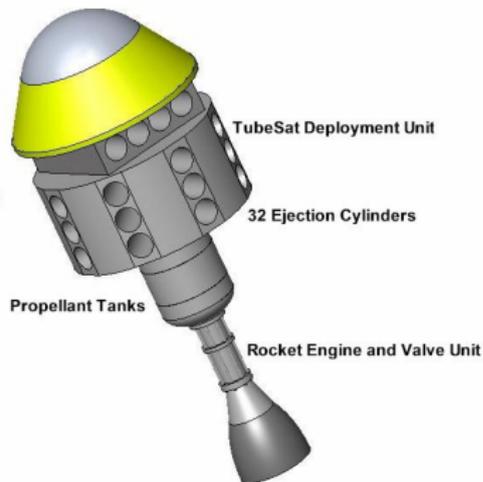
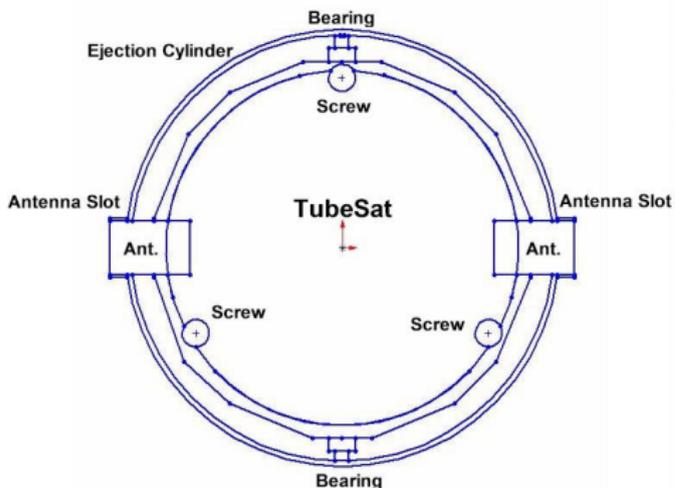


- Tonga
 - ▶ Königreich und Inselstaat im Südpazifik
 - ▶ Äquatornahe (südl. 21. Breitengrad)
- Start von der Küste von Kalifornien (Schiff)
(oder Tonga oder Alaska)

©Bild IOS



Launch Vehicle



©Bild IOS

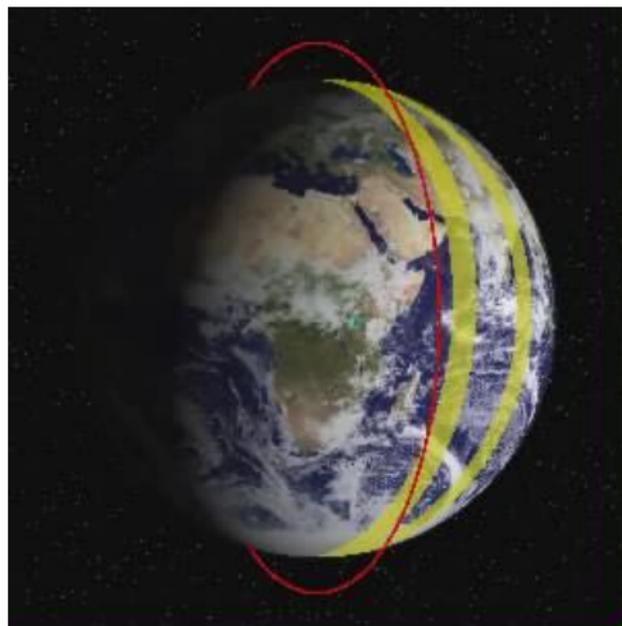
- Neptune 45 (N45) – TubeSat-Deployment-Unit

- ▶ derzeit in Entwicklung / Test by IOS
- ▶ Mojave-Wüste im Südosten von Kalifornien



Orbit

- Polar LEO
- Umlaufzeit $\approx 90 \text{ min}$
 - $\Rightarrow \approx 310 \text{ km}$ Höhe
 - $\Rightarrow \approx 22,5^\circ$ Erddrehung / Orbit
- Bei 60° Access-Region
 - $\Rightarrow 1..3\times$ / Tag&Bodenstation
- atmosphärische Reibung
 - \Rightarrow Orbit Decay
 - \Rightarrow Missionsdauer: 0 – 6 *Wochen*



©Brandir, CC-BY-Sa



Überblick

- 1 About
- 2 Wie geht das?
- 3 Rahmenbedingungen
- 4 Technik des Satelliten
- 5 Into Space
- 6 Wir**



Wer sind wir?

- mur.at 

- ESC im Labor 

- realraum 



Wer sind wir?

- mur.at 
 - ▶ Internet- und Serviceprovider für Kunst- und Kulturschaffende
 - ▶ Organisation und Projektträger

- ESC im Labor 

- realraum 



Wer sind wir?

- mur.at 

- ESC im Labor 
 - ▶ Kulturverein und Galerie in Graz
 - ▶ künstlerische Auseinandersetzung

- realraum 



Wer sind wir?

- mur.at



- ESC im Labor



- realraum



- ▶ Hackerspace in Graz
- ▶ Verein von gleichgesinnten Technik-Freaks :-)
- ▶ technische Umsetzung



Technik-Team

Basissystem/IHU/Power	Christian Pointner, Bernhard Tittelbach, Takashi Linzbichler
Radiokommunikation	Patrick Strasser, Robert Kiendl, Bernhard Tittelbach
HighLevelKommunikation	Bernhard Tittelbach, Patrick Strasser, Christian Pointner
Payload/OS	Takashi Linzbichler, Christoph Holas, Roland Sahlsten, Christoph Braunecke, Bernhard Tittelbach, Christian Pointner
Testumgebung	Ernesto Rico-Schmidt, Takashi Linzbichler
Ballonstart	Christoph Holas, Reni Hofmüller



Fotos von der Arbeit



Offene Tasks – Hilfe Bitte!

- Mechanisches und Thermisches Design
- Aufbau der Bodenstation (Genso kompatibel?)
- Live Visualisierung / Aufbereitung der Satellitendaten
- I-Q SDR Mischer bauen
- Bodenstation-Netzwerk-Kommunikation
- Testen, Testen, Testen
- Budget aufstocken



Termine

Dienstag 12. April **Yuri's Night**

Party, 50 Jahre bemannter Raumflug

Wo: ESC im Labor, Jakoministr 16, 1. Stock

Dienstag 21. April **realraum Sozialtreffen**

Schau vorbei!

Wo: Jakoministr. 16, Erdgeschoß

<http://sat.mur.at>

<http://www.realraum.at>

