

Empfang von Echos aus dem Weltraum mit einfachen Amateurfunk-Mitteln

Bericht von DK5EC, Karl Schmidt, Königswinter



to English Version

Einleitung

Die folgenden Ausführungen beschreiben einen Weg, wie man mit einfachen Amateurfunkmitteln Echos vom Mond, von Raumschiffen, Satelliten und Meteoriten empfangen kann. Hierzu reichen die Mittel aus, die ein durchschnittlich ausgestatteter Amateurfunker bereits besitzt. Benötigt wird hierzu ein 2m-Amateurfunkgerät oder Scanner mit SSB-Betrieb und eine 2m-Yagi-Antenne. Eine riesige Antennen-Anlage, wie sie die EME-Experten besitzen, ist hierfür also nicht nötig. Software zur Visualisierung (Sichtbarmachung) der oft kaum hörbaren Signale gibt es als Freeware.

Dieser Empfang von Weltraum-Echos wird durch das Radarsystem Graves in der Nähe von Dijon in Frankreich ermöglicht, dessen Aussendungen in Mittel- und Südeuropa auf der Bodenwelle bzw. Tropo-Reflexionen überall gut gehört werden können. Dieses Radar sendet mit phasengesteuerten Richtantennen einen starken Träger auf der Frequenz 143,050 MHz in Richtung Weltraum. Mit einer zweiten Empfangsstation in Südfrankreich werden die Echos dieser Aussendungen empfangen. Die Signale werden da ausgewertet, und aus den Echos bzw. Laufzeitverzögerungen können die Wissenschaftler die Position und Geschwindigkeit von Satelliten, Raumstationen und Weltrauschrott präzise bestimmen und daraus Keplerdaten dieser Objekte generieren.

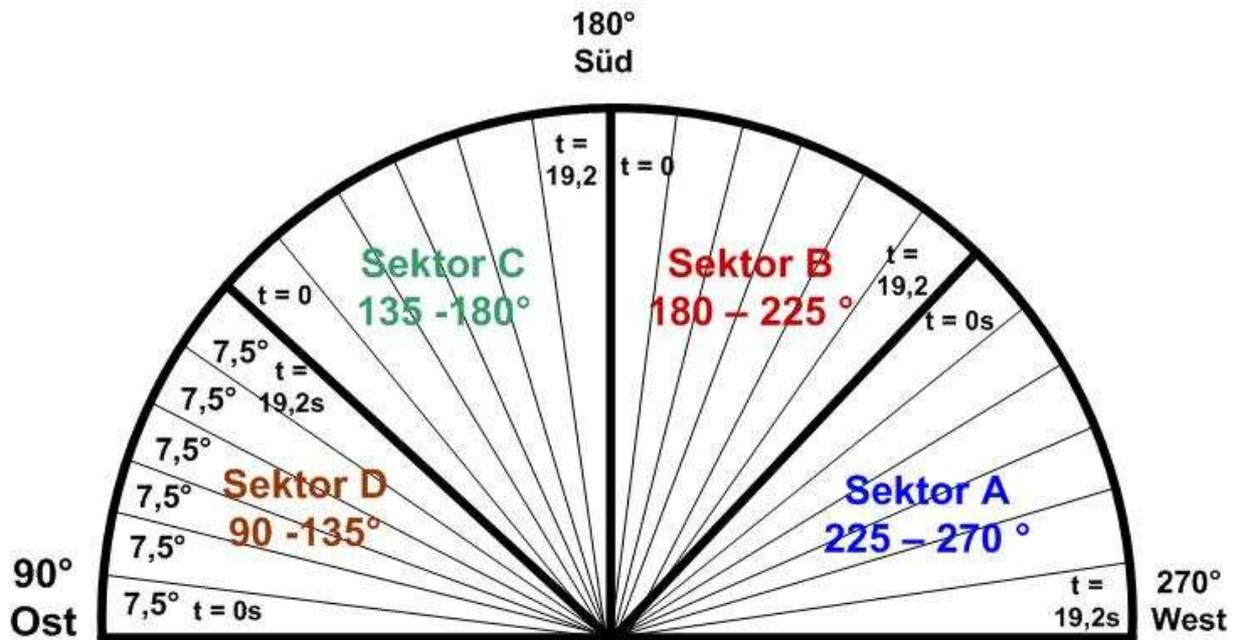
Ich selbst bin auf diese Möglichkeit von Weltraumechos eher aus Frust über meine mickrige EME-Anlage nach einem Tipp von DD0VF und PE1ITR gestoßen. Als etwas unterbelichteter EME-Möchtegern (zumindest was meine Erde-Mond-Erde-Ausstattung angeht) ärgere ich mich immer wieder, dass ich Stationen mit der EME-Software WSJT oft noch nicht mal sehen kann, die von anderen besser ausgerüsteten OMs aber noch gut empfangen werden können. Ich denke dann oft, ist denn meine Antenne oder Vorverstärker kaputt? Es ist in der Tat frustrierend, tagelang keine einzige Station dekodiert zu haben, insbesondere wenn die EME-Bedingungen schlecht sind und/oder keine Gegenstationen mit Super-Ausstattung auf dem Band sind. Aber über diesen Frust hilft mir jetzt das Graves-Radar hinweg, mit dessen Hilfe ich jetzt Bomben-Echos vom Mann im Mond und sogar von der ISS empfangen. Von meinen EME-Erfahrungen als Einsteiger habe ich auch auf der Seite <http://www.darc.de/distrikte/g/25/anleitungen/erde-mond-erde/> berichtet

Funktionsweise des Graves-Radars

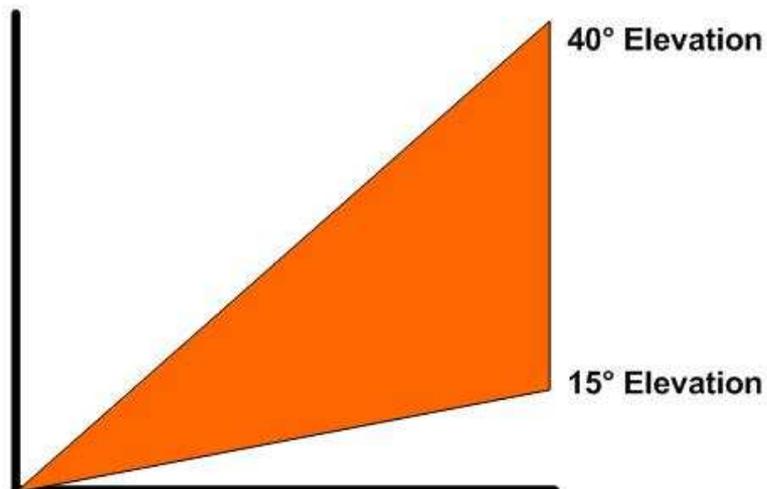
Das Graves Radar befindet sich in der Nähe von Dijon in JN27SI. Es sendet mit einigen 10 KW einen Dauerträger auf 143,050 MHz über 4 Antennenfelder je 15x6 m, bestehend aus phasengesteuerten Antennensystemen (planar phased-array antennas). Jedes der Felder „überstreicht“ mit einem azimuthalen Sektor von 45 ° einen Teil des von Dijon aus gesehen südlichen Himmels, so dass von allen 4

Antennen der Bereich von 90° Ost bis 270° West abgedeckt wird. Jedes Antennenfeld ist wiederum in 6 Untersektoren von 7,5° Abstrahlwinkel unterteilt, die dann zeitgesteuert für je 3,2 sec den Himmel innerhalb der 45° des Antennenfeldes „sweepen“. Alle 4 Antennenfelder senden gleichzeitig, mit je 7,5° Abstrahlwinkel innerhalb ihres 45°-Sektors, d.h. nach 19,2 sec ist ein kompletter Sweep geschafft und beginnt von Neuem.

Der Abstrahlwinkel für die Elevation ist gleich bleibend zwischen 15° und 40° Elevation.



Graves Radar JN27SI, zeitgesteuerte Abstrahlrichtung in horizontaler Ebene (Azimuth)



Graves Radar JN27SI, permanente Abstrahlrichtung in vertikaler Ebene (Elevation)

Bild 1: Abstrahlrichtungen des Graves-Radars

Die Echos dieses Radars empfängt man natürlich am Besten, wenn sich die zu beobachtenden Objekte innerhalb dieser Abstrahlwinkel befinden. Ich habe festgestellt, dass auch noch brauchbare Ergebnisse bei +/- 10° Überschreitung des Winkels zu erzielen sind. Wichtig ist vor Allen, dass zwischen der Beobachterstation

und dem zu beobachtenden Objekt absolut freies Sichtfeld herrscht. In Richtung Westen empfangen ich die Echos erst ab 20 ° Elevation, da ich da von einem Berg abgeschattet bin, im relativ freien Süden und Osten hingegen geht es auch bis 3 ° Elevation des Objektes, bis das Signal verschwindet.

Weitere interessante Details über die Funktionsweise beschreibt PE1ITR auf seiner Homepage.

Direkter, terrestrischer Empfang der Graves-Signale

Unser Glück ist, dass Graves direkt unterhalb des 2m-Bandes auf 143.050 MHz sendet. Somit können wir unser normales Amateurfunkgerät (mit Empfangsbereichserweiterung) und auch 2m-Yagis fast ohne Effizienzeinbußen verwenden. Um den Ton hören zu können, muss man den Empfänger auf USB 143.049 MHz einstellen. Für den ersten Versuch sollte man die Richtantenne Richtung Dijon stellen, um das Signal über Tropo aufzunehmen. Man hört einen Ton mit wechselnder Lautstärke, der etwa alle 4 s mal etwas lauter bzw. leiser wird. In dem Freeware-Programm WSJT, das zur Dekodierung von EME-Signalen (Erd-Mond-Erde) genutzt wird, sieht man meistens ein etwa 100 Hz breites Signal anstatt des erwarteten Einzelton-Trägers. Meine Station befindet sich etwa 400 km nördlich von Dijon, ich kann das Signal also nur über Reflexionen empfangen. Manchmal verschwindet das Signal auch im Rauschen, aber mit der Software WSJT oder Spectrum Lab kann man es eigentlich immer sichtbar machen.



Bild 2: Anzeige des über Tropo empfangenen Graves-Radars mit WSJT

Hier erkennt man unter dem Skalenwert 0 ein Signal mit vielen schrägen Linien. Das ist das Graves-Radar, das hier mit einer Vielzahl von Reflexionen ankommt. Hier wird das Radar-Signal vermutlich von verschiedenen Flugzeugen reflektiert. Die Frequenzabweichung vom Träger, der eigentlich hier als gerade Linie erscheinen sollte, wird durch den Doppler-Effekt erzeugt. Geht die Linie z.B. von rechts unten

nach links oben, so handelt es sich hier wahrscheinlich um eine Reflexion an einem Flugzeug, das sich zuerst meiner Station nähert, beim Schnittpunkt der Sollfrequenz 143.050 mir dann am nächsten ist, und sich wieder entfernt.

Hinweis: Die Signale unter Skalenwert 400 und 1200 sind sog. Birdies, also Störsignale von eigenen Geräten oder fremden Aussendungen. Die Signale oberhalb Skalenwert 2000 sind Fehlanzeigen der Soundkarte bzw. vom Dekodierprogramm; sie zeigen noch einmal den starken Träger des Graves-Radar. Also alles oberhalb vom Skalenwert 300 ist somit zu ignorieren.

Das selbe Signal wird unten noch einmal in etwas größerer Auflösung mit der Freeware Spectrum Lab gezeigt, man kann hier die Uhrzeiten der beiden Bilder vergleichen. Hier kann man auch ein paar interessante Details erkennen. Die waagerechte Linie bei Uhrzeit 17:46:35 kann eine Meteorit sein, der mit sehr hoher Geschwindigkeit sich von meiner Station entfernt. Wegen der viel geringeren Auflösung kann man diesen Ping in WSJT nur mit dem 2mm langen waagerechten Strich erkennen. Die helle Linie bei ca. 1320 Hz sind die über Tropo fast direkt empfangen Aussendungen von Dijon, die schrägen Linien sind die Reflexionen von Flugzeugen, die durch ihre Bewegung in Relation zu meiner Station hier auch ein Dopplershift, also Frequenzversatz, erzeugen. WSJT und Spectrum Lab liefen auf meinem Rechner gleichzeitig, so können anhand der Uhrzeiten am linken Rand der Bilder die Signale verglichen werden.

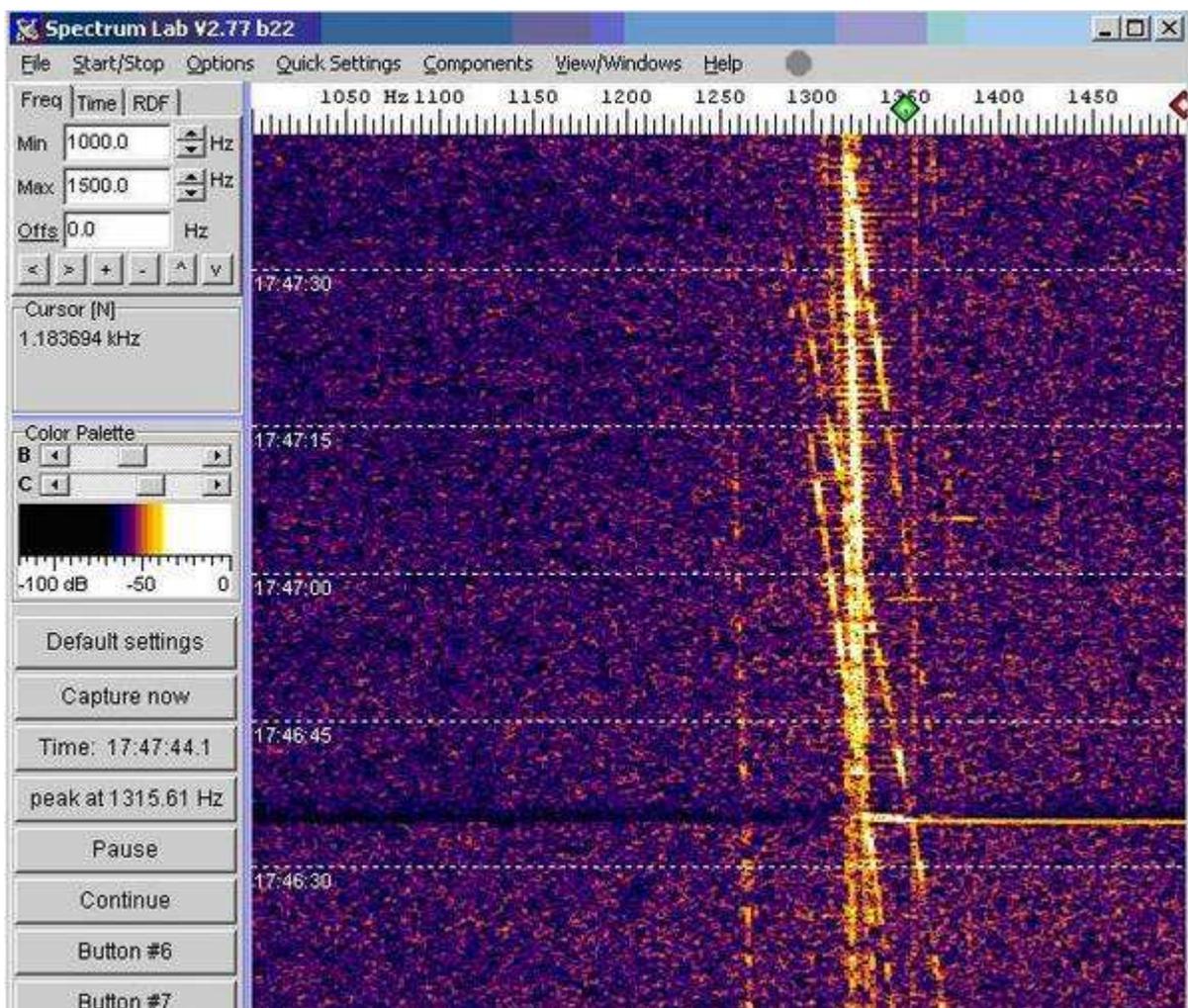


Bild 3: Anzeige des direkt empfangenen Graves-Radars mit Spectrum Lab

EME-Echo des Graves-Radars

Um gute Echos des Graves-Radar vom Mond zu bekommen, sollte man folgendes beachten: Graves strahlt im Wesentlichen in südlicher Richtung ab, siehe PE1ITR-Dokument. Ebenso ist die Hauptstrahlrichtung für die Elevation zwischen 15 und 40 Grad. Somit erzielt man die besten Empfangsergebnisse, wenn der Mond in Richtung SO, S, SW sowie Elevation 15...40 Grad steht. Dann geht es aber so richtig los mit Lautstärken des Mondechos, die bei guten Bedingungen teilweise sogar deutlich zu hören sind. Da die Mond-Echos manchmal mit vertikaler, manchmal horizontaler Polarisation, oder beliebige Werte dazwischen herunterkommen, kann es sein, dass man bei falscher Antennenpolarisation auch mal gar nichts vom Echo sieht. Meine Erfahrungen sind, dass man zu 80 % mit horizontaler Polarisation besser fährt. Eine Yagi mit drehbarer Polarisation wäre hier hilfreich, oder man dreht die Antenne auf dem Balkon eben per Hand auf maximale Echo-Feldstärke. Die Änderung der Polarisation (Faraday Rotation) erfolgt allerdings sehr langsam, z.B. über 10 .. 20 min hinweg. Ebenso wird das Echo-Signal noch durch andere Faktoren mehr oder weniger gedämpft, auch durch dichte Regenwolken. Zur Bewertung der Chancen, ob die Bedingungen gut sind, kann man aus den Signal-Rapporten der EME-Funker auf der Seite <http://www.livecq.eu> abschätzen: Wenn da die ausgetauschten Rapporte immer schlechter als -22 dB liegen, sind die Bedingungen eher schlecht, und man müsste schon eine etwas größere Yagi, z.B. ab 10 Elemente oder besser, haben.

Das folgende Bild 4 wurde aufgezeichnet, als der Mond von mir aus gesehen in südwestlicher Richtung und 30 Grad Elevation stand. Man kann hier schwach das terrestrische, direkt empfangene Signal bei dem Skalenwert 0 im WSJT-Spektrum erkennen. Da der Mond sich bei dieser Lage von mir entfernt, liegt durch die Dopplerverschiebung die Echo-Frequenz ca. 300 Hz unterhalb des terrestrisch empfangenen Trägers. Der genaue Doppler-Wert wird im Hauptfenster von WSJT mit -328 Hz angegeben. Man sieht, dieses Echo-Signal ist sauber, also frei von irgendwelchen anderen störenden Reflexionen, da ich das Echo ja per Sichtverbindung empfangen. Hier sieht man auch deutlich die gleichmäßig periodischen Signalstärken-Wechsel, obwohl Graves einen Dauerträger sendet. Dieser entsteht durch den periodischen Wechsel im 3,2s-Takt der Abstrahlrichtung der Graves-Antennen.

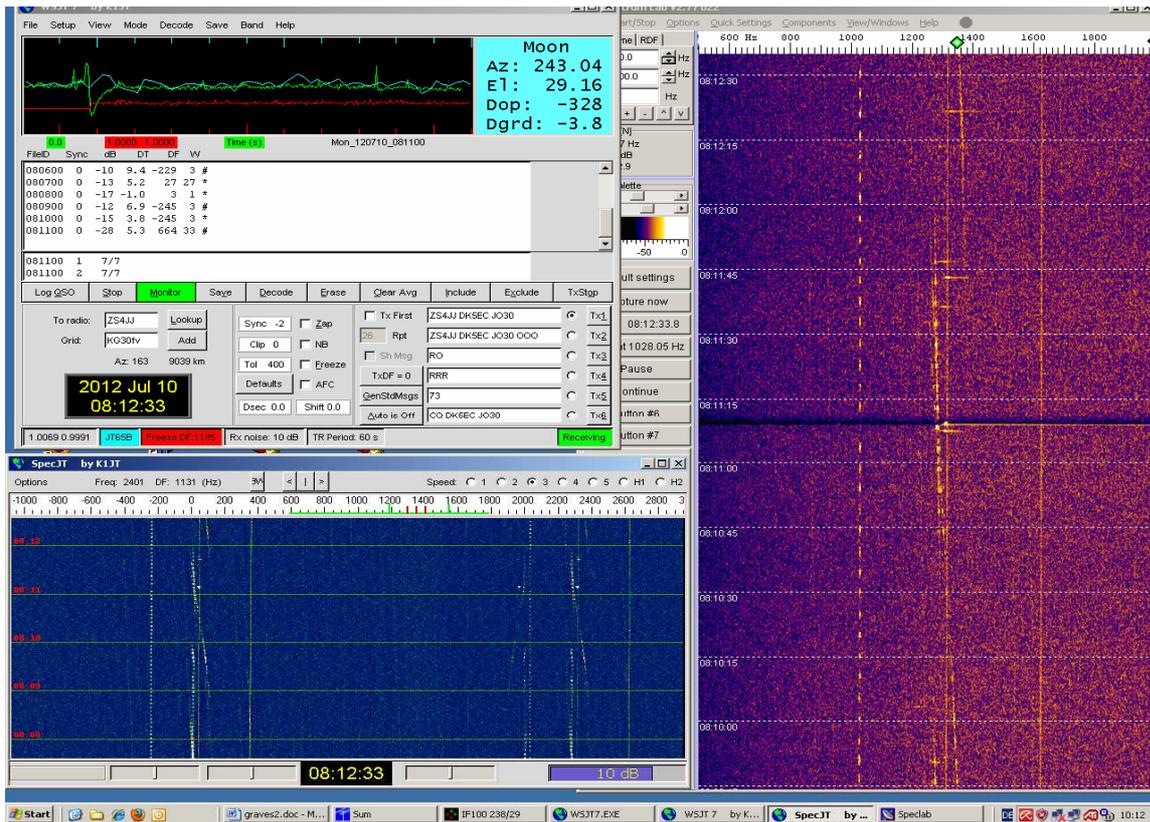


Bild 4: Graves Mond-Echo mit den WSJT und Spectrum Lab Anzeigen

Im rechten Fenster wird mit der Software Spectrum Lab noch mal das selbe angezeigt, hier mit höherer Auflösung. Die Abschnitte liegen bei WSJT genau 1 min, bei Spectrum Lab nur 15 s auseinander. Im Spectrum Lab sieht man auch hier einige waagerechte Striche in unregelmäßigen Zeitabständen, die vermutlich Meteor-Pings darstellen.

Einmal ist es mir sogar gelungen, die EME-Signale mit einer Vertikalantenne zu empfangen. Allerdings klappt das nur bei guten Bedingungen, und wenn die Polarisierung des Echos zufällig vertikal herunterkommt. Eine 6...10-Element-2m-Yagi wäre hier sicher hilfreich.

EIE-Signale über die Raumstation ISS (Erde-ISS-Erde)

Jetzt wird es richtig interessant. Wer schon eine Station für Satellitenbetrieb hat, ist da gut dran, eine Sat-Ausrüstung ist aber nicht ungedingt notwendig. Ein horizontaler 2m-Dipol sollte ggf. auch genügen, besser wäre eine mit der Hand nachführbare kleine Yagi auf dem Balkon oder Garten.

Wie oben bereits erwähnt, wird das Graves-Radar für die Lagebestimmung von Satelliten, Raumschiffen und Weltraumschrott genutzt. Je größer das Objekt, desto stärker sind natürlich auch die Echos, die zurückkommen. Aufgrund der relativ geringen Entfernung sind Echos der ISS so stark, dass man sie nicht nur grafisch mit WSJT und Spectrum Lab sichtbar machen kann, man kann sie sogar deutlich hören. Die Signale sind hier wesentlich stärker als die Echos vom viel weiter entfernten Mond.

Bei meinen Empfangsversuchen nutzte ich das Programm SatPC32 für die Antennensteuerung, aber ohne die automatische Dopplershift-Nachführung für den Transceiver. Ich musste hier nämlich erstmal lernen, dass sich das Tracking-Programm für EIE-Empfang nicht eignet, da der Dopplershift bei EIE nämlich doppelt so groß ist wie bei normalen Sat- oder ISS-Betrieb. Das hängt damit zusammen, dass sich die Dopplershifts beim Empfang des Radarsignals am ISS-Rumpf und den nochmaligen Empfang des Echos am Boden addieren.

Da ich somit einen Frequenzbereich von über 12 kHz empfangen muss, aber nur eine SSB-Bandbreite von 0,3 ... 2,7 kHz habe, muss ich also meine Transceiver-Frequenz irgendwie ohne Hilfe des Sat-Programms mitwandern lassen. Da sich die Frequenz im Sauseschritt ändert, habe ich mir hier 7 Memory-Kanäle für den Bereich 143,056 – 143,042 MHz mit einem 2kHz-Abstand in den Transceiver programmiert. Wenn ich also den Transceiver auf 143.054 MHz stelle, kann ich den Bereich 143,054.3... 143.056.7 hörbar bzw. sichtbar machen. Für die anderen 6 programmierten Frequenzen gilt das analog, also der jeweilige Hörbarkeitsbereich ist die angezeigte „Dial-Frequenz“ + 0,3...2,7 kHz. Die hörbare Frequenz wird beim ISS-Durchlauf vom Aufgang im Westen bis zum Untergang im Osten immer tiefer. Wenn also die hörbare Tonfrequenz sich dem unteren Bandpass-Ende bei 0,3 kHz nähert, schalte ich auf den nächst tieferen Memory-Kanal, und höre dann den selben Ton, aber um 2 KHz höher. Hier kann ich wieder im Spec Labor sehen, wie der Ton sich vom oberen Bandbereich bis zum unteren bewegt, und kann dann zum nächsten unteren Kanal schalten. Das Spiel wiederholt sich solange, bis die ISS im Osten untergeht.

Das folgende Bild 5 ist jetzt wie folgt zu interpretieren:
Angezeigte Dial-Frequenz des Transceivers ist 143,054 MHz, der erste hörbare Ton, also das Graves-Echo, erscheint um 12:29:30 bei ca. 2400 Hz, siehe Frequenzskala am oberen Bildrand, und endet hier im Bild bei 650 Hz um 12:33:10. Somit habe ich den Aufgang der ISS (AOS) um 12:29:30 Uhr mit einer Trägerfrequenz von 143,056.4 empfangen.

Hinweis: die beiden senkrechten Striche bei 1900 Hz und 2300 Hz sind Störsignale, die je mit wechselnder Antennenrichtung verschieden stark auftreten. Um 12:31:25 und :50 sind hier auch Meteoriten-Pings zu sehen.

An der Kurvenform kann man erkennen, dass sich die Dopplerverschiebung am Anfang nur langsam ändert, und dann mit flacher werdenden Kurve immer schneller wird.

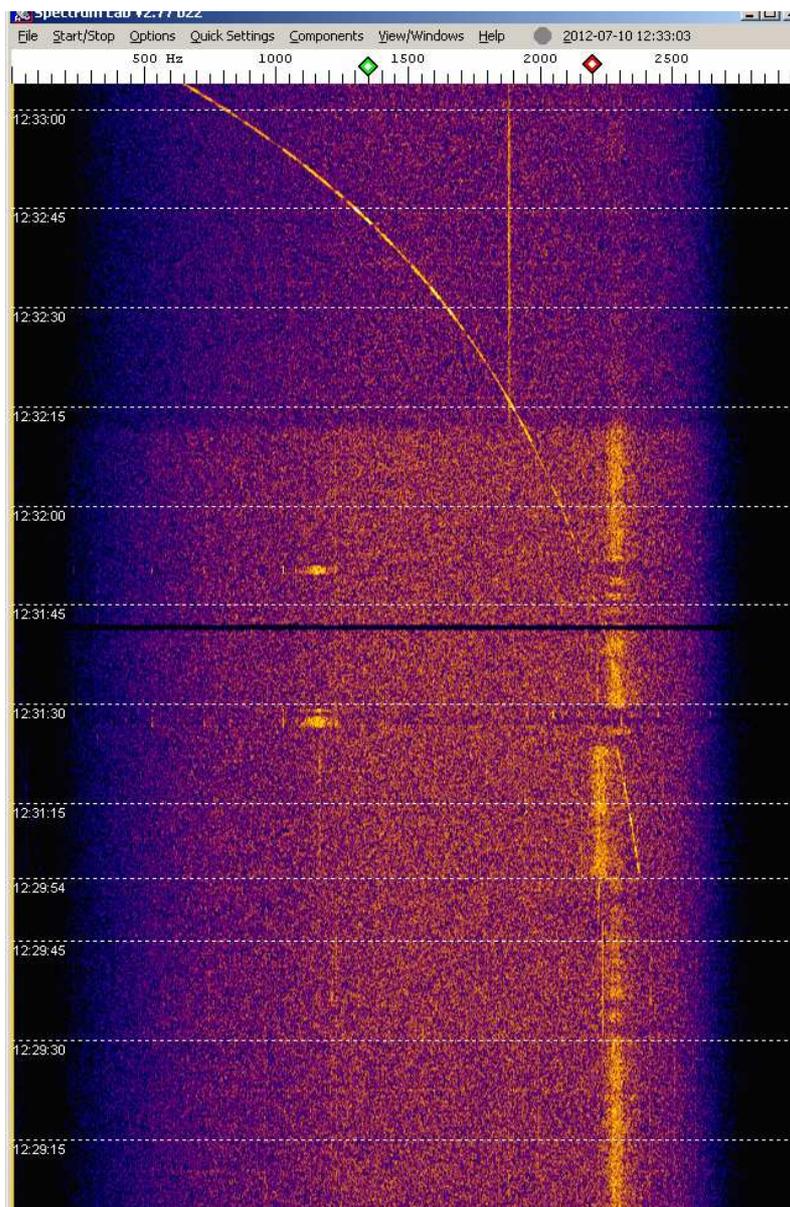


Bild 5: Frequenz beim Aufgang der ISS im Westen

Der folgende Screenshot zeigt den mehrfachen Kanalwechsel während des Durchlaufs der ISS. Die untere Kurve, beginnend bei 12:32:15, zeigt den Verlauf bei der Dial-Frequenz 143,054, also die gleiche Kurve wie auf dem vorigen Bild. Die beiden darüber liegenden Linien sind entsprechend bei den Dial-Frequenzen 143,052 und 143.050 aufgenommen. Die schwächere Linie im Bildmitte rechts von 12:33:45 bis 12:34:00 passt hier nicht in das Raster, und muss somit ein Graves Echo eines anderen zufällig vorbei fliegenden Satelliten oder Schrott-Teils sein. Die darüber liegende Linie, beginnend rechts bei 12:32:02 ist bei der Dial-Frequenz 143.048 aufgezeichnet. In diesem Bereich ist also auch der Empfang des direkt empfangenen Graves-Radars möglich, der hier logischerweise bei ca. 2000 Hz bis zum nächsten Kanalwechsel schwach sichtbar ist. Die Linie bei der nächsten Dial-Frequenz 143.046 ist hier nur schwach zu sehen, da in diesem Augenblick meine Antenne den Süd-Anschlag erreicht hat und dann eine 360 Grad Drehung machen musste. So war für mehr als 45 s meine Antenne nicht auf die ISS ausgerichtet.

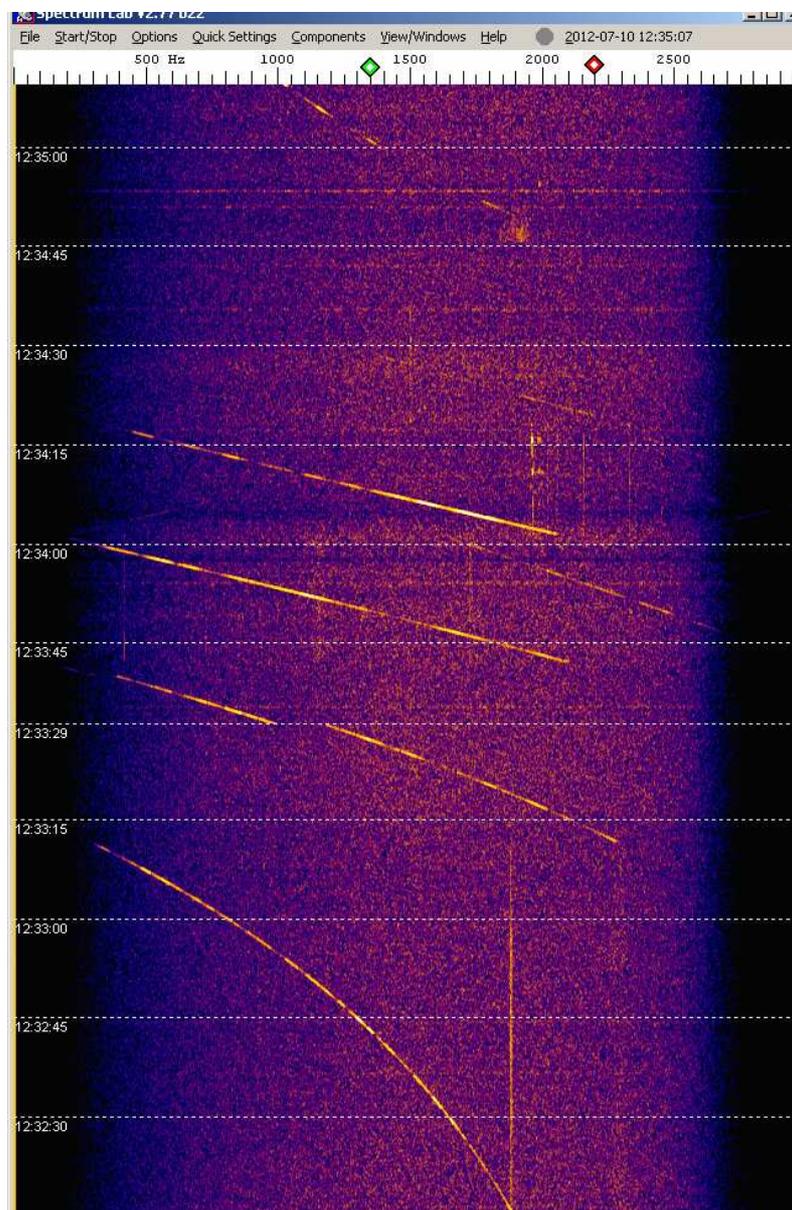


Bild 6: Verlauf des Dopplershifts mit 6 Kanalwechseln je + 2 kHz

Das folgende Bild 7 zeigt die Fortsetzung der vorigen Bilder bzw. Zeiträume, die untere lange Linie wurde bei einer Dial-Frequenz 143.050 und obere Kurve bei 143.042 aufgezeichnet. Noch mal zum Verständnis: Das linke Ende einer Linie ist die gleiche Tonfrequenz wie der rechte Anfang der nächst höheren Linie.

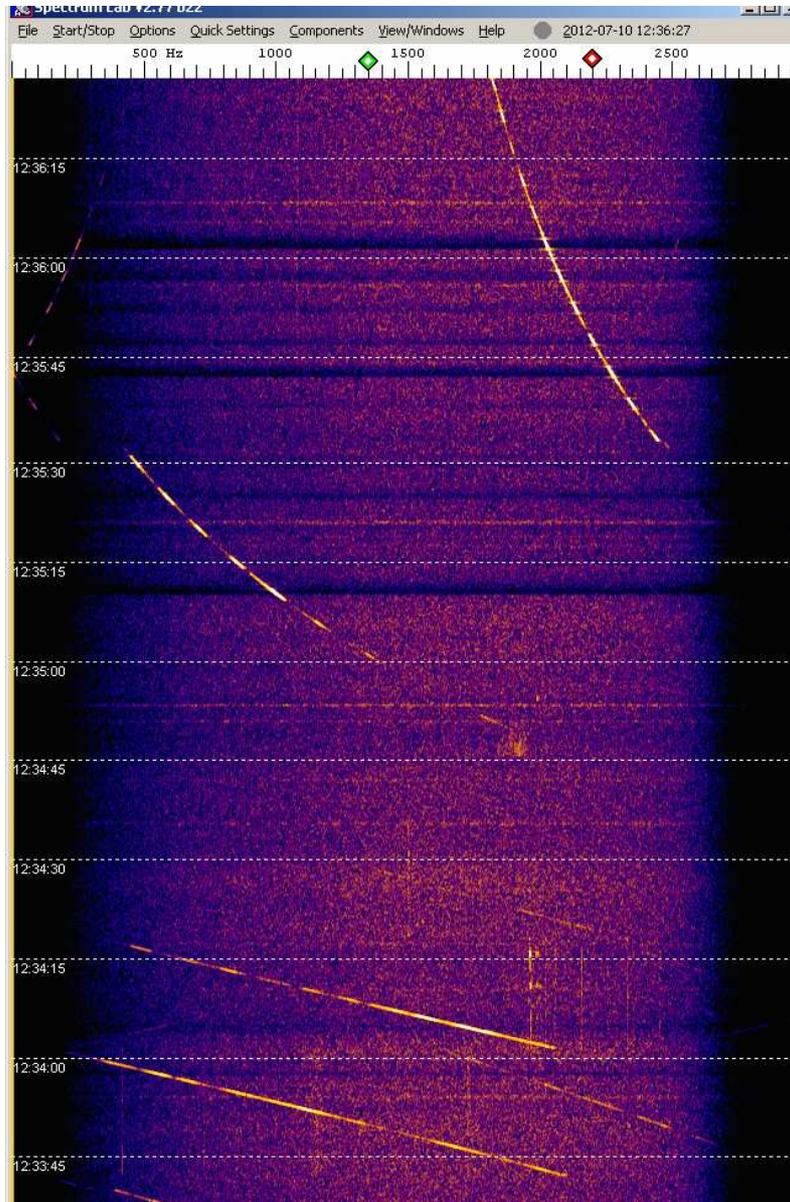


Bild 7: Die ISS nähert sich dem Untergang (LOS)

Im folgenden Bild 8 wird der Frequenzverlauf beim Untergang (LOS) der ISS im Osten bei angezeigt. Die ISS war somit bis zu einer Trägerfrequenz bis 143.043.5 hörbar. Die Kurve hier ist also die Fortsetzung der oberen Kurve des obigen Bildes.

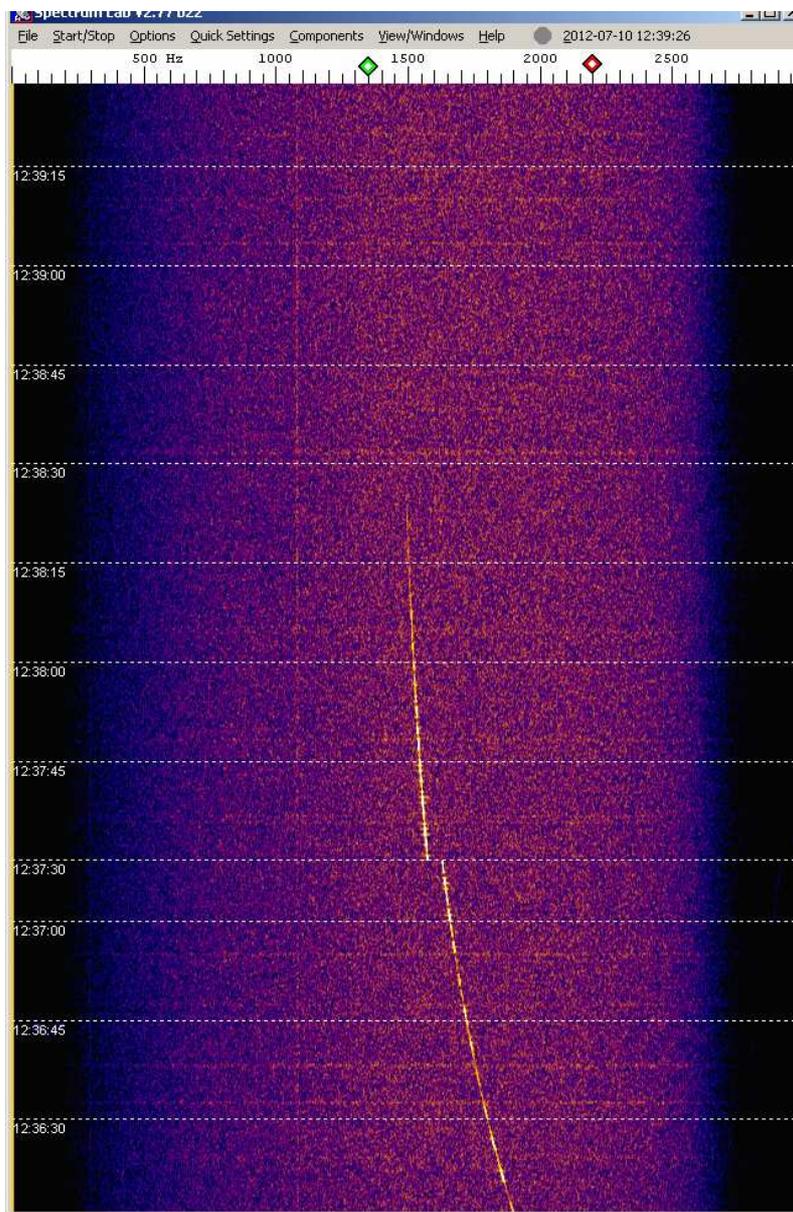
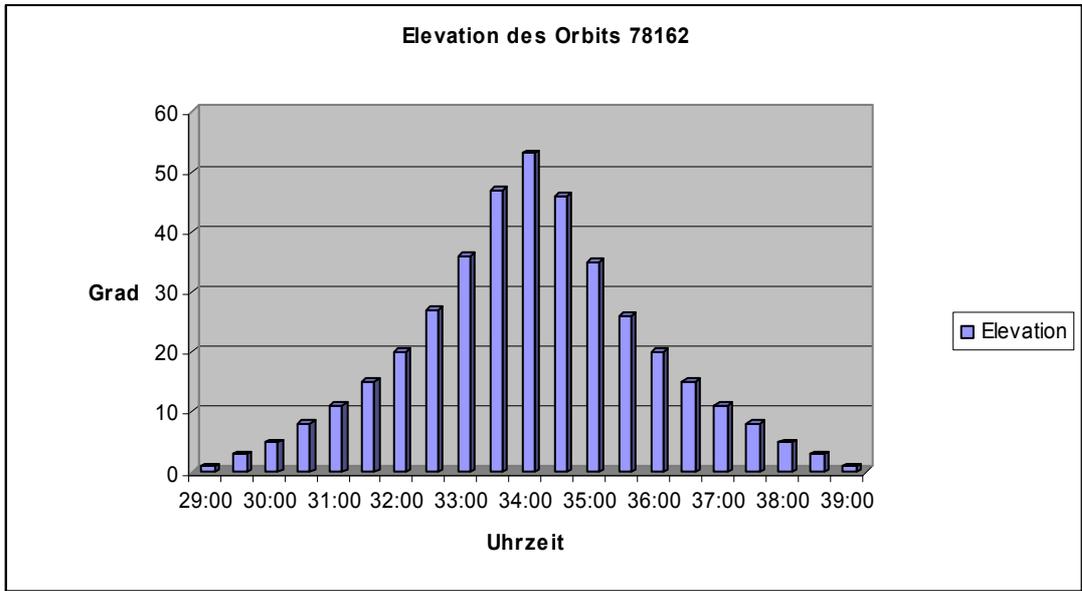
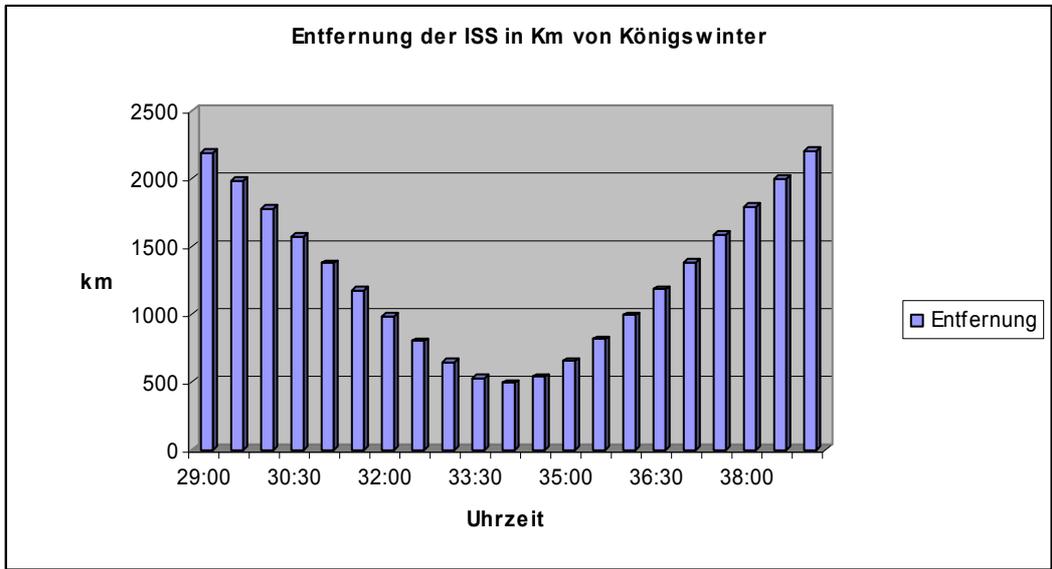
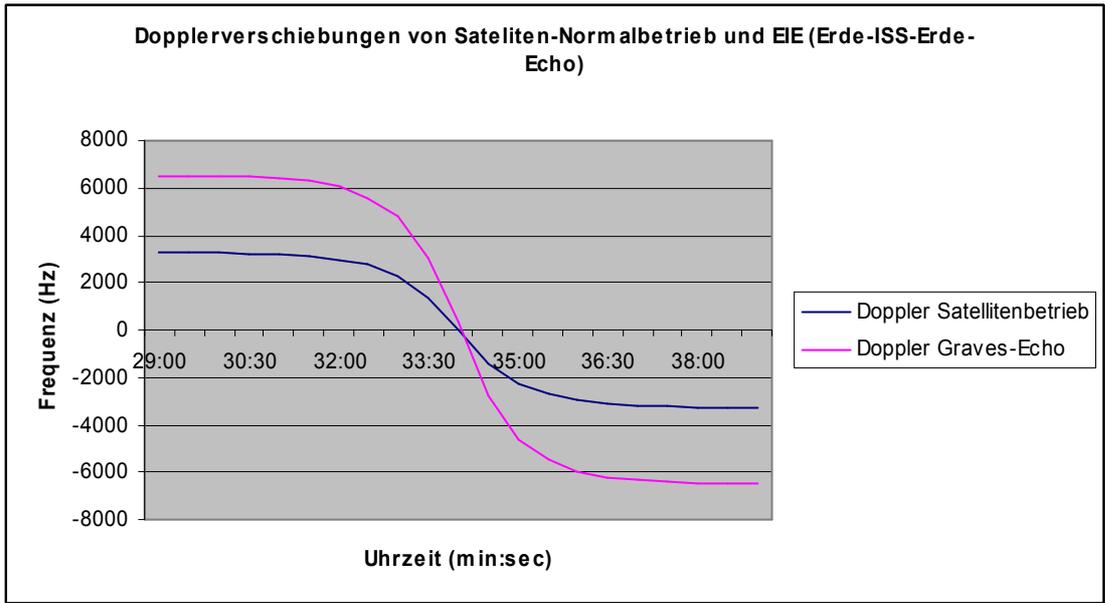


Bild 8: Trägerfrequenz bei Untergang der ISS (LOS)

Im Folgenden sind die o.a. Beobachtungen noch einmal als Übersicht in Diagrammen und Tabellen festgehalten. Ich hatte nicht damit gerechnet, dass die Echo-Dopplerverschiebung eines Echos doppelt so groß ist wie die bei normalen Satellitenbetrieb. Beim Echo-Betrieb addiert sich anscheinend die Uplink- und Downlinkverschiebung. Bei meinen ersten Messungen hatte ich immer das Signal beim ISS-Aufgang (AOS) verpasst, und ich dachte zuerst, meine Keplerdaten stimmten nicht.

Die Diagramme stellen sehr deutlich dar, dass die Dopplerverschiebung bei beiden Betriebsarten 0 ist, wenn die ISS am nächsten Punkt zu meiner Beobachterstation in Königswinter vorbeifliegt.



	29:00	29:30	30:00	30:30	31:00	31:30	32:00	32:30	33:00	33:30	34:00	34:30	35:00	35:30	36:00	36:30	37:00	37:30	38:00	38:30	39:00
Uhrzeit 12:29.:00 UTC	29:00	29:30	30:00	30:30	31:00	31:30	32:00	32:30	33:00	33:30	34:00	34:30	35:00	35:30	36:00	36:30	37:00	37:30	38:00	38:30	39:00
Zeit [s] ab AOS bis LOS	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
Elevation	1,4	3,3	5,5	8,1	11,2	15,1	20,1	26,7	35,9	47,1	53,5	46,6	35,3	26,3	19,7	14,8	11	7,9	5,3	3,1	1,2
Azimuth	285	284	283	282	280	278	274	269	259	239	202	165	146	137	131	128	126	124	123	122	121
Doppler Satellitenbetrieb	3287	3277	3258	3228	3179	3098	2916	2243	2243	1353	0	-1395	-2266	-2726	-2968	-3103	-3182	-3231	-3261	-3279	-3289
Doppler Graves-Echo			6.500	6.450	6.400	6.300	6.100	5.600	4.800	3.000	300	-2.800	-4.600	-5.500	-6.000	-6.200	-6.300	-6.400	-6.500		
Entfernung	2187	1981	1776	1572	1372	1173	982	803	646	532	490	538	657	816	996	1187	1385	1587	1791	1997	2203

Mess- und Programmwerte beim Orbit 78162, 10.7.2012, AOS 12:29:00, LOS =12:39:00 UTC

Anmerkung: Je nach Richtung des Aufgangs der ISS empfangen ich das Signal erst ab 15 Grad Elevation, da meine Antenne in dieser Richtung teilweise in die Nachbarhäuser zeigt und somit die ISS-Signale zu stark gedämpft werden.

Beobachtungen von Echos von weiteren „unbekannten“ Flugobjekten (UFOs)

Während meiner Beobachtungen fielen mir Echo-Signale auf, die einen ähnlichen Kurvenverlauf wie die ISS hatten, z.B. Bild 6 14:33:50, die kürzere Kurve auf der rechten Bildhälfte, die nicht in das Raster der ISS-Kurven passen. Das sind mit hoher Wahrscheinlichkeit andere low-orbit Satelliten mit größeren Volumen. Ich habe daraufhin mal die Keplerdaten der NOAA- und Iridium-Satelliten, die man ja auch manchmal am Abendhimmel sehen kann, herunter geladen und diese mit meiner drehbaren Sat-Antennen-Anlage verfolgt. Da war ich aber nicht erfolgreich, und habe manchmal Echos ahnen, aber nicht sicher reproduzieren können wie bei der ISS und dem Mond. Immerhin sind die Iridium-Sats kleiner als die ISS, und der Echo-Weg ist hier 16 mal länger. Somit sind die Signalstärken um ein Vielfaches geringer.

Bei meinen späteren Recherchen erfuhr ich, dass das Graves-Radar häufig von den Fans von Meteoritenschauern und Sporadic-E bereits seit vielen Jahren genutzt wird. In Bild 10 habe ich da mal solche Echos aufgezeichnet. Um 14:20:25, 14:20:10 und 14:18:50 habe ich die sog. Pings von einzelnen kleinen Meteoriten aufgenommen, die auch einen tollen Sound haben so wie „piuuuu“. Diese sind eigentlich immer hörbar. Um 14.18:30 kam ein ganzer Meteoritenschauer herunter. Die Feldstärke des Echos war hier so hoch, dass mein Empfänger stark herunterregeln musste, das Hintergrundrauschen verschwand hier völlig.

Weitere interessante Beobachtungen machte ich, wenn ich meine Antenne in Richtung des 120 km entfernten Frankfurter Flughafens drehte. Hier konnte ich teilweise sogar den 2-minütigen Start- und Landezyklus der Maschinen verfolgen, z.B. wenn sich alle 2 min ein Kurve zeigte, die in der Nähe der Trägerfrequenz begann bzw. dort endete. Die schräge Kurve zwischen 14:17:00 (Bild 10 ganz unten) und 14:19:00 sagt aus, dass der Flieger etwa um 14:16:50 gestartet war und in Richtung Süden irgendwo zwischen 90..180..270 Grad sich von mir wegbewegt, dann um 14:19:00 hinter dem Horizont von mir aus gesehen verschwand. In Bild 3 sind verschiedene Flugzeug-Echos zu sehen. In Bild 12 habe ich die Flugbewegungen mit entsprechenden (nicht bewiesenen) Interpretationen noch mal schematisch dargestellt.

Der Vollständigkeit halber: in Bild 10 ist die terrestrische Trägerfrequenz des Graves-Signal hier hörbar bei 1000 Hz, und das Mondsignal ist hier sichtbar mit einem Dopplershift von – 110 Hz angezeigt. Hierbei zeigte das Programm WSJT einen Shift von +30 Hz an. Der Unterschied liegt vermutlich daran, dass sich hier der Mond von mir aus weg bewegte, aber auf Dijon zu bewegte. WSJT zeigt ggf. nur den korrekten Dopplershift an, wenn das QTH des Senders identisch mit dem QTH des Empfängers ist.

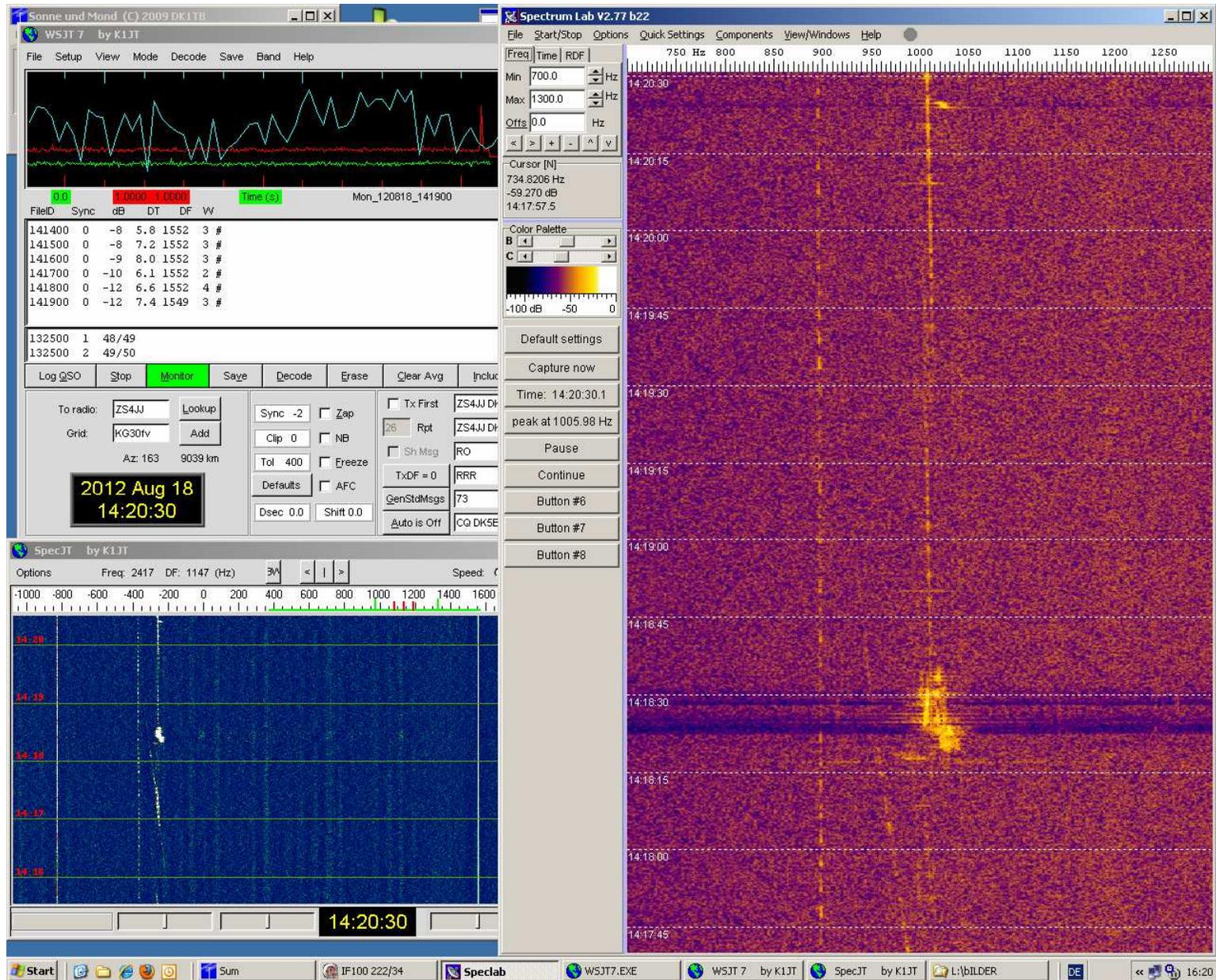


Bild 10: Echos von den 4 „UFOs“ terrestrische Trägerfrequenz (1000), Mond (900), Flugzeug und Meteorschauer (14:18:30)

Aus Bild 11 kann man sogar mit hoher Wahrscheinlichkeit herauslesen, welche Landebahn für die Starts und Landungen genutzt wurden. Die etwas kürzeren Kurven, die ziemlich nahe der Trägerfrequenz 1010 Hz liegen, deuten auf Starts und Landung auf einer der beiden Ost-West-Bahnen hin. Hier ist der Dopplershift geringer, die die Flugzeuge von meinem Standort in Königswinter ausgesehen sich weniger schnell von mir fort- bzw. auf mich zu bewegen. Die lange Kurve auf der rechten Seite, die etwa 17:17:30 endet, ist ein Flugzeug, das aus Richtung Süden kommend auf der Startbahn West (Süd-Nord-Richtung) landet. D.h., dieses Flugzeug näherte sich mir mit relativ viel höherer Geschwindigkeit als die Flugzeuge, die die Ost-West-Bahn benutzten. Die lange Kurve auf der linken Seite, beginnend unterhalb 17:15:00, deutet auf einen Start auf Startbahn West (Nord-Süd-Richtung) hin, wo das Flugzeug sich mit hoher Geschwindigkeit von meinem Beobachtungspunkt entfernt. Natürlich nutzen die Flugzeuge auf allen Start- und Landebahnen ähnliche reale Geschwindigkeiten, aber bezogen auf meinen Beobachterstandort sind die relativen Geschwindigkeiten auf den Ost-West- und der Nord-Süd-Bahn sehr unterschiedlich. (Anm.: Träger bei 800 und 1100 Hz sind Störsignale)

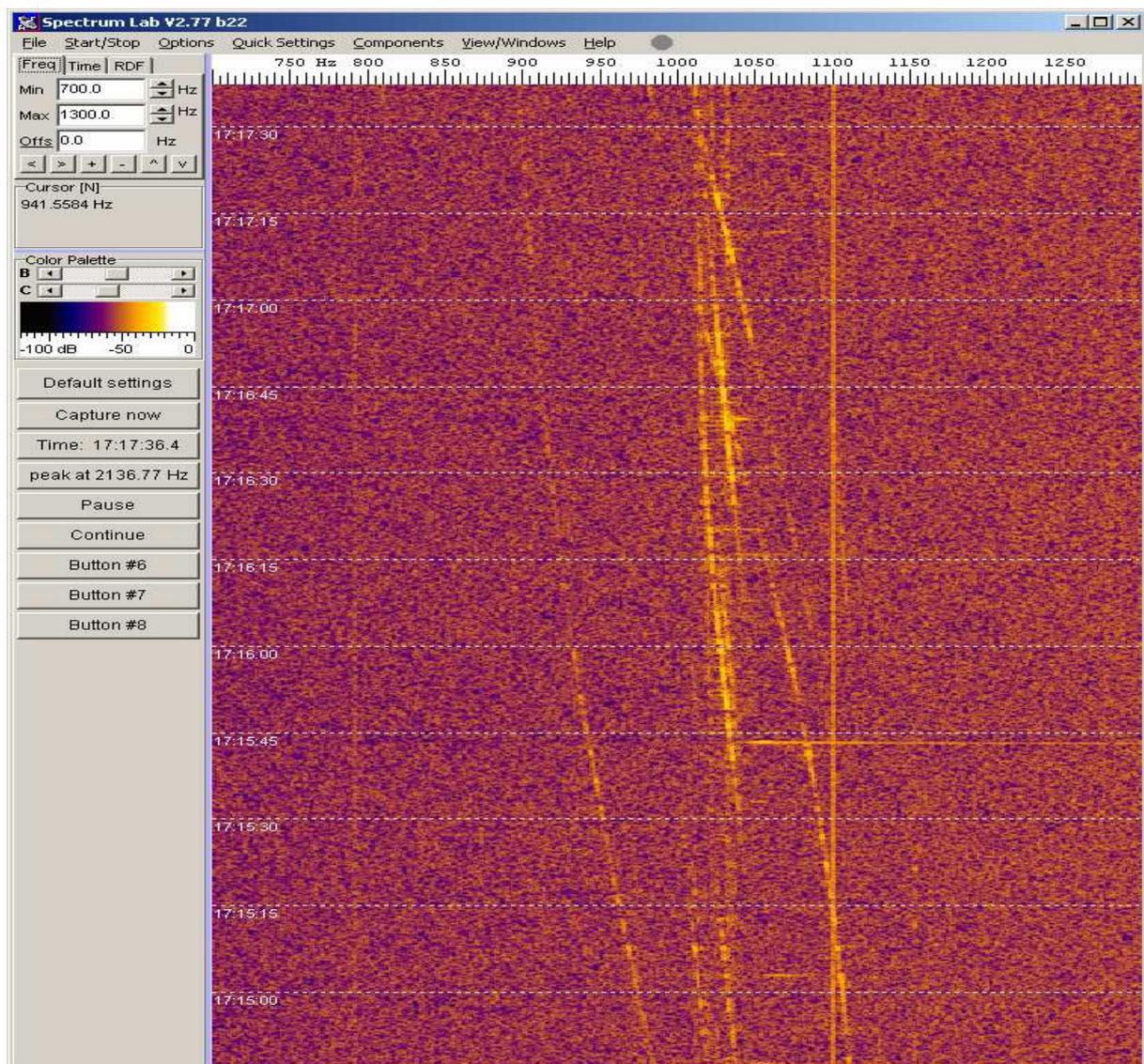


Bild 11: Aufzeichnen der Flugbewegungen auf verschiedenen Landebahnen

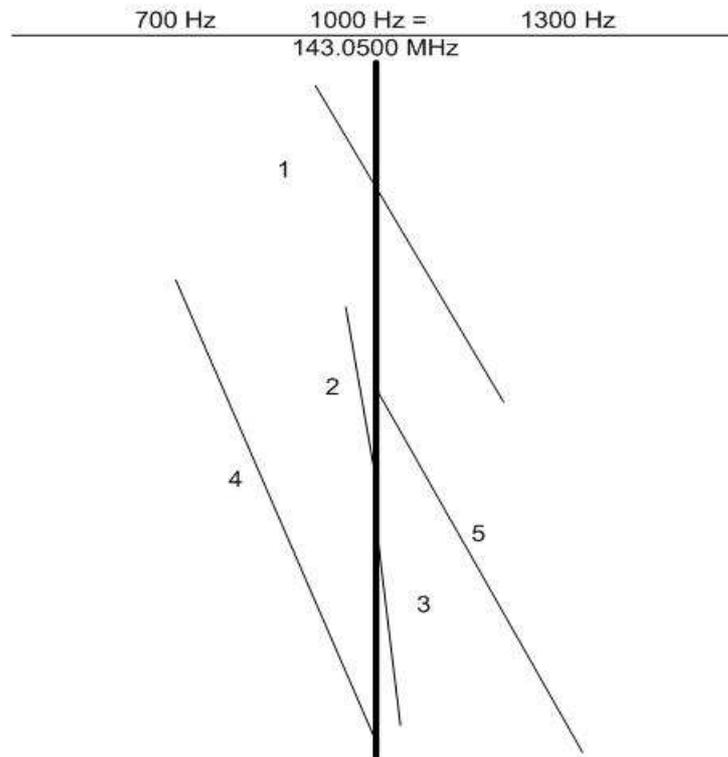


Bild 12: Schematische Darstellungen der Flugbewegungen

Die Kurven in Bild 12 sagen folgendes aus:

1. Ein Flugzeug nähert sich mir und entfernt sich dann wieder (landet nicht)
2. Ein Flugzeug startet in Frankfurt (Ost-West-Bahn) und entfernt sich von mir
3. Ein Flugzeug nähert sich mir und landet in Frankfurt (Ost-West-Bahn)
4. Ein Flugzeug startet in Frankfurt (Nord-Süd-Bahn) und entfernt sich n. Süden
5. Ein Flugzeug nähert sich und landet aus Richtung Süden (Nord-Süd-Bahn)

Fazit

Mit dem Graves Radar lassen sich mit einfachen Mitteln starke Echos aus dem Weltraum empfangen, insbesondere vom Mond und vom größten künstlichen Himmelskörper, die ISS. Das Mond-Echo konnte mit einem gut sichtbaren Signal parallel zum terrestrischen Graves-Trägersignal mit einem Dopplervershift von 320 Hz erkannt werden.

Mit einigen Tricks konnte der Dopplervershift-Verlauf des Echos von der ISS während eines kompletten Überfluges aufgezeichnet werden, wo der Aufstieg der ISS (AOS) im Westen um 12:29:30 Uhr mit einer Trägerfrequenz von 143,056.4, der Untergang (LOS) im Osten bei 143,043.5 MHz um 12:38:30 Uhr hörbar war.

Weitere interessante Beobachtungen bezüglich Asteroiden samt Schauern sowie Reflexionen von Flugzeugen konnten aufgezeichnet werden.

Viel Erfolg bei den eigenen Empfangsversuchen!

73, Karl, DK5EC
dk5ec (at) darc.de