

Erste Erfahrungen beim Funkbetrieb über den Satelliten Es'hail 2

Table of Contents

1. Vorwort.....	3
2. Der Satellit.....	3
3. Die fertiggestellte Sende- und Empfangsstation.....	3
3.1 Die ersten Empfangsversuche.....	4
3.2 Der Signalpegel.....	5
3.3 Die Genauigkeit der Frequenz.....	6
4. Die ersten Sendeversuche.....	6
4.1 Das SWR.....	7
4.2 Die Suche nach der eigenen Aussendung.....	8
4.3 Das erste QSO.....	8
5. Die Optimierungen.....	8
5.1 Die Sendeantenne und dessen SWR.....	8
5.2 Die Richtung der Sendeantenne.....	9
5.2.1 Bestimmung der exakten Winkel.....	10
5.2.2 Ausrichten der Sendeantenne.....	11
5.3 Die Empfangsantenne.....	12
6. Der Funkbetrieb.....	12
6.1 Die Aktivität.....	12
6.2 Die Art der QSOs.....	14
6.3 Was andere an Gerätschaften verwenden.....	14
6.3.1 Die Antennen.....	14
6.3.2 Die Sendeleistungen.....	14
6.3.3 Der 3cm-Empfangsteil.....	15
6.4 Empfangsversuche des Breitbandtransponders.....	15
7. Ausblick.....	15
11. Quellennachweis.....	17

1. Vorwort

Nach längerer Bauzeit ist eine Sende- und Empfangsstation für den Satelliten Es'hail 2 entstanden. Hier soll nun von den ersten Erfahrungen mit dieser Station berichtet werden.

2. Der Satellit

Der Satellit Es'hail 2 ist ein geostationärer Satellit, konzipiert für eine kommerzielle Übertragung von Fernsehprogrammen. Dieser Satellit trägt eine zusätzliche Amateurfunklast die wiederum aus zwei Lineartranspondern besteht, einem für schmalbandige Betriebsarten wie SSB, CW, PSK31... und einem für digitales ATV. Die Uplinkfrequenzen liegen im 13cm-Band, die Downlinkfrequenzen im 3cm-Band:

Schmalbandbereich:

Uplink

Frequenzbereich	Polarisation	Leistung
2400,05 MHz – 2400,3 MHz	zirkular rechtsdrehend	900 W EIRP
2401,5 MHz – 2409,5 Mhz	zirkular rechtsdrehend	200 kW EIRP

Downlink

Frequenzbereich	Polarisation
10489,55 Mhz – 10489,8 Mhz	vertikal
10491 MHz – 10499 Mhz	horizontal

3. Die fertiggestellte Sende- und Empfangsstation

Wie in dem Vorgängervortrag berichtet besteht die Station:

Empfangsseitig

- aus einem 50cm Eigenbauspiegel
- Einem LNB der Fa. Kuhne

Erste Erfahrungen beim Bau Funkbetrieb über den Es'hail 2

- einem alten Scanner AR-3000A mit dem die ZF von 1129MHz abgehört werden kann und sendeseitig
- aus einem Transceiver (FT736R),
- einem Kuhne Transverter 2m/13cm mit 1W Ausgangsleistung,
- einer 20W Endstufe und
- einer Gruppe von vier Eigenbau-Helixantennen mit je 28 Windungen.

3.1 Die ersten Empfangsversuche

Dieser Tag war von den Funkamateuren lange erwartet worden – der Tag an dem der offizielle Funkbetrieb beginnen sollte. Nach Aussagen im Internet sollte der schmalbandige Transponder nach der Einweihungsfeier für den Funkbetrieb freigegeben werden.

An diesem Tag sollte sich dann auch zeigen, ob der Eigenbauspiegel mit seinen 55cm wirklich groß genug ist und ob der Kuhne LNB für den Schmalbandbetrieb wirklich geeignet ist denn in der Spezifikation steht eine Genauigkeit von $\pm 2\text{ppm}$ (also $\pm 20\text{kHz}$) und eine Temperaturdrift über den gesamten zugelassenen Temperaturbereich von $\pm 2,5\text{ppm}$ (also $\pm 25\text{kHz}$). Diese Werte könnten die Freude am schmalbandigen Betrieb möglicherweise etwas dämpfen.



Bild 1: Eigenbauspiegel mit Kuhne LNB

3.2 Der Signalpegel

Beim Einschalten der Stromversorgung des LNB sprang die Pegelanzeige im Empfänger auf 59+20dB bedingt durch den hohen Pegel des Rauschsignals. Eine Messung mit einem HF Milliwattmeter erbrachte einen Wert von -20dB mW. Um den Pegel auf ein brauchbares Maß zurückzuschrauben habe ich deshalb ein 30dB Dämpfungsglied vor den Antenneneingang des Scanners gesetzt. So war es dann möglich nutzbare S-Meteranzeigen zu erhalten.

3.3 Die Genauigkeit der Frequenz

Die Empfangsversuche begannen mit der Suche der Bake am unteren Ende des Schmalbandsegments. Dazu wurde die Antenne vorher mit Hilfe eines Kompasses auf einen Azimuth von 160° und eine Elevation von 33° mit Wasserwaage und Winkelmesser eingestellt. Wider erwarten tauchte die CW-Bake exakt auf der Frequenz 1129,550 Mhz auf. Die Ausrichtung des Spiegels musste noch etwas korrigiert werden – danach war die Bake laut zu hören, die Frequenz blieb auch über mehrere Stunden stabil.

Auf den 250kHz über der Bake waren schon einige QSOs zu hören mit Stationen aus DL, G und PA.

4. Die ersten Sendeversuche

Für's Senden war es erst mal wichtig eine Stelle zu finden an der die Sendeantenne aufgebaut werden konnte. Von dieser Stelle aus musste freie Sicht zum Satelliten sein, das Antennenkabel bis zum Sender sollte möglichst kurz sein (< 10m) und der Sender sollte vom Shack aus sichtbar zu sein um die Werte am Anzeigeinstrument (PA-Strom, Ausgangsleistung, SWR, PA-Temperatur) immer im Blick zu haben.

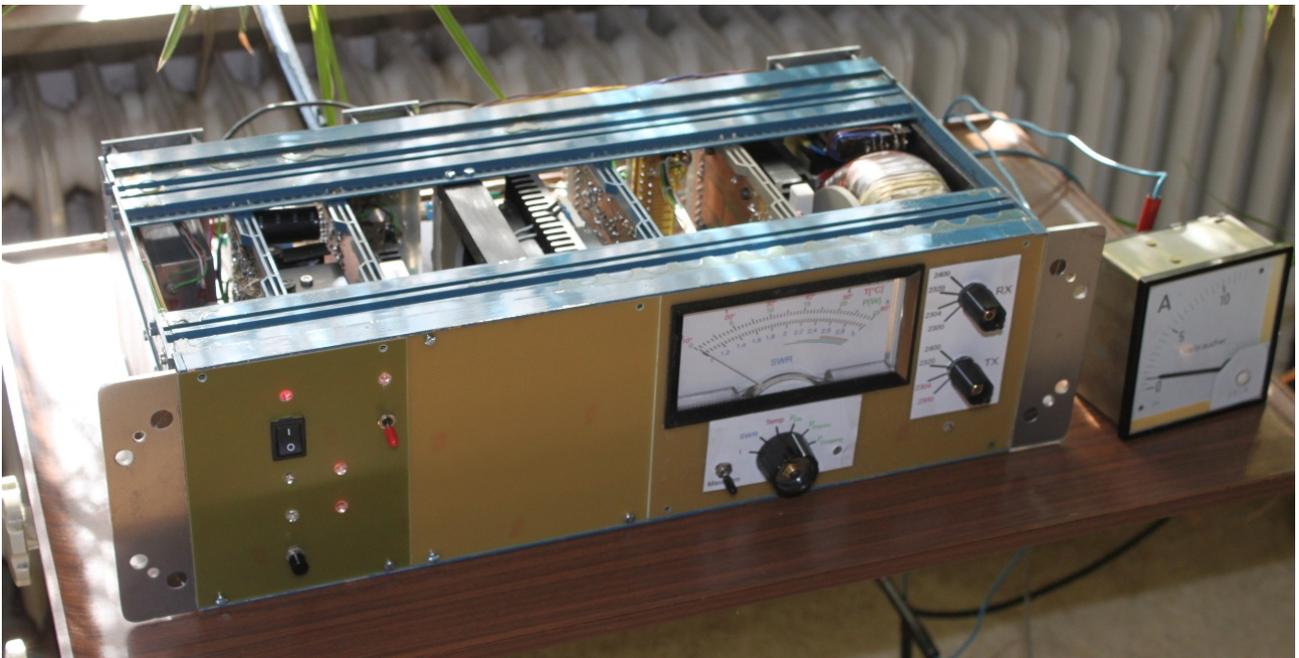


Bild 2: Der 2m – 13cm Transverter

Erste Erfahrungen beim Bau Funkbetrieb über den Es'hail 2

Die Antenne wurde deshalb im Vorgarten direkt unter dem Fenster des Shacks aufgestellt und das Kabel durch das einen Spalt geöffnete Fenster in das Shack geführt. Direkt am Fenster wurde der Sender auf einem Beistelltischchen platziert.

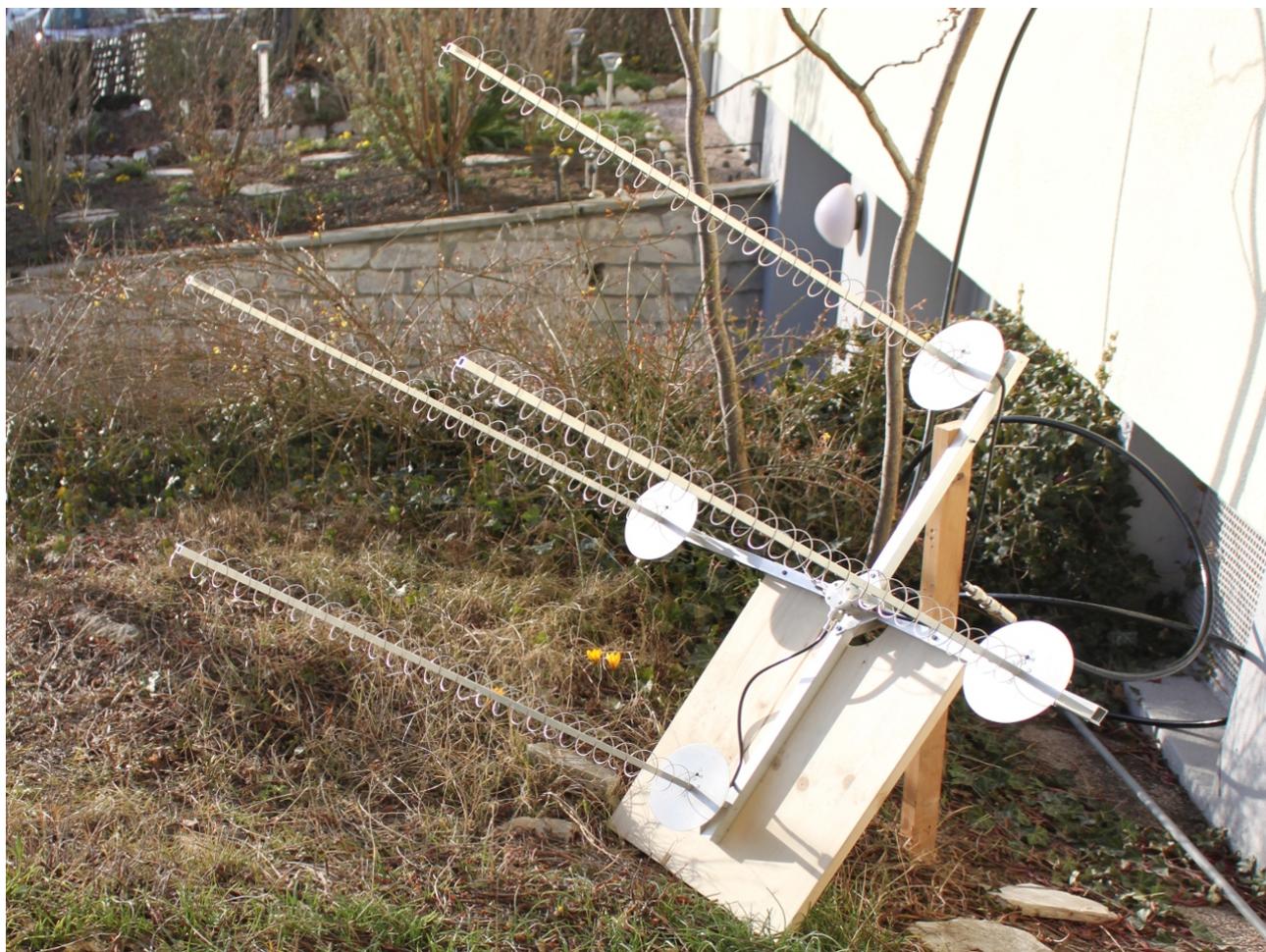


Bild 3: Die Helixgruppe im Vorgarten

4.1 Das SWR

Eigentlich hätte das Thema ja schon abgehakt sein müssen. Eine von vier identisch aufgebauten Helix-Antennen war vorher schon mal am Sender angeschlossen gewesen. Das gemessene SWR war besser als 1,2 gewesen. Deshalb war nicht zu erklären warum das SWR der Antennengruppe schlechter als 2 ist. Beim ersten Senderversuch mit voller Leistung löste dann prompt die elektronische Überstromsicherung aus. Für die ersten Aussendungen sollte deshalb nur die schon einmal ausgemessene einzelne Helixantenne mit dem SWR von 1,2 benutzt werden.

4.2 Die Suche nach der eigenen Aussendung

Der Funkbetrieb über den Satelliten funktioniert nur dann, wenn man seine eigene Aussendung auch hören kann. Der zentrale Test war damit, einen Träger im 13cm-Band zu senden auf die Antwort des Satelliten im 3cm-Band zu hören.

Die ersten Sendeversuche waren ernüchternd – auf die eigenen Aussendungen gab es keine Reaktion. Es hat eine ganze Weile gedauert bis die Ursache klar wurde: In der Umrechnung vom 2m-Band in das 13cm-Band und dann weiter in das 3cm-Band und schließlich in die ZF des LNB ist an einer Stelle ein „Zahlendreher“ passiert und anstatt ...,055 ...,550 eingestellt worden. Nachdem der Fehler behoben war, war der eigene Träger plötzlich zu hören.

4.3 Das erste QSO

Nachdem der eigene Träger zu hören war, musste natürlich sofort das erste QSO folgen. Nach dem Frequenzwechsel in den SSB-Bereich (auch da war das eigene Signal zu hören) und dem ersten CQ-Ruf kam nach wenigen Minuten die erste Antwort, ein OM aus Dresden, mit dem ich schon mal über den AO40 Kontakt hatte. Das QSO hat dann eine Weile gedauert, der Rapport den ich erhalten hatte „9 dB über dem Transponderrauschen“. Der Wert war für eine Verständigung wohl ausreichend, gemessen am getriebenen Aufwand aber eindeutig zu gering. Unabhängig davon, das QSO erinnerte an SSB-QSOs im 2m oder 70cm-Band (außerhalb von Contestzeiten): Kein QRM durch andere Aktivitäten im Band, kein Dopplereffekt, keine Störungen durch in der Nachbarschaft betriebenen Elektroschrott.

5. Die Optimierungen

5.1 Die Sendeantenne und dessen SWR

Nachdem von den vier Helixantennen für die ersten QSOs nur eine in Betrieb war, sollte das die erste Optimierung werden. Beim Ausmessen der anderen drei Antennen zeigte sich, dass zwei davon ein SWR von 1,4 hatten und eine ein SWR von 2.

Im ersten Schritt wurden drei der vier Helixantennen am Verteiler durch Abschlußwiderstände ersetzt und nur am vierten Anschlußpunkt die „gute“ Helixantenne belassen. Ergebnis: 1,4. Danach wurden die anderen „1,4er“ Antennen angeschlossen.

Ergebnis: 1,4. Erst beim anschrauben der schlechtesten der Antennen sprang das Gesamt-SWR auf 2. Beim mechanischen Vergleich der eigentlich identischen Antennen zeigte sich, dass bei der „guten“ der Innenleiter des Anpasstöpfchens etwas zur Seite gebogen war, bei

Erste Erfahrungen beim Bau Funkbetrieb über den Es'hail 2

der „schlechten“ war er genau konzentrisch. Durch leichtes Biegen den Innenleiters war das SWR auf unter 1,4 zu bekommen. Jetzt hatte auch die gesamte Antenne ein SWR von 1,4. Nachdem die Zahl 1,4 bedeutet dass von der gesendeten Energie nur etwa 3% reflektiert werden, wurde auf weitere Optimierungen des SWR verzichtet.

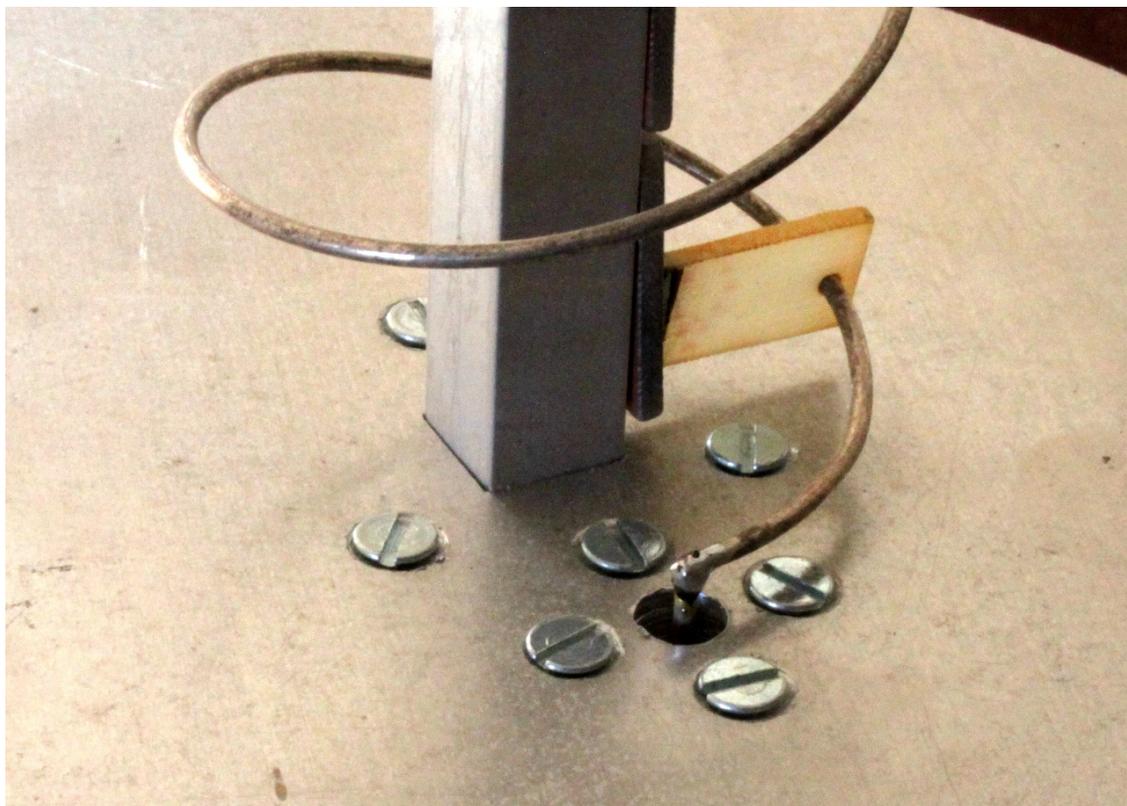


Bild 4: Anschluss der $\lambda/4$ Anpassleitung an die Antenne

5.2 Die Richtung der Sendeantenne

Bei der Empfangantenne war es recht einfach, die optimale Richtung zu finden. Da konnte der Empfänger direkt neben die Antenne gestellt werden und der Spiegel so lange gedreht und gekippt werden bis das Bakensignal sein Maximum erreicht hat. Bei der Sendeantenne war das nicht möglich. Um deren Einstellung nach Gehör zu optimieren, hätte der Empfänger im Vorgarten mit einem entsprechenden Kabel zur Empfangsantenne aufgestellt werden müssen. Außerdem hätte es noch ein Kabel gebraucht um den Sender zu tasten während das Empfangssignal beobachtet wird.

Die Alternative: Die genauen Winkel bestimmen und die Sendeantenne exakt nach diesen Winkeln ausrichten.

5.2.1 Bestimmung der exakten Winkel

Für die ersten Sendeversuche hatte ich die Winkel (Azimuth und Elevation) mit Zirkel und Lineal geometrisch ermittelt und bin dabei auf $160^\circ / 33^\circ$ gekommen. Glücklicherweise tauchte der QO-100 in den NASA-Keps (von der NASA erstellten Keplerdaten) der Afu-Satelliten auf. Mit dem QO-100-Datensatz ließen sich die Winkel dann durch (m)ein Satellitenverfolgungsprogramm errechnen. Ergebnis: $161,5^\circ, 31,5^\circ$. Jetzt war noch das Problem zu lösen, wie man die Antenne exakt nach diesen Winkeln ausrichtet.

Satellitenposition			
Satellit	QO-100		
Datum	21.02.19	Zeit	16:42:02
Azimuth	161,45	Grad	
Elevation	31,61	Grad	
Downlink 1	10489,055	Uplink 1	2400,055 MHz
Dopplershift	0,021		0,005 kHz
Korrigiert	10489,055		2400,055 MHz
Downlink 2	10491,000	Uplink 2	2403,000 MHz
Dopplershift	0,021		0,005 kHz
Korrigiert	10491,000		2403,000 MHz
Bake	10489,050		MHz
Dopplershift	0,021		kHz
Korrigiert	10489,050		MHz
Umrundungen	120	v-Relativ	0,00 km/s
Entfernung	38458,0		km
SSP Länge	25,9	Breite	0,0 Grad
Nächster Du.	01.03.19	von	02:42:36 bis 02:27:34
Max. El. um:	02:35:05	Nicht inv	31,6 Grad
Schließen			

Bild 4: Richtungsangaben im Satellitenverfolgungsprogramm

5.2.2 Ausrichten der Sendeantenne

Die Elevation der Antenne einzustellen hat sich als das kleinere Problem erwiesen. Mit Hilfe eines Lots kann man die Senkrechte exakt bestimmen und mit einfacher Geometrie einen Maßstab erstellen auf dem man den aktuellen Elevationswinkel ablesen kann. Deutlich schwieriger wird es beim Azimuth. Eine Lösung ist natürlich der Kompass. Der hat allerdings eine „Mißweisung“ also einen Winkel zwischen dem magnetischen und dem astronomischen Nordpol. Diese Mißweisung ist von Ort zu Ort unterschiedlich und ändert sich außerdem im Laufe der Zeit. Solange man die nicht genau kennt bleibt die Kompassmethode ungenau. Die Lösung brachte wieder das Satellitenverfolgungsprogramm das ich für meine EME-Versuche um die Berechnung der Positionen von Mond und Sonne erweitert hatte. Damit hieß es nur zu warten, bis das Programm für die Sonne genau 161.5 Grad Azimuth anzeigt und zu dem Zeitpunkt die Sendeantenne so weit zu drehen, daß die Helixwendel auf den Reflektorscheiben senkrechte Schattenbilder erzeugen.

Jetzt war die Sendeantenne exakt ausgerichtet was mir Rapporte von bis zu 30dB über dem Transponderrauschen bei 20W einbrachte – Zeit also, die Sendeleistung für die künftigen QSOs kräftig zu reduzieren und nur noch mit 5W bis 10W zu arbeiten.

Satellitenposition	
Satellit	Sonne
Datum	Zeit
Azimuth	161,51 Grad
Elevation	31,60 Grad
Downlink 1	1420,406 Upink 1
Dopplershift	1,530 kHz
Korrigiert	1420,404 MHz
Downlink 2	Upink 2
Dopplershift	kHz
Korrigiert	MHz
Bake	MHz
Dopplershift	kHz
Korrigiert	MHz
Umrundungen	v-Relativ -0,32 km/s
Entfernung	148252149,2 km
SSP Länge	Breite 7,2 Grad
Nächster Du.	02,03,19 von 09:48:58 bis 16:52:58
Max. El. um:	11:25:58 Invers 33,3 Grad
Schließen	

Bild 5: Die Daten der Sonne im Satellitenverfolgungsprogramm

5.3 Die Empfangsantenne

Wenngleich mit der bisherigen Konstellation eine Reihe sehr gut verlaufender QSOs gelang, gab es doch einige Gegenstationen, die nur ganz wenig über die Rauschgrenze kamen. Bei einer war es nur mit einiger Mühe möglich das Rufzeichen mitzubekommen, ein Grund sich die Empfangsseite nochmals genauer anzusehen.

Der bisherige Spiegel hatte 55cm im Durchmesser und war aus Drahtnetz mit 5mm Maschenweite gebaut, ein Material das ursprünglich für den Bau eines Spiegels für das 23cm-Band gedacht war und für 3cm vielleicht dann doch etwas zu grob sein könnte. Auch die „nur“ 55cm könnten etwas zu gering sein. Nachdem es sich gezeigt hat, dass das auffinden des Es'hail2 kein Problem ist, fiel auch der Grund weg dass man mit der Antenne genau auf einen Punkt zielen können muss. Es sprach also nichts mehr gegen einen handelsüblichen Fernseh-Offsetspiegel. Der Spiegel wurde also getauscht, der Signal/Rauschabstand hat sich damit noch etwas verbessert.

Rein technisch ist die Sende- und Empfangsstation jetzt optimal. Einziges noch übriges Problem: Die Sendeantenne ist nicht wasserfest, QSO-Betrieb ist derzeit also nur bei gutem Wetter möglich.

6. Der Funkbetrieb

6.1 Die Aktivität

Der Bereich den der neue Satellit abdeckt ist wirklich beeindruckend. Aus diesem Grund hatte ich schon am ersten Tag einen richtigen Ansturm erwartet und schon drüber nachgedacht, mehr in den Nachtstunden QRV zu sein um etwas ruhiger QSOs fahren zu können. Umso überraschter war ich, am ersten Tag nur einige wenige Europäische Stationen zu hören außer natürlich der Bodenstation in Doha. Das hat sich in den letzten sechs Wochen kaum geändert. Außer zwei Stationen aus Brasilien und einer aus Thailand konnte ich selbst keine DX-Stationen arbeiten, von Stationen aus Südafrika, West Sahara und Mauritius wurde von anderen zwar berichtet, ich selbst habe sie aber nicht gehört.

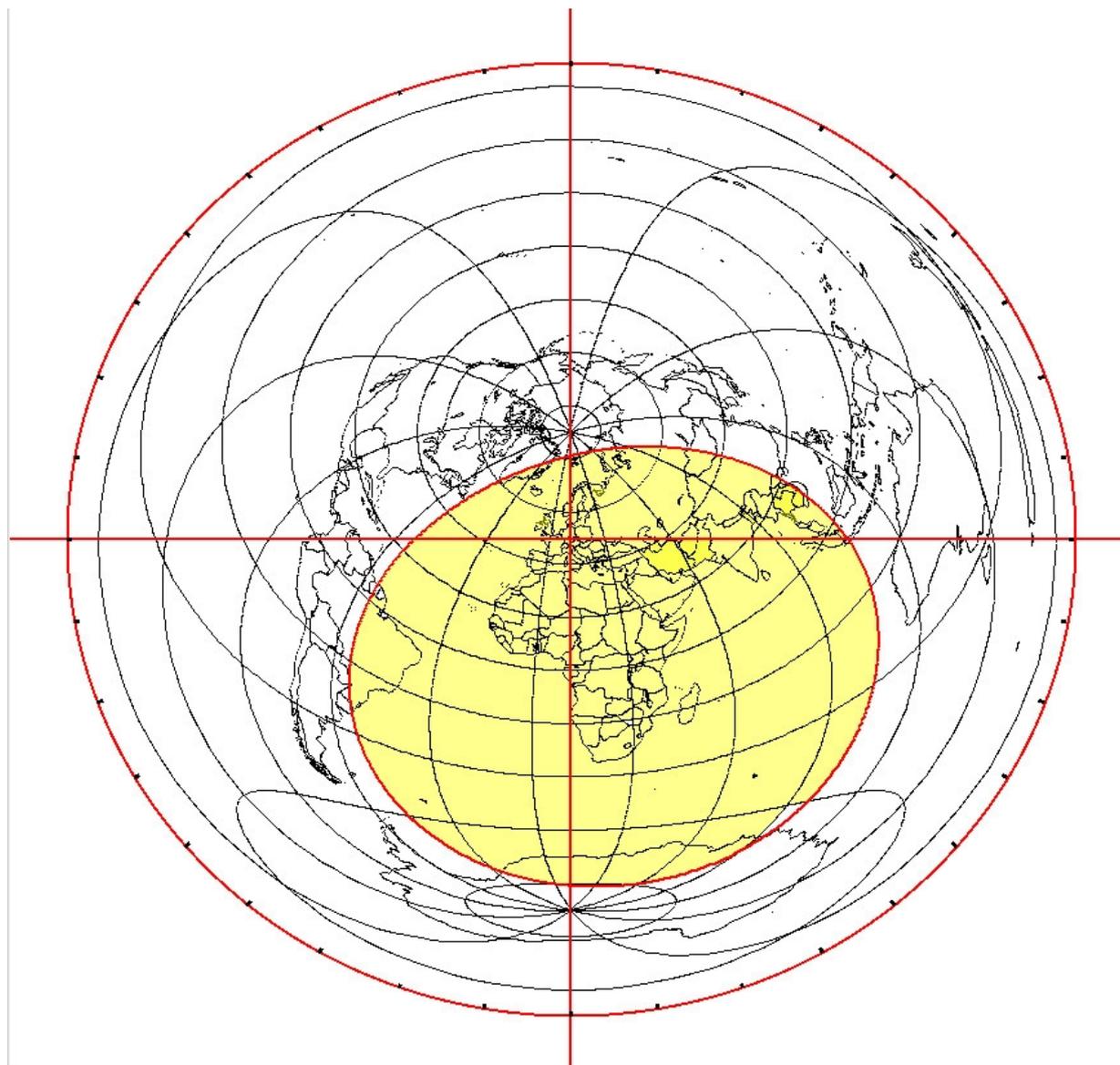


Bild 6: Sichtbarkeitsbereich des QO-100

Die OMs mit denen ich in den letzten Wochen sprechen konnte waren allesamt Bastler, die sich ihre Stationen selbst zusammengebaut hatten. Ich hatte keinen gehört, der sich seine Anlage als Steckdosenamateur gekauft hat. Viele hatten schon Erfahrung mit den bisherigen Satelliten und sehen den QO-100 als willkommene Erweiterung des bisherigen Spektrums. In den QSOs hört man die Vermutung, dass andere OMs wohl erst mal warten wollten bis klar ist ob man über den geostationären Satelliten gut QSO fahren kann und ob es sich lohnt Aufwand zu investieren. Außerdem seien die Wartezeiten für käufliche Satellitenanlagen recht hoch und deshalb ein größerer Anteil potentieller OMs noch nicht „in der Luft“. Deshalb wird mit einem langsamen Anstieg der Teilnehmerzahlen gerechnet.

Bis Ende März beschränkte sich die Aktivität fast ausschließlich auf Europäische Stationen.

An Betriebsarten ist vorwiegend SSB zu hören, ganz selten tauchen CW-Stationen auf, gelegentlich hört man digitales SSTV.

6.2 Die Art der QSOs

Viele OMs beklagen sich auf Kurzwelle über die „59 – der nächste bitte“ QSOs. Auch bei den Satelliten mit den niedrigen Umlaufbahnen waren die QSOs bedingt durch die kurzen Umlaufzeiten eher kurz und bündig. Auf dem QO-100 sieht es zumindest zur Zeit ganz anders aus. Wegen der (noch) relativ geringen Aktivität bleibt Zeit für lange, ausführliche QSOs in denen vorwiegend über die Art diskutiert wird, mit welcher Hard- und Software man in der Luft ist, wo es Probleme gibt, was besonders gut läuft, was man noch verbessern möchte . .

Im Mittel dauert ein QSO deshalb zwischen 10 und 20 Minuten.

6.3 Was andere an Gerätschaften verwenden

Für mich war interessant zu hören was andere OMs an Gerätschaften verwenden, speziell wovon man recht häufig hört und was eher selten zum Einsatz kommt.

6.3.1 Die Antennen

Bei den Antennen ist der Parabolspiegel ganz vorne – im Downlink, also im 3cm Band sowieso, im 13cm-Band ist es mit Abstand die häufigste Antenne. Die Durchmesser liegen zwischen 50cm und 2,4m. Als Erreger werden oft Helixantennen mit 5 oder 7 Windungen benutzt, es sind aber auch Patchantennen dabei und sogar lineare „Dosenstrahler“. Um den Spiegel für Sende- und Empfangsrichtung gleichzeitig benutzen zu können kommen in einigen Fällen Duobandererregere zum Einsatz.

Verhältnismäßig selten ist von Helixantennen zu hören, noch seltener von Antennengruppen wie meine eigene. Manche OMs verwenden lineare Yagi-Antennen die aus AO-40 Zeiten stammen oder die für ATV genutzt wurden.

6.3.2 Die Sendeleistungen

Die verwendeten Sendeleistungen hängen natürlich stark von der verwendeten Antenne und deren Gewinn ab. Bei Spiegeln mit 2,4m Durchmesser würden 200mW völlig ausreichen, bei kleineren Spiegeln 1m, 1,2m hört man meist die Zahlen 0,5W bis 3W. Bei kurzen Yagis werden dann schon bis 20W verwendet. 20W war dann aber auch die höchste Zahl von der

ich in den letzten Wochen gehört habe.

6.3.3 Der 3cm-Empfangsteil

Beim Thema 3cm Empfangsteil hört man fast ausschließlich modifizierter "Octagon LNB". Dabei wird der Oszillator im LNB entfernt und durch ein externes Signal ersetzt das über GPS synchronisiert wird. Ohne diese Modifikation läuft bei diesem LNB die Frequenz alleine in den ersten Minuten nach dem Einschalten um um mehrere Khz weg und ist auch später nicht wirklich stabil. Häufig ist als Empfänger ein SDR nachgeschaltet. So kann man mit einem SDR-Stick für wenige Euros und der passenden Software die ZF des LNB abhören. Außerdem kann man damit die Aktivitäten im gesamten Transponderband auf einen Blick sehen.

Ein OM hat berichtet, dass er keinen eigenen Empfänger benutze und statt dessen das WEB-SDR im Internet (URL <https://eshail.batc.org.uk/nb/>) abhöre.

6.4 Empfangsversuche des Breitbandtransponders

Parallel zum Schmalbandtransponder soll auch der für breitbandige DATV-Signale in Betrieb sein und eine Dauerschleife eines 2 MHz breiten DATV-Signals ausgesendet werden die man auch mit einem handelsüblichen DVBS-Empfänger dekodieren können soll. Meine eigenen Versuche waren bisher allerdings erfolglos. Nach einem Sendersuchlauf tauchten zwar jedes mal etwa 150 Fernsehsender auf, fast alle verschlüsselt – aber kein Signal ließ sich dem Amateurfunktransponder zuordnen. In QSOs zu diesem Thema habe ich erfahren, dass es in der Nähe des Es'hail 2 weitere TV-Satelliten gibt, deren Signale ich empfangen habe. Es wurde vermutet, dass ich die AFU-Aussendungen nicht dekodieren kann, weil mein SAT-Empfänger möglicherweise nur mit den 8 Mhz breiten Signalen umgehen kann.

7. Ausblick

Nach den ersten Wochen lässt sich noch schlecht abschätzen wo die Reise hingeht. Interessant war, dass viele berichtet haben, dass sie ihre Station in Zukunft auch portabel betreiben wollen weil man, verglichen mit anderen portablen Anlagen (z.B. für Kurzwelle oder terrestrisch auf den UKW-Bändern) viel weniger Platz, Gewicht und Leistung braucht. Es ist aber auch zu erwarten, dass in Zukunft mehr „Steckdosenamateure“ auftauchen werden. Bei den Bastlern könnte es den umgekehrten Effekt geben: Für viele ist es eine Herausforderung Eigenbaugeräte zu schaffen mit denen Dinge wie z.B. diese Art von Satellitenbetrieb möglich sind. Wenn das Ziel dann endlich erreicht ist, wird das Ziel (in

Erste Erfahrungen beim Bau Funkbetrieb über den Es'hail 2

unserem Fall Relaisbetrieb, wenn auch auf hohem Niveau) schnell uninteressant und andere Ziele erscheinen plötzlich attraktiver.

Bisher besteht die Gemeinschaft auf dem QO-100 mehr aus Mikrowellenbastlern und Satellitenfreaks. Es wird sicher spannend zu erfahren, wie sich die Nutzergemeinde in Zukunft weiterentwickeln wird.

Leider haben sich meine Befürchtungen, dass der Satellit mißbraucht werden könnte weit schneller erfüllt als gedacht: Nur wenige kHz über der CW-Bake lief einige Wochen lang eine längere CW-Schleife in der ohne die Angabe von Rufzeichen spanische Bibelphrasen heruntergeleiert wurden. Das Schlimme daran ist, dass sich solche Stationen fast nicht orten lassen. Glücklicherweise ist es dann doch gelungen den Störer ausfindig zu machen und diese Aussendungen zu unterbinden.

Es ist nur zu hoffen dass dieses Beispiel nicht Schule macht und der Satellit wegen solcher Auswüchse nicht irgendwann ganz abgeschaltet werden muss.

11. Quellennachweis

<https://amsat-uk.org/satellites/geosynchronous/eshail-2>