

Frank Sperber, DL6DBN/AA9KJ

P3E-Transponder-Meeting

Am 22. Und 23. Januar trafen sich die Konstrukteure der Transponder für den Phase-3E-Satelliten in Marburg, um offene Fragen zu klären und das weitere Vorgehen bis hin zur Integration der Flight-Module zu klären. Die gute Nachricht: Für alle geplanten Frequenzen wird an Transpondern gearbeitet, und wir sind zuversichtlich, alle Module noch in diesem Jahr integrieren zu können.

Teilnehmer des Treffens waren in alphabetischer Reihenfolge: Michael Fletcher (OH2AUE), Jens Geisler (DL8SDL), Peter Gülzow (DB2OS), Konrad Hupfer (DJ1EE), Mirek Kasal (OK2AQK), Petri Kotilainen (OH3MCK), Michael Kuhne (DB6NT), William Leijenaar (PE1RAH), Karl Meinzer (DJ4ZC), Gerald Moernaut (ON4EDA), Ulrich Müller (DK4VW), Helmut Neidel (DL1IN), Danny Orban (ON4AOD), Hartmut Päsler (DL1YDD), Janne Peltonen (OH1LRY), Frank Sperber (DL6DBN) und Heike Straube. Die Liste mit Teilnehmern aus Belgien, Finnland, Tschechien, den Niederlanden und Deutschland unterstreicht deutlich den internationalen Charakter des P3E-Projekts.



Bild 1: Während des Transpondermeetings im Januar 2005

Am einfachsten lassen sich die Ergebnisse des Treffens beschreiben, wenn man sie den einzelnen Modulen zuordnet. Zur AMSAT-DL-internen Bearbeitung haben die Module eine

Kennzeichnung erhalten, die sich aus einem Buchstaben - in diesem Fall E für P3E - und einer zweistelligen Nummer zusammensetzt. Evtl. wird noch ein weiterer Buchstabe angehängt, wenn in einem Modul zwei identische Systeme integriert werden. Dies ist beim Bordrechner und der STAR-Kamera der Fall.

Modulübersicht

Die aktuelle Liste der Module sieht demnach wie folgt aus:

- E01 Main-Battery
- E02 S-Exciter
- E03 V/S-Power-Amplifier
- E04 K-Transmitter
- E05 P5-Coherent-Transponder S/X
- E06 U/V-Transponder (opt. 29-RX)
- E07 L-Receiver
- E08 Sensor Electronic Unit (SEU)
- E09 Battery Charge Regulator (BCR)
- E10 Auxilliary-Battery
- E11A Integrated Housekeeping Unit A (IHU3-A)
- E11B Integrated Housekeeping Unit B (IHU3-B/RUDAK)
- E12 Ultra Stable Oscillator (USO)
- E13 Liquid Ignition Unit (LIU)
- E14A Arizona Star Sensor A (STAR-Camera)
- E14B Arizona Star Sensor B (STAR-Camera)
- E15 C-Receiver/R-Transmitter

Während des Transpondertreffens standen naturgemäß die Module E02, E03, E04, E05, E06, E07, E15 im Mittelpunkt. Sie werden nun der Reihe nach betrachtet.

E02 S-Band-Sender

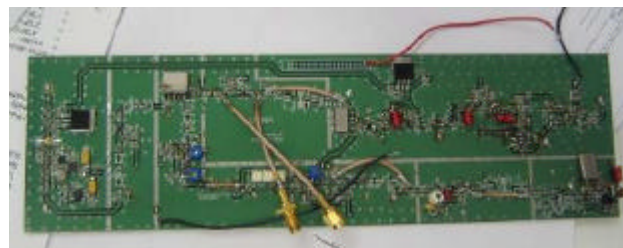


Bild 2: Das Layout für den S-Band-Exciter steht, eine erste Platine für den Prototypen konnte während des Treffens gezeigt werden.

Dieser Steuersender für 2400 MHz wird im Team von Danny Orban und Gerald Moernaut in Belgien realisiert. Lange Zeit gab es keine endgültige Entscheidung, wo der Exciter entstehen wird, so dass dieses Modul noch nicht über das Stadium des ersten Prototypen hinaus ist. Eine weitere

Verzögerung hat sich dadurch ergeben, dass die Frequenzaufbereitung an den

Ultrastabilen Oszillator (USO) angekoppelt werden soll. Hierdurch wird eine konstante Downlinkfrequenz erzielt, die kaum alterungs- oder temperaturbedingten Schwankungen unterliegt. Sollte der USO z. B. aus Energiegründen nicht in Betrieb sein, so rastet der S-Band-Sender auf ein internes Referenzsignal ein.

E03 Endstufenmodul

Das Endstufenmodul besteht aus drei Einheiten: dem 145-MHz-Verstärker, dem 2400-MHz-Verstärker und dem HELAPS-Modulator zur Steigerung des Wirkungsgrads. Während die beiden Verstärkerstreifen von Konrad Hupfer beigesteuert werden, kommt die HELAPS-Einheit von Gerald Moernaut. Die V-Band-PA ist bereits kurz vor der flugbereiten Integration in das Modul. Am Rest wird noch gearbeitet.

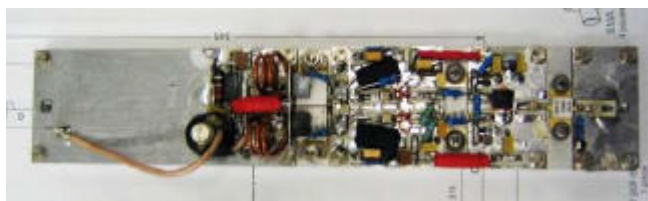


Bild 3: Der funktionstüchtige Musteraufbau des 2-m-Endstufenmoduls.

E04 K-Sender

Der Sender für 24 GHz ist eines der am weitesten fortgeschrittenen Module. Das Gehäuse des Flugmoduls wurde zum Einbau der Komponenten bereits an Michael Kuhne geliefert. Wie bei den Sendern für 145, 2400 MHz und 47 GHz steuert Helmut Neidel die Bakengenerierung des K-Senders bei. Außerdem hat er den ZF-Teil und die PLL für die Sender bei 24 und 47 GHz übernommen. Der K-TX erhält

vom USO ein Referenzsignal zur erhöhten Frequenzstabilität.

E05 P5-Transponder

Nicht ganz so leichtgängig geht es mit dem experimentellen P5-Transponder voran. Hier hat es zwar neben der Grundkonzeption von Karl Meinzer schon einige Teilansätze gegeben. Der Knoten, damit es zügig weiter geht, ist aber noch nicht ganz geplatzt.

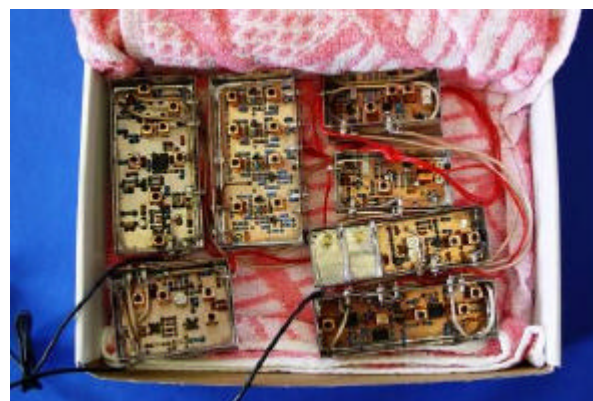


Bild 4: Transponder in a box - Die einzelnen Module (Frequenzaufbereitung, Mischer, Verstärkerstufen und ZF) des U/V-Transponders.

Mit diesem Transponder betritt die AMSAT-DL absolutes Neuland im Amateurfunk, was die Anlaufschwierigkeiten erklärt. Kernfunktion des Transponders ist der kohärente Mode. Dabei synchronisiert stark vereinfacht der Sender auf ein von der Erde empfangenes Uplinksignal. Hierdurch werden bei interplanetaren Missionen wie P5A das Auffinden des Downlinksignals und das Ranging zur Entfernungsbestimmung erleichtert. Der USO liefert auch diesem Transponder eine Frequenzreferenz.

Während des Transpondertreffens konnte die finnische Gruppe um Michael Fletcher, Janne Peltonen und Petri Kotilainen für diesen Transponder interessiert werden. Die Gruppe hatte schon im Vorfeld weite Vorarbeiten für den Transistor-Endstufenteil des Transponders geleistet. Neben seiner Experimentalfunktion für die P5-Mission, soll der Transponder alternativ Linearbetrieb zwischen S- und X-Band ermöglichen, dem weitere Uplinksignale beigesteuert werden können.

E06 U/V-Transponder

Aus insgesamt vier Angeboten, einen "Mode-B"-Transponder zu bauen, hat sich das von William Leijenaar als dasjenige herauskristallisiert, das fliegen wird. Unter dem Druck, Europa bald für längere Zeit zu verlassen, arbeitet William derzeit fieberhaft daran, den Transponder, der aus dem 435-MHz-Empfänger und dem 145-MHz-Steuersender besteht flugtauglich zu machen. Das Modulgehäuse für die Flight-Hardware ist bei Entstehen dieses Artikels bereits in Arbeit.

Der modular aufgebaute Transponder wird durch die Bakeneinheiten von Helmut Neidel und den Kommandoempfänger von Mirek Kasal ergänzt. Die finnische Gruppe arbeitet an einem zusätzlichen 29-MHz-Empfängerfrontend, das in den Transponder integriert werden kann.

E07 L-Empfänger

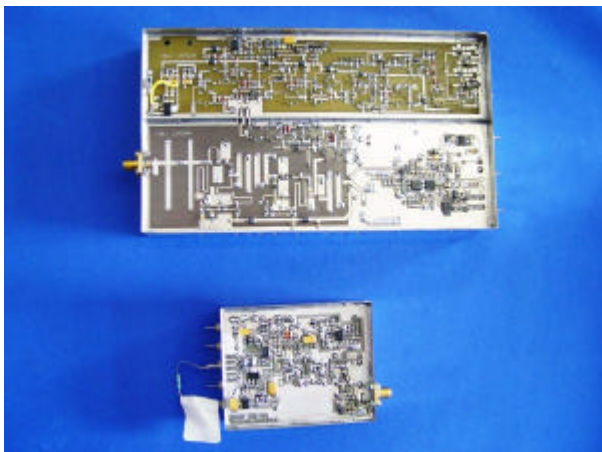


Bild 5: Der L-Band-Empfänger (oben) und der Kommandoempfänger (unten) für P3E.

So gut wie flugfertig ist der L-Band-Empfänger von Mirek Kasal, der auch den Hauptkommandoempfänger enthält. Der Empfänger kann mit seiner PLL ebenfalls an den USO angebunden werden. Das flugfertige Modulgehäuse wurde bereits zum Einbau der Baugruppen ausgeliefert.

E15 C-Empfänger/R-Sender

Auch dieses Modul, das sowohl den 5,7-GHz-Empfänger als auch den Sender für 47 GHz enthält, ist sehr weit fortgeschritten. Das Modulgehäuse zum Mitflug wurde bereits von

AMSAT-DL an Michael Kuhne geliefert. Auch hier stellt Helmut Neidel Bake, ZF-Teil und PLL, die mit dem USO synchronisiert werden kann.

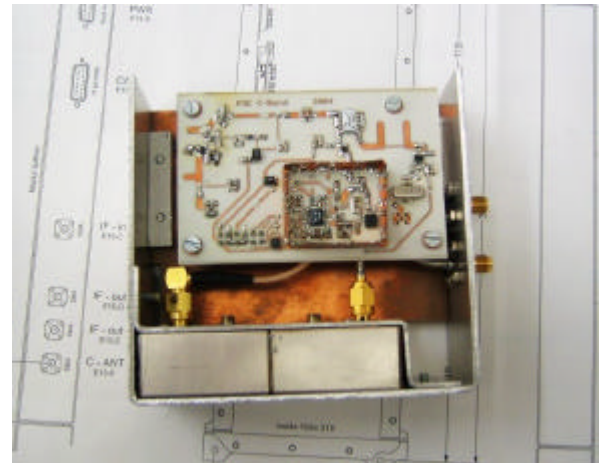
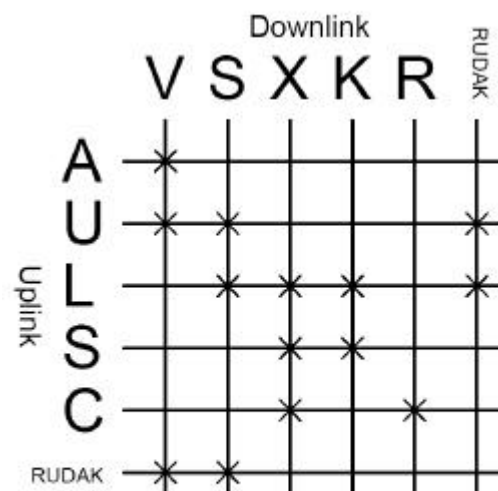


Bild 6: Ein erstes Baumuster des C-Band-Empfängers zeigt den kompakten Aufbau (links unten die Filter).

Neu mit in das Projekt eingestiegen ist Jens Geisler von der Fachhochschule Pforzheim. Er entlastet mit seinen Arbeiten am C-Band-Empfänger Henning Rech, der bislang die Federführung für diesen Teil übernommen hatte. Parallel zum Einbau der R-Band-Sendergruppen entsteht somit der C-RX.

Modekombinationen



P3E-Mode-Matrix

Bild 7: Die Mode-Kombinationen, wie sie für P3E derzeit vorgesehen sind. Zum Redaktionsschluss noch nicht geklärt war die markierte Option, A-Band-Signale (29 MHz) auf RUDAK zu geben.

Im Gegensatz zu AO-40 gibt es bei P3E keine ZF-Matrix, um Empfänger und Sender individuell mit einander verknüpfen zu können. Dies ließ der Platz im Satelliten angesichts der Modulvielfalt nicht zu.

Dennoch wurde auf eine vielseitige Verbindung der Sender und Empfänger geachtet. Danach sind folgende Modes nach aktuellen Planungen möglich:

A/V	29 MHz Uplink	145 MHz Downlink
U/V	435 MHz Uplink	145 MHz Downlink
U/S	435 MHz Uplink	2,4 GHz Downlink
L/S	1268 MHz Uplink	2,4 GHz Downlink
L/X	1268 MHz Uplink	10,5 GHz Downlink
L/K	1268 MHz Uplink	24 GHz Downlink
S/X	2448 MHz Uplink	10,5 GHz Downlink
S/K	2448 MHz Uplink	24 GHz Downlink
C/X	5669 MHz Uplink	10,5 GHz Downlink
C/R	5669 MHz Uplink	47 GHz Downlink

Die Mode-Kombinationen, wie sie für P3E derzeit vorgesehen sind. Zum Redaktionsschluss noch nicht geklärt war die Option, A-Band-Signale (29 MHz) auf RUDAK zu geben.

Die Kombinationen mit S-Uplink und X-Downlink nehmen eine gewisse Sonderstellung ein. Uplink und Downlink sind Teil des P5-Experimentaltransponders. Dieser Transponder ist, wie weiter oben erläutert, primär für die Simulation und den Test der interplanetaren Kommunikation vorgesehen. Alternative kann er aber auch im Linear-Mode mit 25 bis 50 kHz Bandbreite betrieben werden. Dann kann das S-Uplink-Passband auf einen der anderen Sender (K oder R) gelegt werden bzw. der X-Band-Downlinksender kann Signale der L- und C-Empfänger mit aussenden.

Vom Leistungsbudget und thermischen Design des Satelliten kann jeweils nur ein Sender betrieben werden. Dagegen können durchaus mehrere Empfänger parallel zugeschaltet sein, so dass auch Mix-Mode-Verbindungen denkbar sind. Also eine Station sendet auf 435 MHz, eine zweite auf 1268 MHz, und beide Signale werden über den 2400-MHz-Sender wieder ausgestrahlt.

Stichwort LEILA

Wer die Berichterstattung über P3E seit längerem verfolgt, wird bemerkt haben, dass die von AO-40 bekannte Leistung-Limit-Anzeige LEILA nirgends auftaucht. In der Tat wird bei P3E kein LEILA-System zur Markierung überstarker Uplinksignale mitfliegen.

Dafür gibt es mehrere Gründe. Naheliegender ist zunächst der Platzmangel an Bord von P3E und in den einzelnen Modulen selbst. Außerdem war LEILA auf AO-40 eng mit der ZF-Matrix verknüpft, die es bei P3E nicht geben wird. All dies hätte aber mit entsprechend großen Anstrengungen vermutlich gelöst werden können.

Der gewichtigste Grund ist aber die Sinnhaftigkeit des LEILA-Systems unter den gegebenen Bedingungen. Mit LEILA auf AO-40 konnte sehr oft beobachtet werden, dass das System so genannte Phantomsignale markierte. An diesen Stellen im Passband waren aber keine Nutzsignale zu empfangen. Der Effekt trat sowohl im U- wie im L-Band-Uplink auf. LEILA hat mit großer Wahrscheinlichkeit in diesen Fällen beim Abscannen des Passbands einen Radarimpuls erkannt und sofort an der gerade gescannten Stelle die Jammer-Markierung gesetzt. Radaranwendungen gibt es über die ganze Nordhalbkugel verteilt auf 70 cm wie auf 23 cm. Mit diesem Verhalten macht daher der Implementierungsaufwand für P3Express momentan wenig Sinn.

Erst eine Weiterentwicklung des LEILA-Konzepts, das evtl. mittels DSP "intelligent" mit solchen Radarimpulsen umzugehen weiß, könnte hier eine zufriedenstellende Lösung bringen. Doch dazu war die Zeit bei der Definition der P3E-Aufgaben noch nicht reif. Da LEILA letztlich nur dazu dient, die Unzulänglichkeit einiger weniger Satellitennutzer zu kompensieren, bleibt zu hoffen, dass mit zunehmender Sensibilisierung der Nutzer die Einsicht in die Notwendigkeit angepasster Sendeleistungen kommt.

Die Antennensituation

Leider konnte die Antennenkonfiguration noch nicht endgültig geklärt werden. Sicher ist, dass die von AO-10 und AO-13 bekannten High-Gain-Antennen für 145 und 435 MHz wieder zum Einsatz kommen. Auch an den drei Parabolspiegeln mit ca. 15 cm Durchmesser wird sich vermutlich nichts mehr ändern. Diese Spiegel sind jeweils für den High-Power-Ausgang des X-Band-Senders (10,5 GHz), den K-Band-Sender (24 GHz) und in Kombination für den C-Band-Empfänger (5,7 GHz) und den R-Sender (47 GHz). Aller Voraussicht nach kommt auch die frühere Helix-Antenne für den L-Band-Empfang zum Einsatz.

Noch geklärt werden muss die Frage nach einer S-Band-High-Gain-Antenne und den Omni-Antennen für V/U/L/S und X. Alle diese Antennen sollen ein möglichst symmetrisches Antennendiagramm haben und keine Dopplerverschiebung durch Spinmodulation verursachen. Dieses Phänomen ist schon vom S-Band-Sender bei AO-13 bekannt, wo die am Rande des Satelliten sitzende S-Helix je nach Squintwinkel eine unterschiedlich hohe Dopplerverschiebung zeigte. Für P3E heißt das, dass die noch fehlenden Antennen rotationssymmetrisch um die Z-Achse angeordnet sein sollten.

Für die Bänder C/X-Hi-Power/K/R muss wegen der Antennenplatzierung außerhalb der Satellitenmitte mit Doppler gerechnet werden. Da die Öffnungswinkel der Antennen jedoch sehr klein sind, macht der Betrieb nur bei einem Squint nahe 0 Grad Sinn, was die Dopplerverschiebung hierdurch vergleichsweise gering hält.

Gänzlich ungelöst ist die Antennenfrage für den vorgesehenen 29-MHz-Empfänger (A-Band). Einerseits dürfen aus rotationsdynamischen Gründen keine allzu großen Antennengebilde verwendet werden. Andererseits ist auch noch unklar, welche Auswirkungen das vom Satelliten selbst erzeugte Störspektrum (Schaltregler, Oszillatoren, Datenleitungen u. ä.) auf den Empfang bei 29 MHz haben wird. Daher soll das endgültige GO/NO-GO für diesen Empfänger erst während der Integration gefällt werden.

RUDAK

In Sachen RUDAK hat sich der Sachstand nicht grundlegend geändert. Aus Umfragen und praktischen Beobachtungen auf den Satelliten ist klar, dass ein RUDAK-System im Sinne einer Mailbox nicht mehr zeitgemäß ist. Hier hat ganz deutlich das Internet dem Amateurfunk den Rang abgelaufen. Der Vorzug eines Satelliten wie P3E, auf hoher Umlaufbahn mit langer Hörbarkeit, liegt in der Möglichkeit, Informationen und Nachrichten in Echtzeit verteilen zu können.

In der frühen Entwicklungsphase von P3E wurde daher schon einmal an Datendienste ähnlich dem APRS-Positionsmeldesystem oder ein Broadcasting von Meldungen aus DX-Clustern gedacht. Einen besonderen Reiz, auch für jüngere Menschen, könnte ein Kurznachrichtenverfahren sein, das dem SMS vom Handy-Mobiltelefon ähnelt. Damit könnte abseits anderer Amateurfunk-Infrastruktur schriftlich Verbindung gehalten werden. Auch in Not- und Katastrophenfällen wäre ein solcher Dienst nutzbar.

Mit RUDAK bestünde auf jeden Fall die Möglichkeit, die so genannten Turbo-Codes für den allgemeinen Amateurfunk und nicht nur zu Baken- und Kommandozwecken nutzbar zu machen. Die Turbo-Codes wurden vom Patentinhaber France-Telecom für die AMSAT-DL zur Nutzung mit AO-40, P3E und P5A lizenziert. Dank dieses Kodierungsverfahrens lassen sich auch mit sehr schwachen Funksignalen Daten sicher übertragen.

Leider hat sich bislang keine Gruppe gefunden, die das RUDAK-Projekt übernimmt. Insbesondere das Softwaresegment gilt es zu bearbeiten. Hardwareseitig ist auf P3E mit der redundanten IHU3 bereits ein leistungsfähiger Rechner vorhanden. Er könnte für RUDAK genutzt werden, solange die primäre IHU3 zur Satellitenkontrolle eingesetzt werden kann. L-Band- und U-Band-Empfänger sind schon mit einem ZF-Ausgang für RUDAK-Demodulatoren ausgestattet. Und die Sender

für das V-Band und das S-Band können ZF-seitig mit RUDAK-Signalen angesteuert werden.

Für das Verbindungsglied (Demodulatoren und Modulatoren) zwischen dem Rechner und der Zwischenfrequenzebene fehlt allerdings noch eine Lösung. So gilt es, zunächst eine Systembetrachtung mit Link-Budgets durchzuführen, um hier evtl. kurzfristig aus dem Schaltungsfundus der AMSAT-DL geeignete Designs auswählen zu können. Für die Sendeseite könnte beispielsweise auf das in P3E an mehreren Stellen verwendete Bakenmodul zurück gegriffen werden, das sich in BPSK und FSK/FM modulieren lässt.

Fazit und Ausblick

Trotz seiner gegenüber AO-40 kleineren Antennenflächen und Energiereserven entsteht mit P3E ein Satellit, der viel für den Amateurfunk bieten kann. Von den Transponderkombinationen erreicht er schon fast die Vielfalt von AO-40. Die erwarteten Signalstärken für die Bänder V, U und L werden denen von AO-10 und AO-13 ähnlich sein. Im S-Band kommt P3E nahe an die Möglichkeiten des S2-Senders von AO-40 heran. In einer der nächsten Ausgaben, wenn die Leistungsdaten der Flugmodule gemessen wurden, werden wir eine Betrachtung der einzelnen Linkbudgets für den von AO-10/13 bekannten 12-h-Orbit und den im letzten Journal von Viktor Kudielka [1] vorgestellten 14-h-Orbit vornehmen.

Bis dahin haben alle Modulbauer noch fleißig zu tun, und im P3E-Labor in Marburg wird alles für die Integration vorzubereiten sein. Es geht also weiter vorwärts!

Referenz:

[1] Überlegungen zur P3E-Bahn, Viktor Kudielka, OE1VKW, AMSAT-DL Journal 1/2005, S. 27