

SPACE SCIENCE INVOLVEMENT FUNCUBE – GB4FUN – FUNCUBE DONGLE



USKA JAHRESTREFFEN 24. SEPTEMBER 2011
HB9WDF – MICHAEL LIPP



Einleitung

Seit 12.12.1961 werden Satelliten mit Amateurfunk-Nutzlast in den Orbit und darüber hinaus geschossen. Und nicht erst seit dann, schon mit dem Start von Sputnik waren die Funkamateure diejenigen, welche die Signale einem breiten Publikum zugänglich gemacht haben.

Wir Funkamateure brachten uns publikumswirksam in eine ausgezeichnete Lage. Wir bekamen von Seiten Politik, Behörden und Wirtschaft grosse Unterstützung, unsere Satellitenprojekte voranzutreiben.

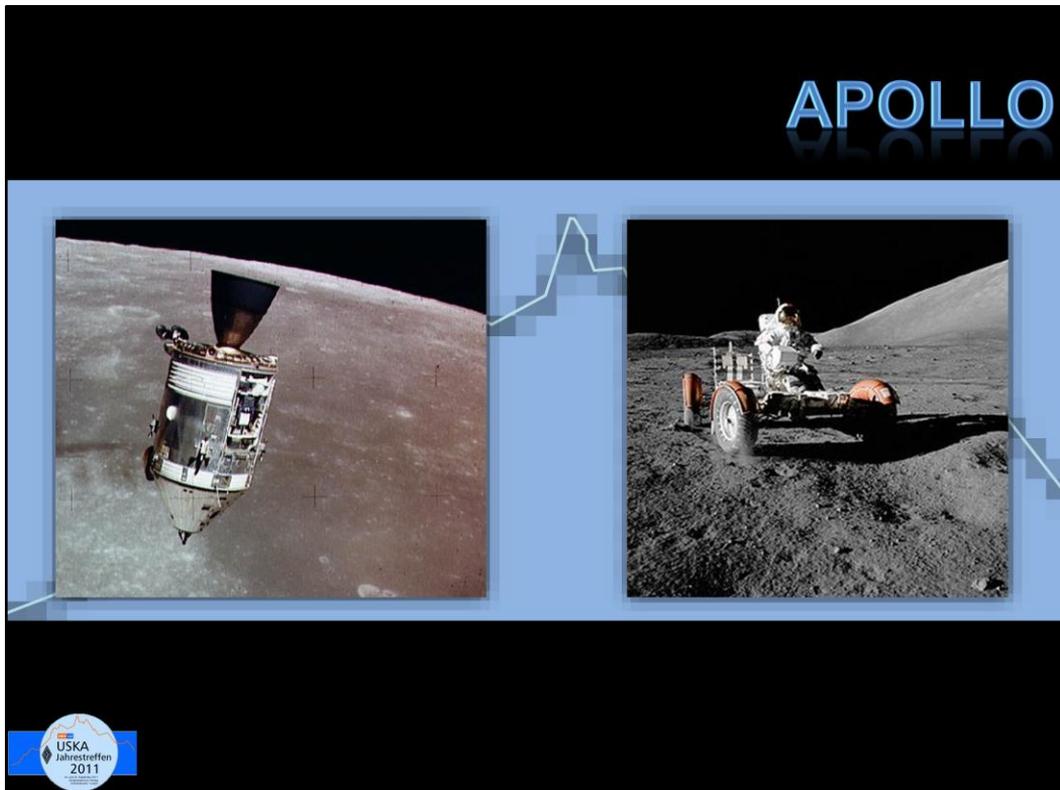
Das neue Jahrtausend hat einige Schatten über unsere Projekte geworfen. Die Satellitenstarts sind unbezahlbar geworden. Aus der Not eine Tugend gemacht, hat die RSGB: Mit einem nachhaltigen Projekt wird das Thema Space-Science auf eindruckliche Weise wieder einem breiten Publikum zugänglich gemacht. Mit dem Satelliten Funcube, der Bodenstation GB4FUN und nicht zuletzt einem genialen SDR-Empfänger Funcube-Dongle wird mit flankierten, methodischen Massnahmen ein neuer Weg beschritten.

Um aber das Projekt genauer verstehen zu können, machen wir nochmals einen Ausflug in die Vergangenheit.

50 JAHRE „AMATEURFUNK“-RAUMFAHRT



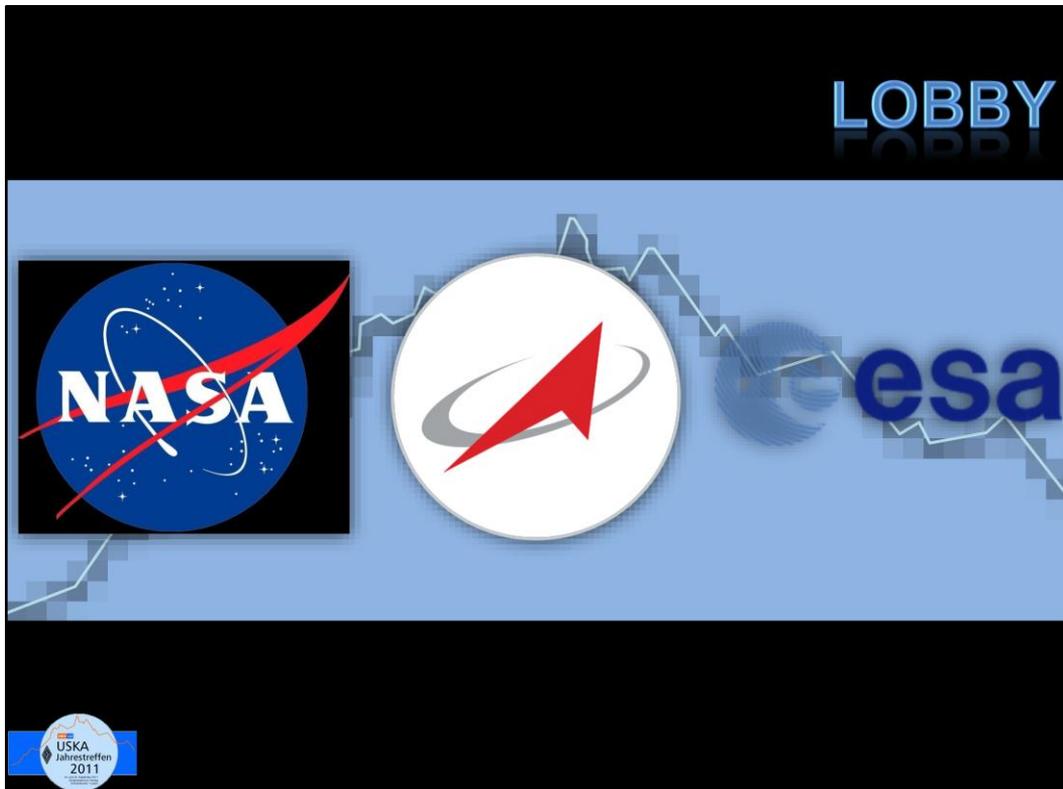
Wie schon erwähnt, waren findige Funkamateure von der ersten Minute auf 20 MHz auf Empfang, als Sputnik seine Signale zur Erde piepste. Auch die folgenden Missionen von Jury Gagarin wurden empfangen und medienwirksam veröffentlicht. Und wenn man bedenkt, wie jung das Raumfahrtzeitalter war, ist doch erstaunlich, dass die damaligen Funkamateure es bereits am 12.12.1961 schafften, den eigenen Amateurfunksatelliten in den Weltraum zu schießen. Die US-Airforce hat das Engagement gewürdigt und den Satelliten als Piggy-Pack mitgenommen. Die ganze Story darüber kann auf unserer Webseite von HB9LU nachgelesen werden, respektive im kommenden AMSAT-DL Journal wird darüber ein grösserer Bericht erscheinen.



Die damalige OSCAR Groupe INC, die den ersten Amateurfunksatelliten und nachfolgende, bauten, hatten schon früh Kontakt zur NASA und ihren Astronauten. Auf den Apollo-Missionen wurde ein 13cm Telemetrie-Bake mitgenommen. Der Kontakt wurde zu Dr. Owen Garriott geknüpft einem zum Apollo gehörenden Astronauten.

Dr. Owen Garriott (Jg 1930) hat im Alter von 15 Jahren die Amateurfunkprüfung bestanden. Seine Begeisterung zur Materie zeigte sich auch in der Themenwahl seiner Doktorarbeit: Dr. Owen Garriott die sich mit der Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen in den oberen Atmosphärenschichten befasst. Wir werden heute Abend noch öfters den Namen Garriott hören...

Die Idee entstand, im Mondauto an der Thermo-Nuklearen Energiequelle einen Repeater zu installieren. Leider wurde die Mission gestrichen und so warten wir heute immer noch auf unseren Mond-Repeater. Aber nicht auf Owen Garriott: Der spätere Skylab und Shuttle-Astronaut hat uns gute Dienste erwiesen, wie wir später noch sehen werden.



Lobby

Die grossen Raumfahrtagenturen erkannten schon früh, dass mit dem Amateurfunk eine Win-Win-Situation entsteht. Technikbegeisterten Funkamateure sind die perfekten Botschafter für die bemannte und unbemannte Raumfahrt. Beinahe gratis liessen die Agenturen die von den Funkamateuren gebauten Satelliten als auf den Testflügen neuer Trägerraketen mitfliegen. Für Astro- und Kosmonauten ist es heute eine Selbstverständlichkeit, ein eigenes Rufzeichen zu besitzen.

Selbst auf der Mars-Mission von Global-Surveyor wurde im 70cm über Jahre eine Telemetriebacke ausgesandt.

In den eigenen Förderprogrammen nimmt der Amateurfunk bei den Raumfahrtagenturen immer wieder eine zentrale Rolle ein.

SAREX - MAREX - ARISS

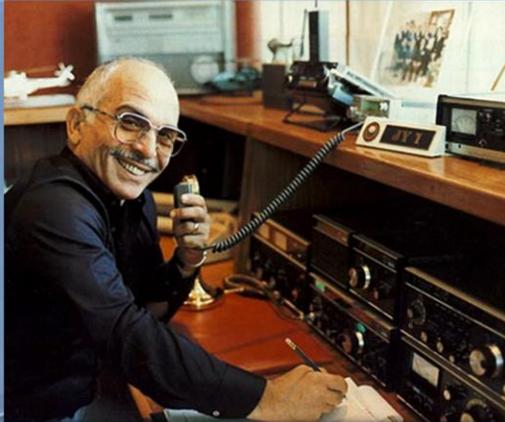


SAREX – MAREX – ARISS:

Besonders deutlich wird die starke Lobby bei der Betrachtung der bemannten Raumfahrt: Bereits schon für Skylab war eine Amateurfunkstation an Bord geplant, kam aber leider wegen widrigen Umständen nicht mehr zum Aufbau. Dieses Anliegen wurde damals wieder von Astronaut Dr. Owen Garriott W5LFL vorangetrieben. Schon zu Beginn der Space-Shuttle-Flüge wurde die SAREX (Space-Shuttle-Amateur-Radio-Experiment) entwickelt. Wir sehen auf dem Bild links die Anlage, die einfach unter das Deckfenster auf der Brücke des Shuttles mit Klett befestigt wurde. Die Russen zogen nach und hatten über Jahre eine erfolgreiche Amateurfunkstation an Bord der MIR (MAREX) betrieben.

Und mit der Internationalen Raumstation ISS beweisen die Raumfahrtagenturen Ihr grosses Interesse am Amateurfunk: In den gut 10 Jahren, in welcher die ISS um die Erde fliegt, sind schon über 650 Schulkontakte rund um die Welt mittels Amateurfunk durchgeführt worden.

JY1 UND W5LFL



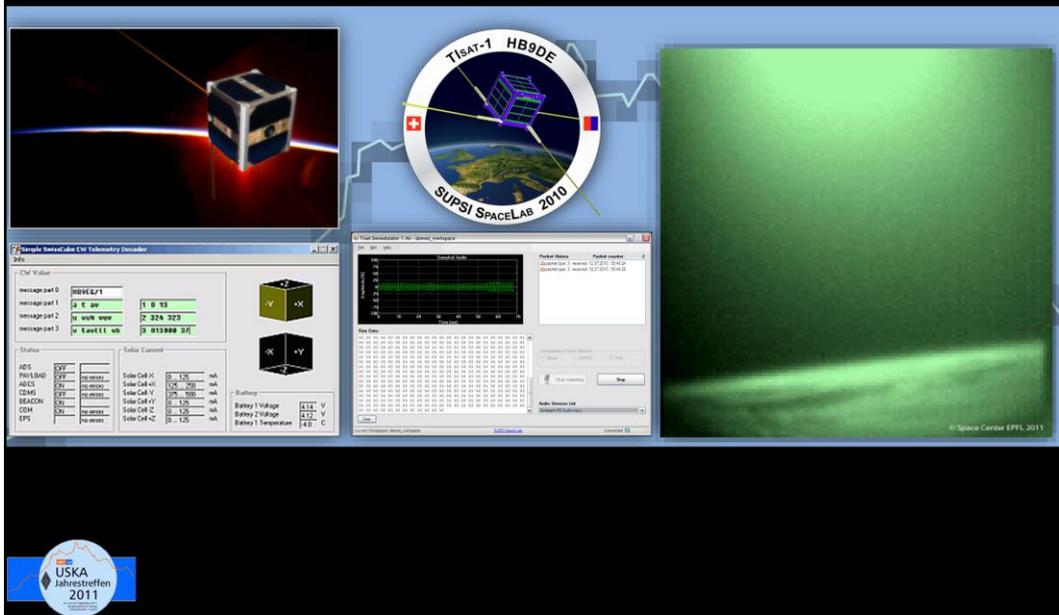
Beim Shuttle-Flug STS-9 war einer der historischen und medienwirksamen Momente: W5LFL während des Kontakts mit dem jordanischen König Hussein JY1. Diesem historischen QSO wollen wir kurz beiwohnen. Die folgende Audio-Datei wurde im Shack von König Hussein aufgezeichnet.



Die Amsat hat viele Satelliten entwickelt. Von Schüler bis Ingenieure bauen in irgendeiner Form an den Satelliten mit. Oscar-7, gestartet 1974, ist nach ein paar Jahren verstummt. Seit dem Wiedererwachen ist OSCAR-7 inzwischen einige Jahre länger aktiv, als er in der 70er Jahren war. Der Satellit hat ein 13cm Sender an Bord! Das Transpondermodul, was mit der sogenannten HELAPS-Technologie aufgebaut wurde, war für die damalige Zeit revolutionär klein, was uns Funkamateure in der Industrie einen Achtungserfolg brachte.

OSCAR-10 und 13 waren Meilensteine und viele Experimente wurden mit ihnen weltweit durchgeführt. OSCAR-10 war der erste Satellit überhaupt, der einen frei programmierbaren Bordcomputer hatte. Entwickelt in den 70er Jahren – eine Glanzleistung. Ganz geschwiegen von OSCAR-40: Vollgestopft mit Experimenten, hat er die Satellitenwelt begeistert: Ganze 8 Empfänger und 6 Sender von HF bis 24 GHz konnten via einer Matrix miteinander gekoppelt werden. Das von der NASA unterstützte GPS-Experiment war ein grosser Erfolg. Dazu kamen Innovationen in der Laserkommunikation, Magnetisch gelagerten Schwungräder mit 30 mNm Drehmoment, ein neuartiges Triebwerk und vieles mehr machten den Satelliten zum grössten und faszinierendsten Experiment, was die Funkamateure bisher in den Erdorbit gebracht haben. Aus wissenschaftlicher Sicht machte das Strahlungsexperiment CEDEX von sich reden, dass dank der hochelliptischen Bahn von AO-40 eine zweite Spitze des Protonenflusses der irdischen Magnetosphäre entdeckte.

SWISSCUBE UND TISAT-1



Mit der SMD-Technik wurde auch die Miniaturisierung vorangetrieben und Standards geschaffen. So auch die vielen Cubesats, die von den Universitäten mit Standardmodulen gebaut, schon wie eine Inflation den Low Earth Orbit bevölkern.

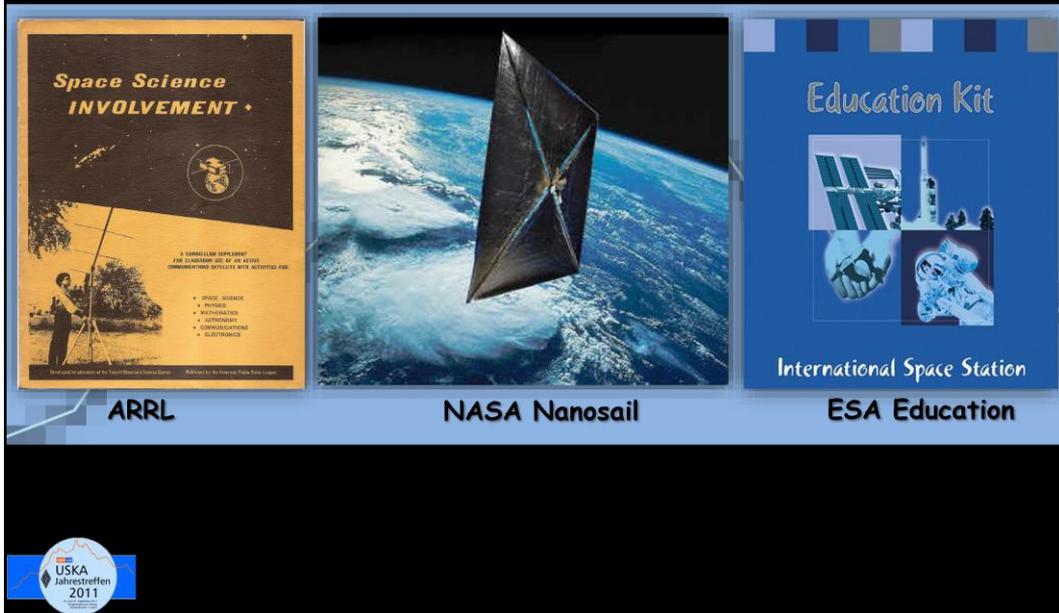
In den letzten Jahren wurden endlich auch die Funkamateure immer mehr in die Experimente mit eingebunden. Wie hier z.B. bei unseren schweizer Cubesats Swisscube und TISAT.

Leider werden bei den Cubesatprogrammen der Universitäten die Funkamateure nicht immer so beispielhaft eingebunden wie das z.B. bei TISAT der Fall ist. Das ist vorbildlich!

So können die Funkamateure Ihr KnowHow direkt in die Projekte einfließen lassen und so ein grosser Beitrag zum Gelingen der wissenschaftlichen Experimenten leisten.

Anders sieht es aus, wenn man auf die Partipazion verzichtet: Unsere Frequenzressourcen werden zwar genutzt, aber die Funkamateure können bei einigen Satelliten bestenfalls gerade mal die Telemetrie decodieren, ohne deren Inhalt zu verstehen. Andere Satelliten müssen gar als illegal bezeichnet werden, da diese zwar unsere Frequenzen nutzen, die Telemetrieformate aber völlig unbekannt sind und nicht veröffentlicht werden.

SPACE SCIENCE INVOLVEMENT



Anfang der 70er Jahre veröffentlichte die ARRL das Buch mit dem Titel „Space Science Involvement“. Dieser Titel inspirierte mich dann zu diesem Vortrag um auch gleich die Quelle zu benennen. In dem besagten Werk werden schon einfache Physikexperimente für Grundschüler bis Oberstufe zum Besten gegeben und auch erklärt, wie man mit den Satelliten experimentieren kann. Die internationale Raumstation ISS ist ein gigantisches Experimentierfeld für die Schüler geworden. Wöchentlich (zukünftig evt. 2x pro Woche) werden Funkverbindungen mit Schulklassen unternommen. Die NASA hat dazu eine eigene Webseite für Lehrer und Schüler mit vielen Tipps und Anleitungen für den Schulunterricht veröffentlicht. Die ESA doppelt mit einem Education-KIT nach. Ein Experimentierkasten, der gratis an die Schulen abgegeben wird.

Unvergessen bleibt auch der Aufruf der NASA, als sich bei NANOSAIL überraschend die Sonnensegel entfaltet haben: Die NASA griff auf das weltumspannende Netz der Funkamateure zurück, damit eine möglichst dichte Datensammlung der Telemetriedaten aufgebaut werden konnte. Die Funkamateure im Dienste der Wissenschaft.

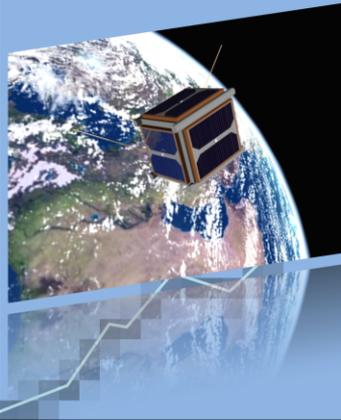
FUNCUBE, GB4FUN UND FUNCUBE-DONGLE



Der Trend der Cubesat hat sich die RSGB und AMSAT-UK zu Nutzen gemacht und ein spannendes Projekt ins Leben gerufen.

Wie eingangs erwähnt stützt sich dieses Projekt auf den drei Säulen Funcube, GB4FUN und Funcube Dongle ab. Diese drei Säulen mit ihren flankierten Massnahmen, möchte ich Euch nun etwas vertiefter näher bringen.

FUNCUBE



- Dimension: 10x10x10cm
- Uplink: 435.080 - 435.060 MHz CW, SSB (FM)
- Downlink: 145.960 - 145.980 MHz CW, SSB (FM)
- Bake: 145.955 MHz CW und BPSK
- Sendeleistung: 500mW (674 mW ERP)



Mit Funcube und seinem bereits lancierten Nachfolgemodell UK-Cube, wird auf die bewährte Cubesat-Technologie zurück gegriffen. Ergänzt jedoch mit eigenen Experimenten.

Funcube hat eine Kantenlänge von 10x10x10cm, wiegt gerade mal 1 kg. Hier die Eckpunkte über den Invertierten Linear-Transponder:

Uplink: 435.080 – 435.060 MHz CW, SSB (FM)

Downlink: 145.960 – 145.980 MHz CW, SSB (FM)

Bake: 145.955 MHz CW und BPSK

Die 2m Endstufe muss mit einer Bordspannung von 8,2 Volt zu recht kommen. Wenn man den kleinen Satelliten so betrachtet, erkennt man gut, dass über die kleine Fläche der Solarpanelen nur wenig Energie aufgenommen werden kann. Läuft alles optimal, so erzeugt die Endstufe eine Sendeleistung von 500 mW. Die gemessene ERP-Leistung beträgt 674 mW. Als Antennen werden normale Dipole verwendet, die aus Metallbänder (gleiches Material eines Rollmeters) bestehen.

Aus wissenschaftlicher Sicht werden verschiedene Metalle unter Weltraumbedingungen untersucht und beispielsweise einzelne Temperaturen dieser gemessen.



Diese mobile Vorführstation für Satellit gibt es schon seit einigen Jahren und wurde in das Projekt um Funcube eingebunden. Dieser fahrbare Shack verfügt über eine Satellitenstation, die alle notwendigen Bänder und Betriebsarten abdeckt. So sind sowohl Auswertungen von wissenschaftlichen Missionen der Cubesats, wie auch Verbindungen mit der ISS möglich.



GB4FUN wird durch eine Stiftung finanziert, was sicher eine grosse Erleichterung der englischen Funkamateure ist. So werden regelmässig Schulen im ganzen Land besucht. Die Schulen integrieren die Station in den laufenden Schulunterricht – denn auch auf das ist im Projekt mit berücksichtigt: Methodische Lehr- und Lernunterlagen werden gleich mitgeliefert.

Die Station ist sehr gut durchdacht: Mit wenigen Handgriffen ist die Station aufgebaut. Fehlmanipulationen durch den Operator sind fast ausgeschlossen. Ein Basiswissen genügt, damit man die Station betreiben kann. So kann sich der Operator auch viel mehr auf das Publikum eingehen.

FUNCUBE DONGLE



- Frequenzbereich: (52) 64 MHz - 1.7 GHz
- Bandbreite: 80 KHz
- Quadratur Sampling Rate: 96 KHz
- Empfindlichkeit: 0.15 μV
(12 dB SINAD NBFM bei 145/435 MHz)



Der Funcube Dongle ist ein SDR-Empfänger, der in einem USB-Dongle untergebracht ist. Seine Eckdaten lassen aufhorchen

Entwickelt wurde der Funcube Dongle von Howert Long.

Es ist wie ein Märchen: Aus einer Idee wurde ein Hype, ausgelöst durch ein Video auf Youtube, dass ich Euch kurz vorführen möchte.

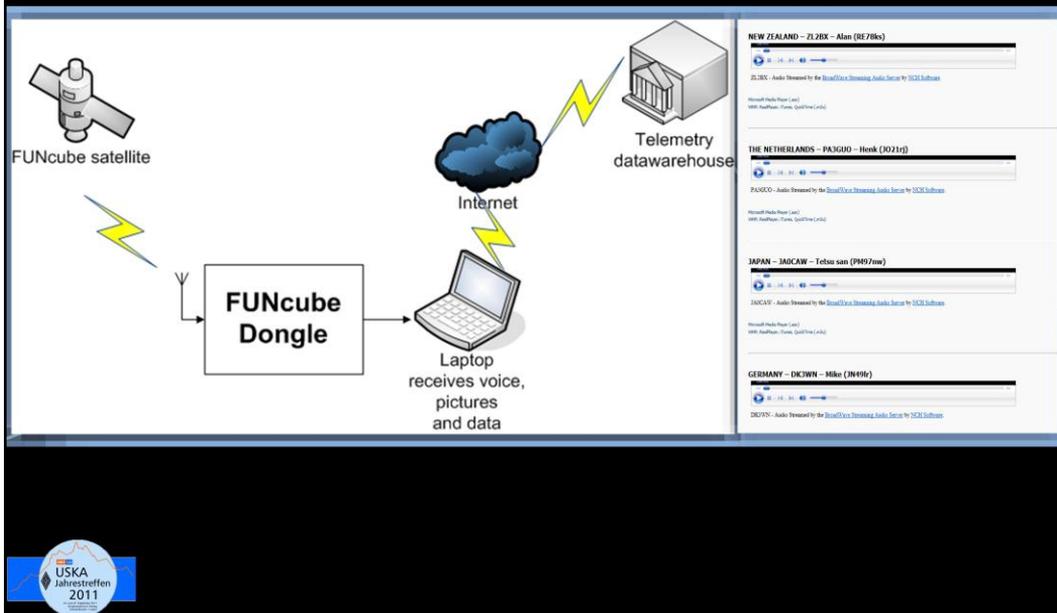
Seit der ersten Produktionscharge sind die Dongles jeweils nach einer Minute ausverkauft. Der Run auf das rund 110 CHF teuren SDR ist gross.

Selbst die AMSAT-DL konnte es nicht lassen und hat diesen Dongle am 20m grossen Radioteleskop an der IUZ Sternwarte Bochum getestet. Mit dem Empfang der NASA-Sonnensonden Stereo A und B, die AMSAT-DL betreibt eine der offiziellen Bodenstationen, wurde ein neuer Streckenrekord für den Funcube Dongle aufgestellt 219 Mio Kilometer. Hier ein kurzer Ausschnitt aus dem Video.

FUNCUBE DONGLE



FUNCUBE DONGLE



Mit dem Funcube Dongle ist es relativ einfach, ein weltumspannendes Empfangsnetzwerk aufzubauen. Erste Versuche in dieser Richtung laufen bereits. Einzige Voraussetzung ist eine GP für 2m und Internetanschluss. Den Rest wird durch die Software erledigt. Die empfangenen Telemetriedaten werden an ein zentrales Data-Warehouse geliefert. Interessierte Personen können auf die Datensammlungen zurückgreifen und ihre eigenen Auswertungen und Rückschlüsse zu den Experimenten durchführen.

FUNCUBE DONGLE



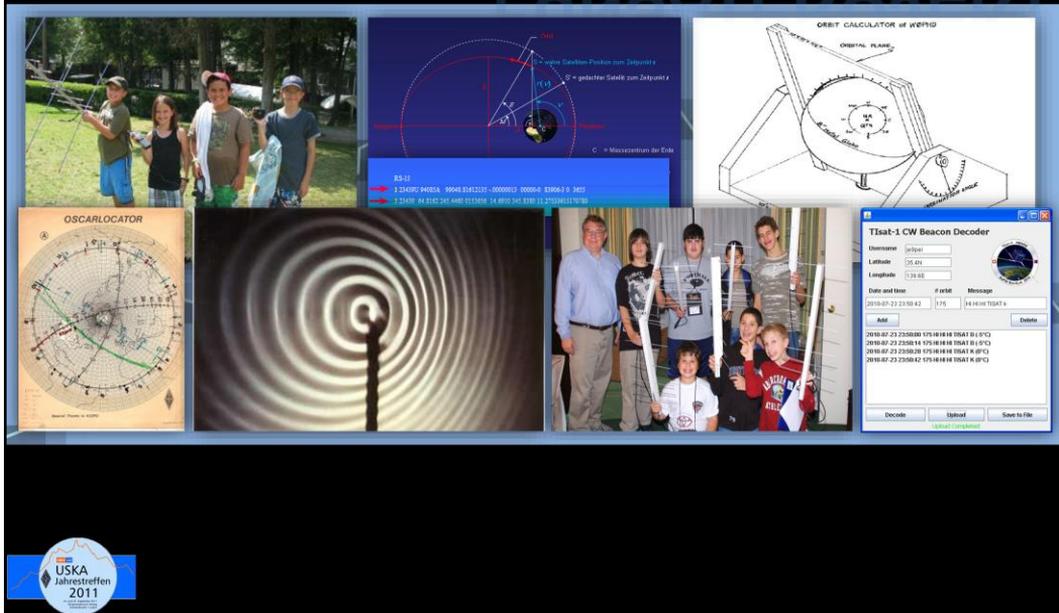
- Richard Garriott, W5KWQ
- Sohn von Astronaut Owen Garriott (W5LFL)
- 6. Weltraumtourist auf der ISS, 2008



Und wie man sieht, ist Richard Garriott bereits ebenfalls stolzer Besitzer eines Funcube Dongles. Seines Zeichen ein Softwareingenieur wird es vermutlich nicht sein lassen können und zu diesem SDR-Receiver entsprechende Experimente lancieren.

Richard Garriott bewarb sich übrigens ebenfalls als Astronaut bei der NASA. Wegen eines Augenfehlers schied er jedoch bei den medizinischen Untersuchungen aus.

FAZIT ÜBER DAS FUNSATPROJEKT



Es ist nur noch eine Frage der Zeit, bis der Funcube in den Orbit gebracht wird. Die Cubesats sind kostengünstig. Der Empfang lässt sich auf einfache Weise und sehr kostengünstig lancieren. Das "Space-Science-Involvement" wird so auf einen Standard gebracht, welcher äusserst vielseitig und interessant angewandt werden kann.

Ideen gefällig?

Grundlagen der Satellitenbahnen – warum fliegt ein Satellit um die Erde?

Berechnen von einfachen Flugparametern

Verstehen der Zusammenhänge von Kepler-Bahnelementen

Selbstbau von Yagi-Antennen für den Empfang

Auspeilen der Bahn und Berechnung der AOS und LOS

Experimentieren mit den Phasenverschiebung durch atmosphärische Effekte und Lage des Satelliten

Aufbau von eigenen Telemetriedecodern

Morsen lernen (Telemetrie in CW)

Entwicklung von Schnittstellen für die Telemetrieauswertung

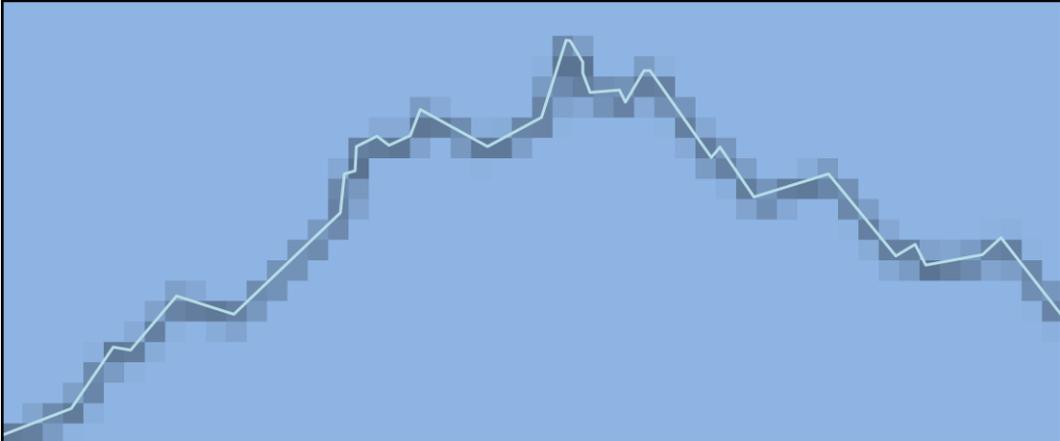
Langzeitstudie der Experimente

Beteiligung an Schulexperimente der ESA und NASA

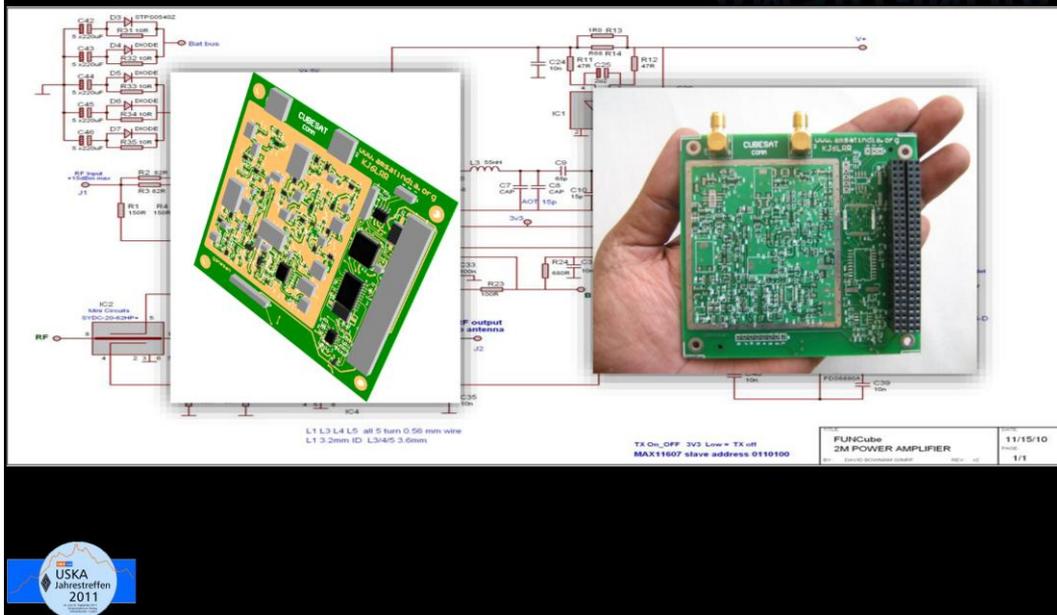
Bau von Konvertern (Empfang interplanetaren Sonden)



BACK TO THE FUTURE



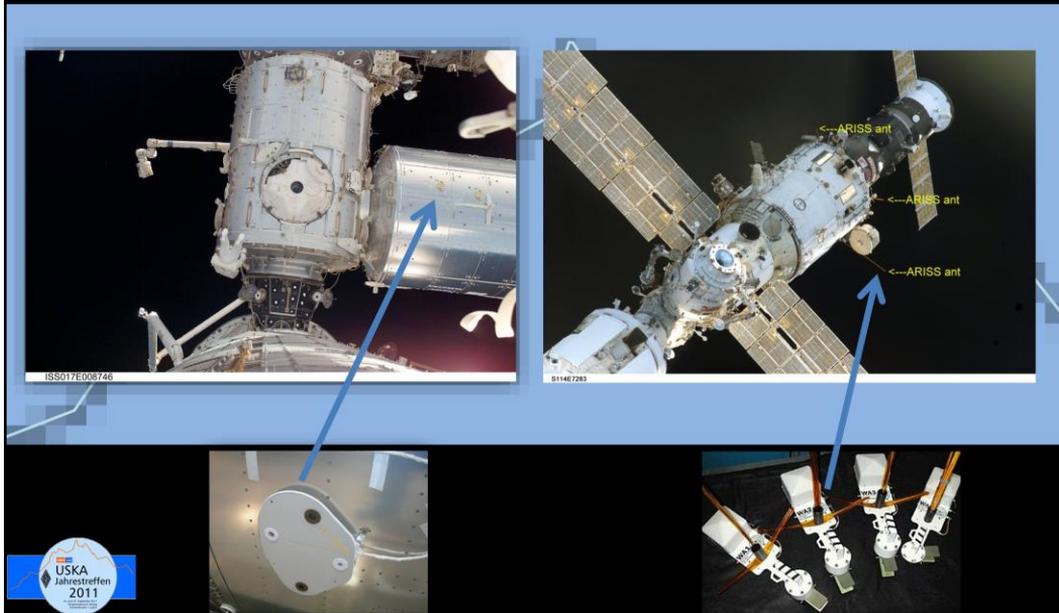
STANDARD CUBESAT TRANSPONDER AMSAT-INDIA



Die AMSAT-VU (Indien) ist daran, ein standardisiertes Transpondermodul für die Cubesats zu entwickeln. Es ist (hoffentlich) damit zu rechnen, dass die wissenschaftlichen Cubesats, welche meistens unsere Frequenzressourcen benutzen, als Gegenleistung einen Transponder für den Amateurfunkdienst integrieren.

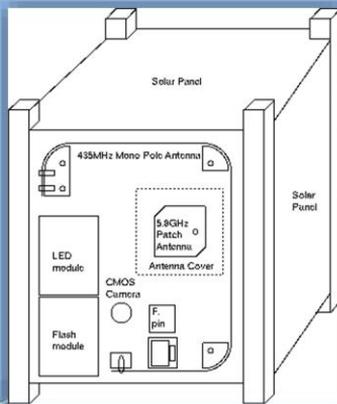


ARISS



Die ISS ist mit Antennen für Kurzwelle bis 10 GHz ausgerüstet. Es wird damit gerechnet, dass eine DATV Station installiert wird. Derzeit sind zwei funktionstüchtige Amateurfunkstationen an Bord. Es ist damit zu rechnen, dass auf dem automatischen Sektor (digitale Betriebsarten, DATV, Mailbox, Crossbandrepeater) noch einige Komponente entwickelt und zur ISS geflogen werden. Man stelle sich vor: Ein DATV Bild live von der ISS. Das ist medienwirksam!

FITSAT 5,8 GHz UND „LICHT“



- Projekt der Fakuoko Institute of Technology
- Downlink 5,8 GHz /115,2 kbps GFSK (Dopplereffekt ~150 kHz)
- Bildübertragung in 6 Sekunden (640x480)
- LED Bake mit 100Watt
- LED PCM Mode (Uplink Licht - Downlink 5,8 GHz)
- Auswurf mit Roboterarm auf der ISS
- Geplant: September 2012

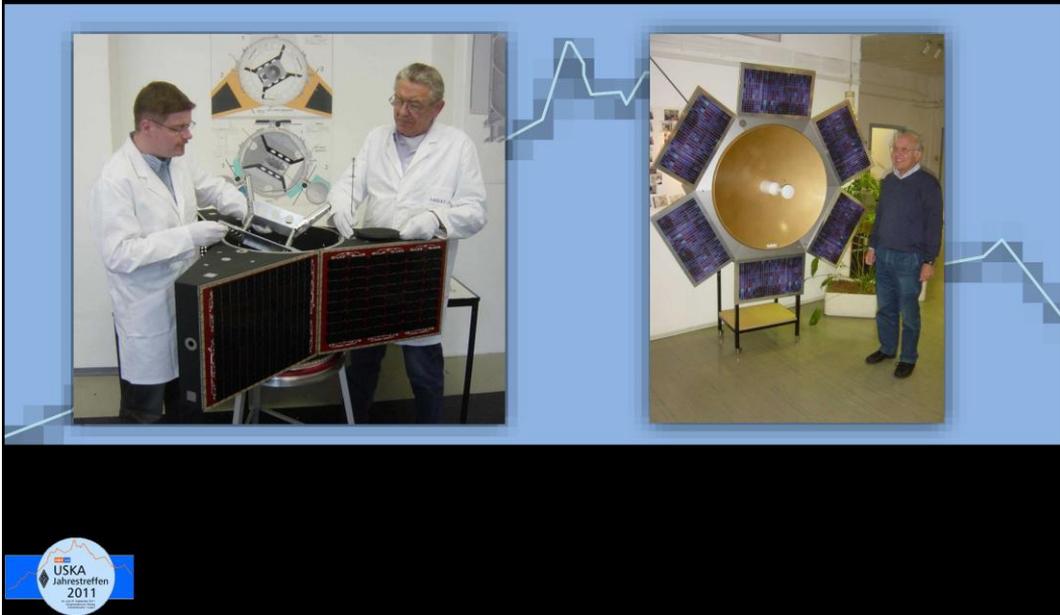




Google Lunar X-Prize. Google hat ein Preisgeld ausgestellt, für diejenigen, die als erstes eine Sonde zum Mond schicken und ein Mondrover aussetzen, welches eine vorgeschriebene Mindestdistanz zurücklegen muss.

Einige Teams arbeiten an dem Ziel. Darunter auch Funkamateure, die ganz sicher für diese Projekte die Amateurfunktechnik mit einbinden werden.

AMSAT P3E UND P5A



Die AMSAT-DL arbeitet mit Hochdruck an diesen Projekten. In eine Projektstudie mit der DLR wird für P5a anstatt einer Marsmission eine Mondmission untersucht, die vielversprechend erscheint. Es wird allerdings noch einige Jahre dauern, bis diese Projekte gestartet werden. Der schwierigste Teil des Projekts muss auf der Erde erfüllt werden: Aufbringen der finanziellen Mitteln für den Start. Die Zusammenarbeit mit der DLR lassen im Moment auf Startfenster in den Jahren 2016/18 zu.

Strukturell ist P3E bereits fertig gebaut. Die HF-Komponenten werden stets den neusten Entwicklungen angepasst. So ist klar, dass auch ein SDR Transponder mit an Bord sein wird. Ob in einer hochelliptischen Umlaufbahn oder als Trabant unseres Mondes: P3E wird nach vielen Jahren wieder eine starke Bereicherung der Satellitengemeinde sein.

Falls die AMSAT mit P5A abschied von der Erde und Kurs zum Mars nimmt, verabschiedet sich die AMSAT auch von traditionellen Kommunikationssatelliten und geht über zum Forschungssatellit. Das Aufgabengebiet von P5A wird die Unterstützung der Marsforschung sein: Als Relais-Station und/oder auch als direkt beteiligter Forschungssatellit. Mit der Mars-Society will man einen Gasballon in den Marsatmosphäre schicken. Auch überlegt man sich, zwei Cubesats mitzunehmen, mit welchen man versuchen könnte, die Wellenausbreitung in den Marsatmosphäre zu untersuchen. Das erinnert uns doch stark an die Doktorarbeit von Astronaut Owen Garriott.

P5A wird ein Meilenstein für die Funkamateure sein – fraglich ob zuerst zum Mond oder doch gleich zum Mars.

Weiter spielt die AMSAT-DL mit dem Gedanken, ein 40 Jahre altes Projekt wieder aufzufrischen: Mit SYNCART will man als Piggypack bei einem geostationären Kommunikationssatelliten mitfliegen.

Wie auch immer: No Money no Satellit. Die Funkamateure wurden über Jahre mit AO-10, AO-13 und AO-40. Die Finanzierung eines Nachfolgers ist bis heute nur ansatzweise vorhanden.

POTENTIAL IN HB



Potentiale in HB9 zum Thema Space-Science-Involvement

Das Beispiel der RSGB kann man sehr gut auch in der Schweiz umgesetzt werden. Wir haben eine Industrie, die seit Jahren erfolgreich im Weltraumgeschäft tätig ist, mit Swissscube und Tisat-1 verfügen wir über einiges KnowHow.. Gemessen an der Bevölkerung ist die Schweiz einer der aktivsten Länder wenn es um Schulkontakte mit der ISS geht, was wir natürlich HB9IRM und allen anderen OM's zu verdanken haben.

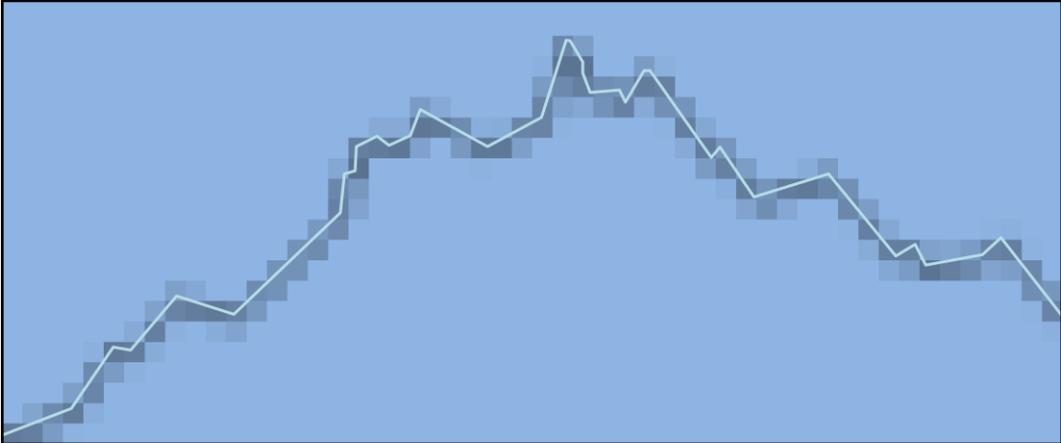
Mit HB9CN, Claude Nicollier, dürfen wir eine anerkannte prominente Persönlichkeit in unseren Reihen zählen.

POTENTIAL IN HB ADD-ON FÜR HB90



Mit HB90 ist eine zentrale Ausstellungsstation aktiv, die in der Halle Luft- und Raumfahrt untergebracht ist. Die Synergien werden quasi auf dem Tablett serviert. Man muss sie dort nur noch anzapfen. Die Leitung des Verkehrshauses hat sicher offene Ohren dazu!

FRAGEN



QUELLENANGABEN

Alle Angaben zu den Quellinformationen, Audio- und Videodaten, sowie empfohlene Links sind in PDF-Script auf hb9lu.qrv.ch und michi-dani.ch erhältlich.



- www.Funcubedongle.com – alle Informationen zum Funcube Dongle
- www.uk.amsat.org – Informationen zu Cubesat, GB4FUN und Funcube Dongle
- www.dk3wn.info – Hilfreiche Tips zum Funcube Dongle, Satelliteninformationen, Programme zum Dekodieren der Satellitentelemetrien,
- www.spsacelab.dti.supsi.ch/tiSat1.html - Informationen zu TIsat-1
- <http://swisscube.epfl.ch> – Informationen zu Swisscube
- www.nasa.gov/audience/foreducators/index.html - Space Sciene Involvement @ NASA
- <http://spaceflight.nasa.gov/station/reference/radio/sarex.html> - SAREX bei NASA
- www.esa.int/education - Space Sciene Involvement @ ESA
- www.amsat.org - Satelliteninformationen
- www.amsat-dl.org – Informationen zu P3E und P5A
- http://de.wikipedia.org/wiki/Owen_Garriott - Owen Garriott W5LFL
- http://de.wikipedia.org/wiki/Richard_Garriott - Richard Garriott
- <http://www.youtube.com/watch?v=xFZGlqKPPQo> Video Funcube Dongle
- <http://vimeo.com/23799770> - Video Amsat-DL zum inoffiziellen Weltrecord Funcube Dongle
- <http://www.youtube.com/watch?v=GDR4pqkmmxE&feature=feedu> – Die OSCAR Story
- <http://www.gb4fun.org.uk/> - Informationen zu GB4FUN
- <http://funcube.org.uk/> RSGB Funsat, Funcube
- <http://www.googlelunarprize.org/> - Google X-Price
- <http://www.amsatindia.org/index.htm> - AMSAT-India Transponder
- www.dd1us.de - Sounds from Space
- http://www.sbf.admin.ch/hm/themen/space/bildung_de.html - Swiss Space Office – Bildung
- <http://home.datacomm.ch/th.frey/oscar.htm> - OSCAR NEWS HB9SKA
- <http://www.michi-dani.ch/index.php/amateurfunk/easysat> Easysat
- <http://www.fit.ac.jp/~tanaka/fitsat.shtml> - FITSAT