

DX auf höchsten Frequenzen

Weitverbindungen auf 76 und 122 GHz

Bild 1 (links):
Funkgeräte-
Equipment für
76 und 122 GHz
plus GPS-Empfänger
beim Autor



Bild 2 (rechts):
Erstes QSO auf
76 GHz bei DL2AM

Philipp Prinz, DL2AM

Im Februar 2012 versuchten Alexander Wetzel, DL2GWZ, und ich erneut Weitverbindungen herzustellen. Der Fokus richtete sich auf 122 GHz. Dieser Beitrag beschreibt die Suche nach der Grenzpfindlichkeit, zu der eine Verbindung noch möglich ist.

Die Entfernung zwischen uns betrug 60,5 km. Alex befand sich auf dem Hochgrat, 1718 m über NN, und ich war 750 m über NN stationiert. Auf 76 GHz erreichte das S-Meter bei 40 dB μ V (S9+25 dB), aber auf 122 GHz ging einfach nichts, obwohl wir uns fünf Stunden Zeit nahmen.

Bedingungen auf der Strecke

Die Bedingungen bei Alex waren nicht optimal, leichter Schneefall und Nebel bei $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei mir hingegen gab es strahlend blauen Himmel bei $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$; der Taupunkt lag bei $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Bild 1 und 2). Wir nutzten beide Geräte mit GPS-gesteuerten Frequenzen.

Daraus ersieht man, dass eben auf der ganzen Teststrecke gute Übertragungsbedingungen herrschen müssen. Die 42 km Entfernung zwischen Hochgrat und Wachbühl (JN47WA) hatten Alex und ich schon zweimal auf 122 GHz in SSB überbrückt. Dies veranlasste mich, alle benutzten Geräte für 76 und 122 GHz erneut zu prüfen. Sendemäßig war alles in Ordnung, denn die Ausgangsleistung meines separaten CW-Senders auf 122 GHz betrug tatsächlich 2 mW (Bild 3). Was mich jetzt aber am meisten interessierte: Mit welcher Grenzpfindlichkeit kann ich auf 76 und 122 GHz rechnen? Oder etwas praktischer formuliert: Wie weit kann ich ein 5- μ W-Signal (-23 dBm) absenken, um noch ein CW-QSO zustande zu bringen?

Schätzen der Möglichkeiten

Leistung kann ich ziemlich genau messen, aber meine beiden neuerworbenen Dämpfungsglieder Flann 2711 Rotary mit WR 10 und bis 70 dB einstellbarer Dämpfung sind leider nur von 73 bis 112 GHz spezifiziert und haben lt. Datenblatt 1 dB Einfügungsdämpfung und 1 % Toleranz. Die Ablesegenauigkeit von 0 bis 1 dB ist erstaunlicherweise 1/100 dB (Bild 4).

Zunächst untersuchte ich auf eine Dämpfungsabweichung bei 122 GHz hin. Diese war bis 25 dB vernachlässigbar gering. So konnte ich die Dämpf-



Bild 3:
122-GHz-Leistungs-
Messeinrichtung

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Philipp Prinz, DL2AM: „50 % mehr Output auf 122 GHz“, CQ DL 2/12, S. 114
- [2] Philipp Prinz, DL2AM: „SMT- und Mikrowellen-Gehäuse“, CQ DL 5/08, S. 312

fungsglieder hintereinander schrauben. Die gesamte Messeinrichtung ist zwei Stunden warmgelaufen, und so erreichte ich stabile Ergebnisse. Als erstes wurde bei 122 GHz ein 20-µW-Signal, an ein Rubidium-Frequenznormal angebunden, erzeugt und nach einem Dämpfungsglied 6 dB/WR 8 die Leistung gemessen: stabile 5 µW. Diese speiste ich in die Dämpfungsglied-Kaskade ein, der ich mit WR 8 meinen 122-GHz-Empfänger folgen ließ. Er ist im Mischer mit zwei antiparallelen Zero-Bias-Dioden HSCH9161 bestückt. Als Nachsetzer diente ein FT-290R in Stellung CW, 2,4 kHz, BW (**Bild 5**). Ich war überrascht, dass ich beide Dämpfungsglieder auf 45 dB stellen konnte und mein Signal immer noch gerade hörte (Limit). Für ein analoges CW-QSO ist die Grenzempfindlichkeit also okay. Übrigens: Am besten erkennt man ein leises Signal, wenn man schnell über die Signalfrequenz dreht.

Neu gerechnet

Meine Rechnung sieht jetzt so aus: -23 dBm (5 µW) + -45 dB + -45 dB = -113 dBm (-6 dBµV). Ein guter Wert, den ich nicht erwartet hätte. Auf gleiche Weise habe ich auch einen 122-GHz-Transverter mit Einfachdiode MA4E1317 im DL2AM-Oberwellenmischer getestet. Hier ergaben sich -105 dBm für ein CW-QSO. Durch diese Messungen auf 122 GHz weiß ich jetzt, wie gut oder schlecht meine Systeme sind. Eine geeignete Rauschquelle steht mir leider nicht zur

Verfügung. Für mich sind diese Messergebnisse auf 122 GHz von großer Wichtigkeit hinsichtlich weiterer Berechnungen.

Und nun: 76 GHz

Dasselbe versuchte ich nun mit meinem 76-GHz-Transverter mit DL2AM-Harmonic-Mischer, 76-GHz-Filter und Wendeverstärker. Der Wendeverstärker (DB6NT) hat etwa 22 dB Gain und ca. 9 dB Rauschmaß; dazu nahm ich wieder den FT-290R in Stellung CW. Ich versuchte es mit einem vorgeschalteten Isolator und stellte fest, dass das System nicht dicht war. Ich konnte beide Dämpfungsglieder auf 70 dB drehen und hörte immer noch ein leises Signal. Die Ursache war schnell gefunden: der Isolator. Ich wickelte Alu-Folie um diesen und den HL-Verbindungsflansch am Eingang (**Bild 6**), und damit war alles dicht.

Hier meine Rechnung: -23 dBm + -58 dB (erster Attenuator) + -50 dB (zweiter) + -2 dB (Einfügungsdämpfung) = -133 dBm (-26 dBµV). Bei -133 dBm hätte ich noch gut ein CW-QSO machen können. Ja, ich weiß, dass ein SSB-Empfänger mit 2,4 kHz BW und 9 dB Rauschmaß eine Grenzempfindlichkeit von höchstens -131 dBm haben kann ... Einen weiteren Messversuch unternahm ich mit einem 76-GHz-Transverter mit 76-GHz-Filter DL2AM-Harmonic-Mixer mit der Antiparalleldiode MA4E1318. Die Dämpfungsglieder konnte ich auf 48 und 50 dB stellen (**Bild 7**). Die Rechnung: -23 dB + -48 dB + -50 dB + -2 dB = -123 dBm (-16 dBµV). Die Genauigkeit des Flann 2711 ist auf 76 GHz sehr hoch. Ohne Passtifte in den Hohlleiterflanschen ist eine genaue Messung bei 122 und 76 GHz nicht möglich (**Bild 8**). Bei 122 GHz ist die Abweichung am größten. Mit dem Präzisions-Dämp-



Bild 4: Der Attenuator Flann Rotary 2711 erlaubt bis 70 dB Absenkung



Bild 5: Ein analoges CW-QSO, bei dieser Einstellung möglich bei 122 GHz



Bild 6: Undichter Isolator bzw. Flansch auf 76 GHz

fungsmesser Flann 2711 lassen sich die HL-Leistungsmessköpfe sehr gut kontrollieren und eventuell auch kalibrieren. CQ DL



Bild 7 (links): Messeinstellung bei eingebauter Diode MA4E1318 für 76 GHz

Bild 8 (rechts): Hohlleiterflansch mit Passtiften