

Erstverbindung im 725 GHz Amateurband

DB6NT 7.2020

Nach der Fertigstellung meiner zweiten 241 GHz Station überlegte ich, ob auch die Oberwellen des Sendesignals noch zu hören sind. Daraufhin schaute ich mir die Amateurfunk- Frequenzzuweisung für die Bänder oberhalb 300 GHz an.

https://www.darc.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/Terahertz_Bandplan.pdf

IARU: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Gu73p-B5YIRx7UnNIHG4T8ZxDVjd536lrXr_n8arLTs/pubhtml

Dabei fiel mir auf, dass die dritte Oberwelle von 241 GHz in den Amateurfunk Bereich 711-730 GHz fällt. Die nächste Überlegung war, wie man diese Frequenz empfangen könnte. Als Empfänger für 241 GHz verwendete ich einen Subharmonik-Mischer mit einer LO Frequenz von 120 GHz. Ich überlegte mir, wenn man den Mischer als Harmonik-Mischer benützen würde, also mit einer kleineren LO Frequenz als die Hälfte, wie bei einem Subharmonik-Mischer, sollte das funktionieren. Daraufhin errechnete ich die genauen Frequenzen.

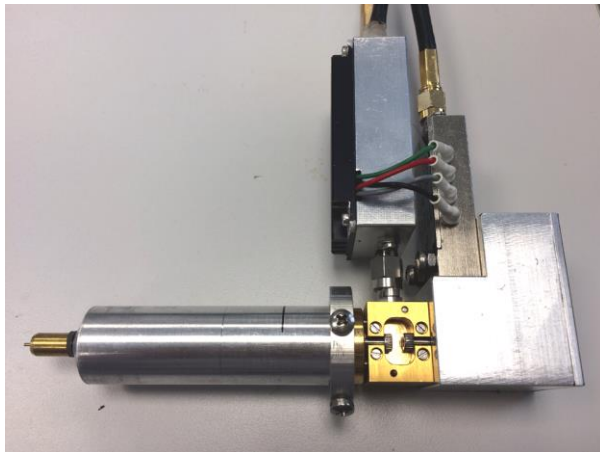
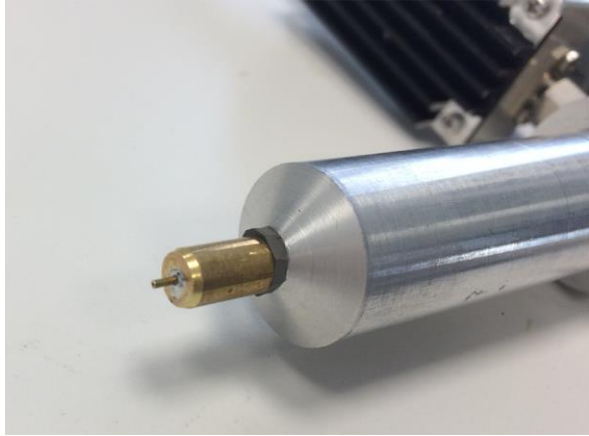
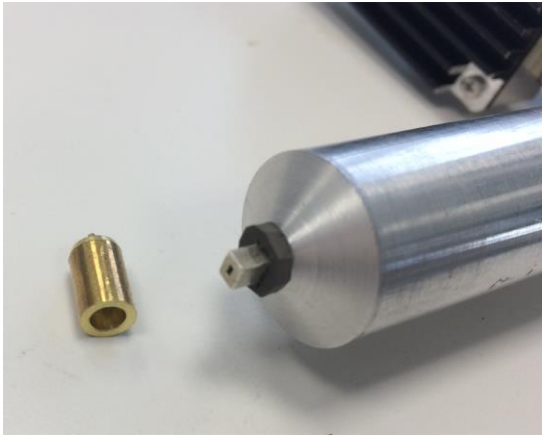
CW Sendefrequenz meines Verdreifachers ist 241920,200 MHz. Die dritte Oberwelle davon ist **725760,600 MHz**.

Die LO Frequenz meines Empfangsmischers ist 120888 MHz. Die sechste Oberwelle liegt dabei bei **725328 MHz**.

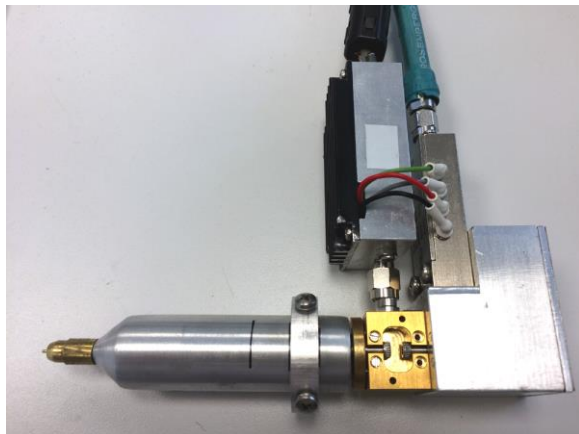
Zieht man von der Sendefrequenz die LO Frequenz des Empfangsmischers ab, ergibt sich die ZF-Frequenz. Das ist in diesem Fall **725760,600 MHz** minus **725328 MHz** ist **432,6 MHz ZF-Frequenz**.

Super, das Signal ist mit meinem 70cm Empfänger des FT790R und meinem IC402 zu empfangen. Das musste natürlich gleich ausprobiert werden. Ich legte den Sender sowie den Empfangsmischer im Abstand von etwa 5 cm auf den Labortisch. Das Signal war sofort zu hören, nicht besonders stark und mit erheblichen Jitter. Ist ja klar, der Jitter muss ja drei Mal so hoch sein wie auf 241 GHz. Da kommen langsam die OCXO's und PLL's an die Grenzen des Machbaren. Danach startete ich den gleichen Versuch mit dem zweiten Paar der SHF Köpfe. Die Signalstärke war ungefähr gleich. Da die Köpfe als Strahler nur einen offenen Hohlleiter haben und die 40cm Parabolantennen einen Gewinn von jeweils ca. 67 dB bei 725 GHz haben dürften, sollte das auch noch weiter gehen. Ich baute vor dem Empfangskopf noch je ein Hochpassfilter, um den Empfang der Grundwelle bei 241 GHz auszuschließen. Bei einem ähnlichen Versuch zuvor, war ich schon einmal auf einen Effekt gestoßen, der mir den Empfang der Oberwelle vorspielte. Das Grundwellensignal war so stark angekommen, dass dieses Signal am Empfangsmischer/ZF-Verstärker erst die Oberwelle entstehen ließ und mir vorgaukelte ich würde eine Oberwelle empfangen.

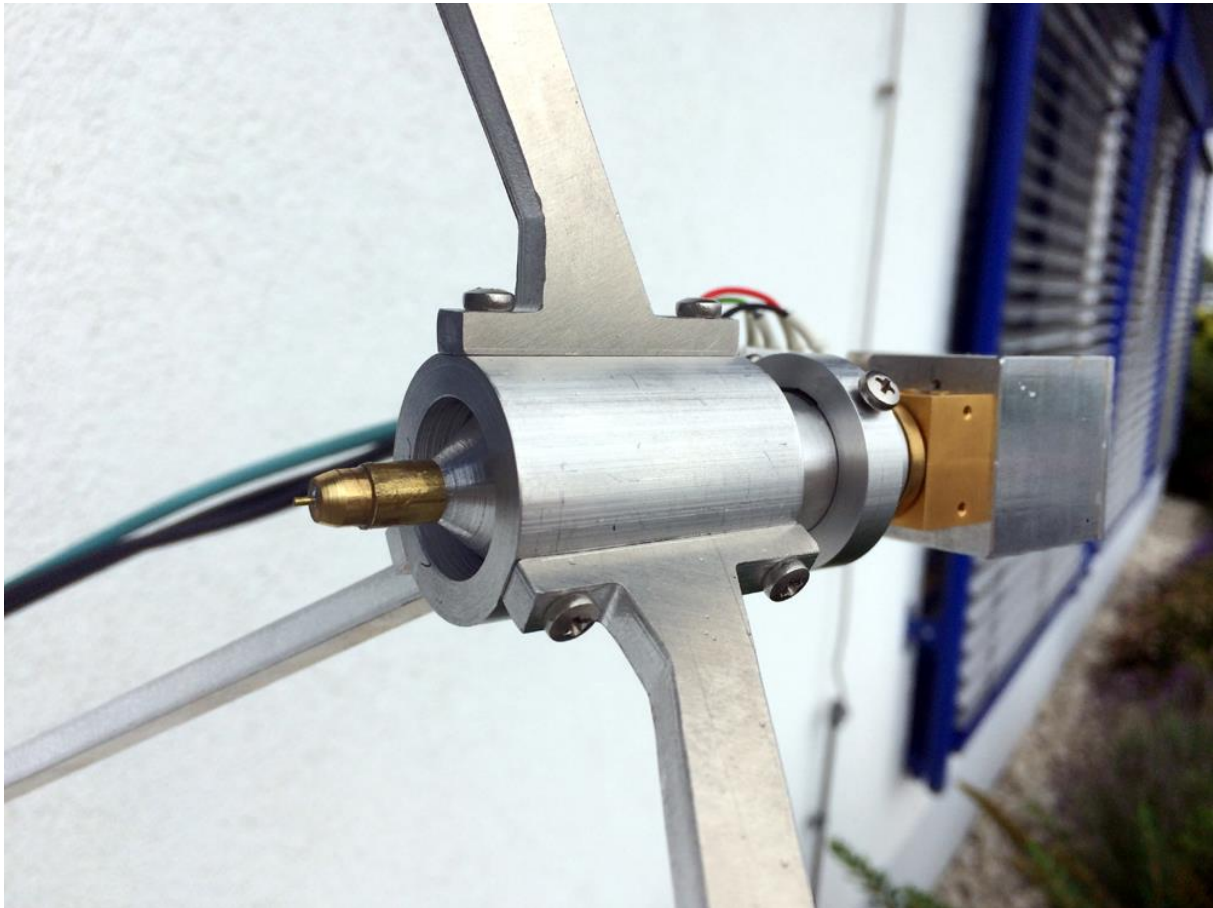
Das Filter besteht aus einem ca. 12 mm langen Rundhohlleiter von 0,4 mm Durchmesser. Dabei liegt die cutoff frequency bei ca. 450 GHz und blockiert den Empfang der Grundwelle bei 241 GHz. Dieser Rundhohlleiter ist ein Röhrchen aus Messing das in einem Messingadapter auf den Hohlleiter des Empfangsmischers aufgeschoben wird. Zur HF-mäßigen Abdichtung wird ein Ring aus Absorbermaterial aufgeschoben. Aufgrund der Frequenzberechnungen, der getrennten Oszillatorkaufbereitungen und des Filters ist somit die eindeutige Frequenz garantiert.



Station A



Station B



Der Empfangskopf in der 20mm Halterung des Parabolspiegels.

Jetzt ging es ans Ausprobieren. **Andreas DB2NP** und ich bauten die Stationen etwa 20 m voneinander entfernt auf und ließen die OCXO's warmlaufen. Das Signal was sofort schwach zu hören. Durch die exakte Antennenausrichtung konnte die Signalstärke noch optimiert werden. Die Richtungseinstellung ist ähnlich kritisch wie bei QSOs mit Laserlicht. Ohne eine Richtungseinstellung mit Mikrometerschrauben wäre dies kaum möglich. Der Öffnungswinkel der Antennen liegt weit unter einem Grad. Andreas DB2NP und ich haben das auch 2004 bei unseren Rekord QSO über 106 km auf 660 nm (Rotlicht) schon erfahren.

Nachdem alles optimiert war, tauschten wir beidseits die **Raporte 529** aus. Als Zeit notierten wir **12:30 UTC am 20.07.2020**. Viel mehr war an diesem Tag an Strecke nicht zu überbrücken. Die Luft Temperatur lag bei 25°C, die relative Luftfeuchtigkeit bei 51 % und der Taupunkt lag bei 13,7°.

Die Streckendämpfung auf diesem Band lag bei diesen Wetterbedingungen bei **288 dB pro km!** Auf diesen hohen Frequenzen haben die Luftfeuchtigkeit, der Luftdruck und die Temperatur eine starke Auswirkung auf die Streckendämpfung. Bei kaltem und klarem Winterwetter sollte die erzielbare Entfernung deutlich höher sein.

Zum Vergleich: Die Streckendämpfung auf 10 GHz von der Erde zum Mond und wieder zurück (ca. 700000 km) beträgt auch **288 dB**, ein ähnlicher Wert, nur etwas mehr Entfernung.

725 GHz ist kein wirklich gutes Band zum Funken HI, aber es ist eine technische Herausforderung sich diesem Band zu stellen.

Ein super Hilfsmittel zur Berechnung ist das Programm **Microwave link budget calculation** von **OE2IGL**.

Die Verbindung haben wir mit zwei Videos dokumentiert. Diese sind auf **YouTube** unter <https://youtu.be/iXSuJN0LVwQ> und <https://youtu.be/gJsHpALTzNk> abrufbar.

Zwei Tage später überbrückten wir eine Distanz von 42 Meter.



Was kann bei den vorhandenen Stationen noch optimiert werden um eine größere Entfernung zu überbrücken?

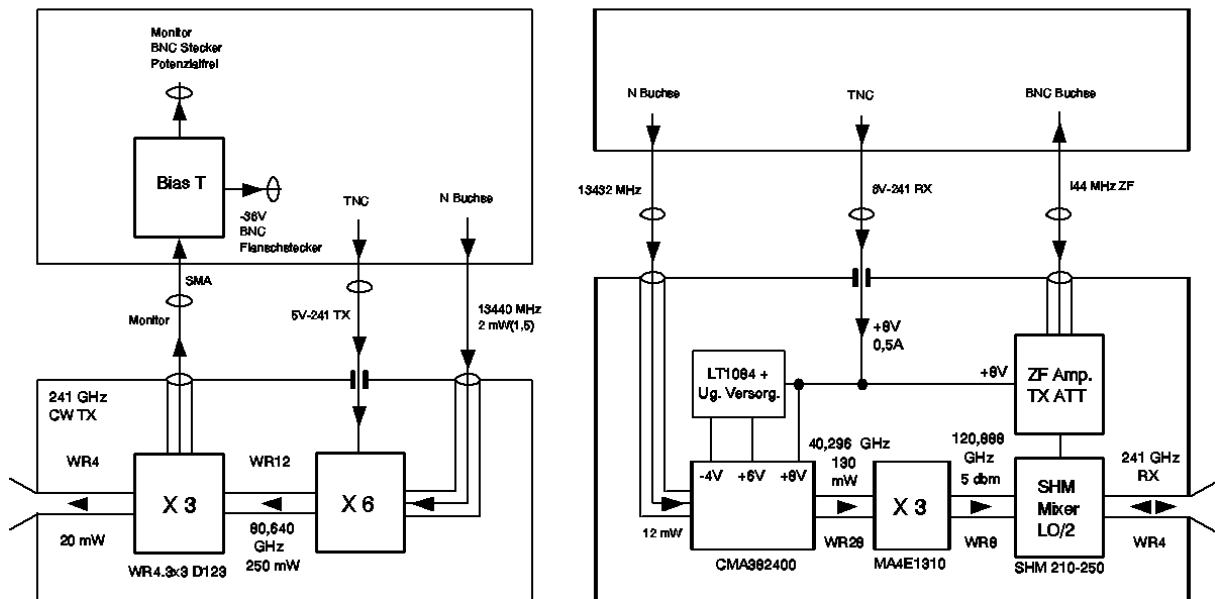
- Die Verwendung von besseren Oszillatoren um den Jitter zu minimieren.
- Optimierung des Übergangs von dem Hohlleiter Tiefpass auf den 241 GHz Rechteckhohlleiter des Empfängers.
- Optimierung der Ausleuchtung der Parabolspiegel.
- Weitere Versuche bei kaltem klarem Winterwetter mit wenig Luftfeuchtigkeit.

Aufbau:

Die beiden Stationen sind relativ gleich aufgebaut. Der Oszillator ist ein 10 MHz OCXO von **MORION**, Type **MV103a** als frequenzbestimmendes Bauteil. Der PLL Mikrowellenoszillator ist ein **MKU LO 8-13 PLL**, der die LO Frequenzen bei 13,4 GHz zur Ansteuerung der Vervielfacher liefert.

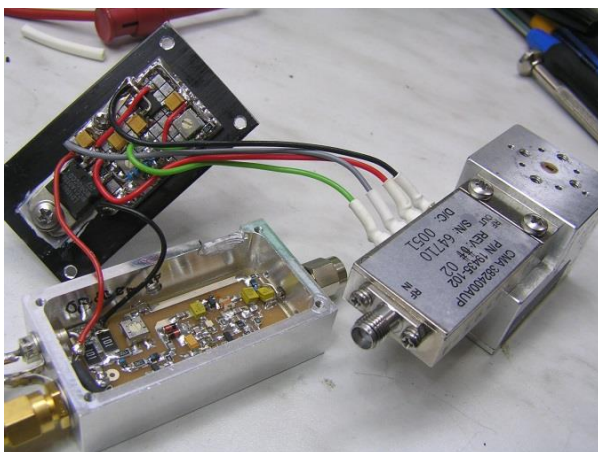
Sendeteil:

Der Versechsfacher im Sendeteil liefert 200 bis 250 mW bei 80 GHz und ist wie folgt aufgebaut.



Empfangsteil:

Im Empfangszweig wird die 13,4 GHz LO-Frequenz auf ein Verdreifachermodul gegeben. Dieses erzeugt ca. 120 mW LO- Leistung bei 40 GHz und wird dann mit einer Schottky-Diode **MA4E1310** auf 120 GHz verdreifacht. Diese LO-Frequenz mit etwa 5 dBm Leistung wird auf den subharmonic mixer (RPG-Design) gekoppelt. Im Fall des Empfangs bei 725 GHz arbeitet der Mischer als harmonic mixer x6. Davor befindet sich das vorher beschriebene Hochpassfilter. Als ZF- Verstärker wird ein E-PHEMT Transistor **ATF-54143** verwendet. Die Verstärkerschaltung ist sehr breitbandig und arbeitet auch noch bei 432 MHz sehr gut.



Die beiden Antennen haben einen Durchmesser von je 40cm. Die eine ist von **OE5VRL** „aus dem Vollen gedreht“, der andere ist ein Spiegel aus der Medizintechnik und wurde einmal als Röntgenbildverstärker eingesetzt. Beide Antennen sind extrem genau und ohne Einschränkungen für 725 GHz einsetzbar.



Literaturverweise:

DB6NT [CW Sender für die mm-Wellen Bänder 122 -134 und 241 GHz](#)

DB6NT [Dreiband Transverter für 122/134/241 GHz](#)

MKU LO 8-13 PLL, Oszillator

<https://shop.kuhne-electronic.de/kuhne/de/shop/signalquellen/oszillatoren/MKU+LO+813+PLL++Oszillator/?card=1713>

DL2AM [122 GHz Transverter, 2018 cqdl 8/2018, Dubus 2/2018](#)

DM2DIN/DB6NT [411 GHz Transverter \(*.pdf Datei\)](#)

OE2IGL Microwave link budget calculation

<http://members.inode.at/576265/Linkbudget.zip>

Weitere Beschreibungen sind im Download Archiv:

<http://www.db6nt.de/download-archiv.html>