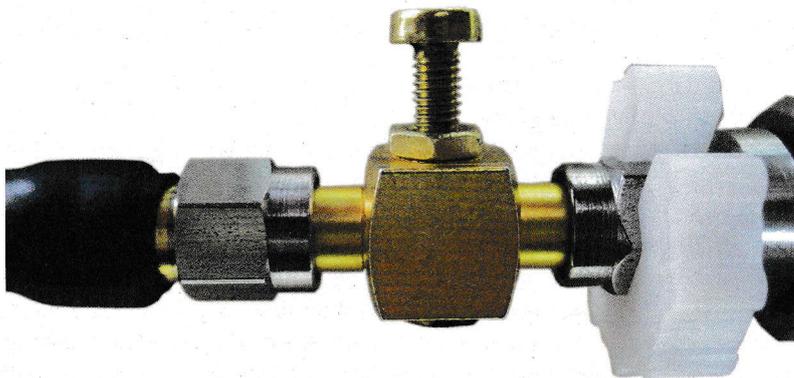


Für den QO-100-Empfang

9,6-GHz-Notchfilter gegen Zustopfen des LNBS

Gerfried Palme, DH8AG

QO-100-Bodenstationen mit kleinen Parabol- oder Offset-Spiegeln benötigen für den 2,4-GHz-Uplink eine erhöhte Ausgangsleistung. Deshalb stopfen sie manchmal mit ihrer 4. Harmonischen den Empfangs-LNB zu und beeinträchtigen das gleichzeitige Abhören des 10-GHz-Downlinks. Abhilfe kann ein Notchfilter schaffen.



Für den Betrieb über QO-100 ist empfohlen, das eigene (Uplink) 2,4-GHz-Sendesignal auch gleichzeitig auf dem 10-GHz-Downlink mitzuhören. Dies garantiert seine fortlaufende Kontrolle. Außerdem kann ein QSO-Partner jederzeit reagieren und für Anrufe an DX-Stationen im Pile-Up ist dies sowieso eine unabdingbare Voraussetzung!

Allerdings funktioniert das nicht bei jeder QO-100-Bodenstation. Sobald ein kleinerer (<60 cm) Parabol- oder Offset-Spiegel gemeinsam für den Up- und Downlink verwendet wird, dann muss die 2,4-GHz-Sendeleistung für ein SSB-QSO schon bis zu 20 W betragen. Die Folge kann dann jedoch sein, dass beim Senden das Empfängerrauschen abnimmt und die Empfangsempfindlichkeit dahin ist. Der LNB wird zugestopft.

4. Harmonische vom 2,4-GHz-Sendesignal

Schuld daran ist die 4. Harmonische des eigenen Sendesignals. Nach dem Bandplan für den QO-100-Schmalbandtransponder [1] – und nur auf diesen beziehe

ich mich hier – beträgt die untere erlaubte Sendefrequenz 2400,005 MHz sowie die obere erlaubte 2400,490 MHz. Die zugehörigen 4. Harmonischen sind somit 9600,02 und 9601,960 MHz (im Folgenden nehme ich als deren gerundete Mitte 9601 MHz). Der QO-100-Empfangsbereich erstreckt sich von 10 489,500 MHz bis 10 490,000 MHz [1].

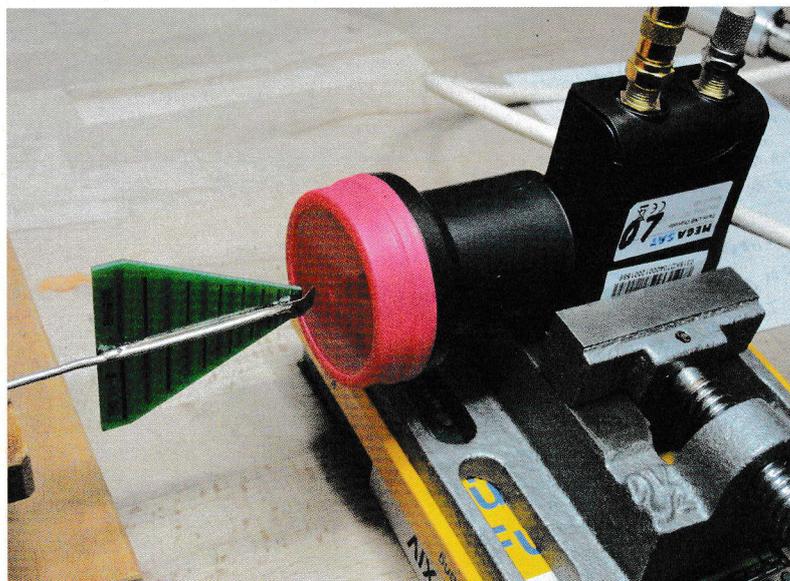


Bild 1: Simulation des Zustopfeffekts mit einem am LNB eingestrahlten 9,6-GHz-Signal

Zur Person



Gerfried Palme, DH8AG
Jahrgang 1948,
Radio- und Fernseh-
technikerlehre, Bundesgrenz-
schutz, Ingenieurstudium
(Nachrichtentechnik),

Jura- und Pädagogikstudium für
ein Lehramt
1968 DC8AG, 1998 DH8AG

E-Mail:
dh8ag@dar.c.de

Ein Empfangs-LNB hat allerdings einen breitbandigen Eingang und ist deshalb für ein 9601-MHz-Signal durchaus noch „empfindlich“.

Die Signalstärke (der zu unterdrückenden) 4. Harmonischen des eigenen 2,4-GHz-Sendesignals hängt von der Qualität des Uplink-Konverters, der nachfolgenden Endstufe sowie auch der Entkoppelung zwischen Send- und Empfangserreger am Spiegel ab.

Simulation der LNB-Beeinflussung

Um den Zustopfeffekt an drei umgebauten Empfangs-LNBs zu untersuchen, erstellte ich den im **Bild 1** gezeigten Aufbau. Die kleine logarithmisch-periodische Antenne strahlt ein in der Leistung ver-

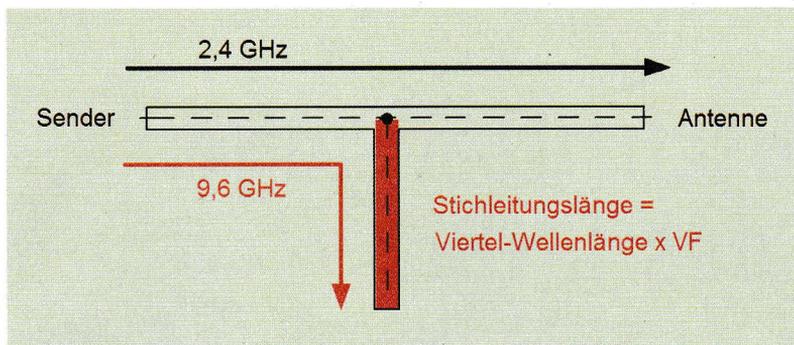


Bild 2: Die am Ende offene Viertel-Wellenlänge-Stichleitung wirkt als Saugkreis und verringert die 4. Harmonische bei 9,6-GHz

änderliches 9601-MHz-Messsendersignal in den LNB und simuliert damit die mögliche 4. Harmonische eines 2,4-GHz-Sendesignals. Der LNB setzt bei mir die 10,4-GHz-Empfangssignale in das 70-cm-Band um, welche dann in den Digitalempfänger SDRduo gelangen (Einstellungen: CW, Bandbreite 150 Hz, AGC aus).

Ergebnis: Zwei LNBs vom Typ MEGASAT Twin LNB Diavolo vertragen ein 9601-MHz-Signal gerade noch mit -15 dBm.

Sofern es stärker wird, nimmt der LNB-Rauschpegel ab. Bei einem LNB vom Typ MAXIMUM ST-11 liegt dieser Grenzwert erstaunlicherweise erst bei etwa -5 dBm. Da ich keine Angaben der logarithmisch-periodischen Antenne habe und es immer auch auf einen völlig identischen Messaufbau ankommt, sind die Ergebnisse nur relativ.

Stichleitung für 9,6 GHz

Abhilfe kann ein zwischen Sender und Sendeantenne eingefügtes Notchfilter schaffen, welches aus einer am Ende offenen $\lambda/4$ -Stichleitung (engl. Stub) besteht (**Bild 2**). Sie wirkt als Reihenschwingkreis (Saugkreis) und vermindert deshalb das 9,6-GHz-Signal [2].

Zur Längenberechnung der $\lambda/4$ -Stichleitung diente die oben erwähnte Mittenfrequenz 9601 MHz. Das ergibt für die verwendete Semirigid-Koaxialleitung mit PTFE-Dielektrikum (Verkürzungsfaktor 0,7) die Länge 5,4 mm.

Notchfilter aus Semirigid-Koaxialkabel

Für das anzufertigende Notchfilter nahm ich zunächst zwei etwa 50 mm lange Koaxialkabelstücke Semirigid UT-141 und montierte an jedes einen SMA-Stecker vom Typ Telegärtner J01150A0131; an den gegenüberliegenden Enden wurde der Innenleiter auf 1,5 mm Länge freigelegt. Diese zwei Koaxialleitungsenden lötete ich dann mit ihrem Außenmantel in einer Flucht auf eine stabile Kupferplatte (ca. 50×30 mm), dabei stoßen die beiden abisolierten Innenleiter direkt stumpf gegeneinander (**Bild 3**).

Die Stichleitung besteht ebenfalls aus einem Stück Semirigid UT-141. Das markierte ich auf die Stubleitungslänge 5,4 mm, gab aber noch einige wenige Zehntelmillimeter dazu. Von dieser Länge legte ich zunächst den Innenleiter auf 1,5 mm frei. Das darauffolgende Durchtrennen des Semirigids an der Markierung

klappt gut mit einer kleinen Trennscheibe (Dremel o.ä., Achtung: Schutzbrille tragen!), s. **Bild 4**. Danach wurde die fertige Stichleitung auf die Kupferplatte gelegt und rechtwinkelig an die Stoßstelle der beiden bereits vorhandenen Leitungsstücke geschoben, sodass alle drei Innenleiter zusammenkommen (vgl. Bild 3). Ihr Verlöten geschieht mit nur äußerst wenig Lötzinn! Schließlich erfolgte noch das Anlöten des Stichleitungs-Außenmantels an die Kupferplatte.

Abgleich der Stichleitungs-Resonanzfrequenz

Weil die Stichleitung bewusst ein klein wenig zu lang gewählt war, wurde sie dann (äußerst gefühlvoll) mit einer Messerfeile und/oder einer Nagelfeile bis zur Resonanzfrequenz 9601 MHz gekürzt. Diese Abgleichmethode ist allerdings nur dann praktikabel, wenn man über entsprechende 10-GHz-Messtechnik verfügt und die Resonanzfrequenzänderung durch jeden Feilenstrich gleichzeitig am Bildschirm eines Netzwerkanalysators mitverfolgt.

Ein wesentlich bequemerer Abgleich gelingt mit dem in Bild 3 gezeigten Aufbau. Zwei senkrecht auf die Kupferplatte gelötete M3-Messingmuttern führen eine M3-Messingschraube geradewegs auf die Lötverbindung der drei Semirigid-Innenleiter. Bei Annäherung der Schraube verschiebt sich die Stichleitung-Resonanzfrequenz nach unten.

Bild 5 zeigt den gemessenen Dämpfungsverlauf der Stichleitung; auf der Frequenz 9601 MHz sind es rund 63 dB.

Die Anpassung für das Sendesignal auf 2,4 GHz beträgt etwa -20 dB (SWR rund 1,2).

Notchfilter aus SMA-T-Verbinder

Insgesamt etwas einfacher ist die Anfertigung eines Notchfilters aus einem SMA-T-Verbinder, s. **Aufmacherfoto**.



Bild 3: Fertig aufgebautes Notchfilter aus Semirigid-Koaxialkabel UT-141

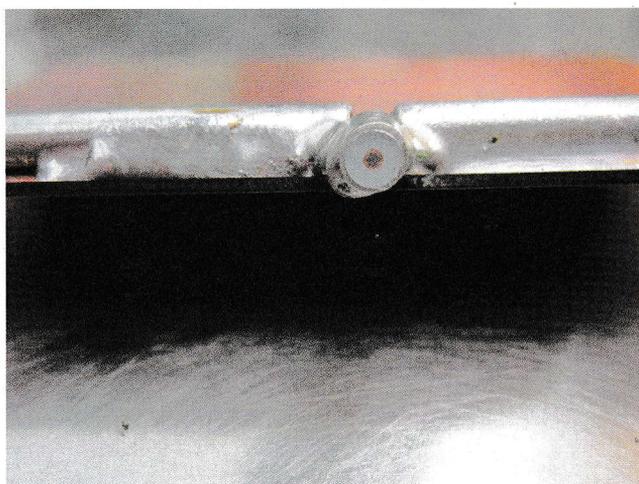


Bild 4: Das Ablängen der Stichleitung aus Bild 3 ergibt mit einer kleinen, hochoberflächigen Trennscheibe einen sauberen Schnitt

Literatur und Bezugsquellen

- [1] <https://amsat-dl.org/neuer-go-100-bandplan/>
- [2] Karl Rothammel, DM2ABK: Antennenbuch; Militärverlage der DDR, Berlin 1979, 9. Auflage, S.107
- [3] www.hea.de/fachwissen/mikrowellen/energietransport
- [4] Gerfried Palme, DH8AG: „Modifikation eines Twin-LNB für den QO-100-Empfang“, FUNK-AMATEUR 7/19, S. 638–639

Ich nahm einen von der Firma Telegärtner (J01155A0011) und sägte den abgehenden Anschluss mit einer kleinen Trennscheibe auf 5,4 mm Länge (**Bild 6**), Achtung, Schutzbrille tragen! Das Maß gilt ab der Gehäusemitte. Auf der gegenüberliegenden Gehäuseseite befindet sich ein kleiner kreisrunder eingepresster Deckel. Diesen bohrte ich stufenweise auf und schnitt dann ein M3-Gewinde ein (alternativ lötet man eine M3-Messingmutter auf). Dort hinein kommt eine M3-Messingschraube (mit vorher aufgedrehter Kontermutter) zum Abgleichen der Stichleitung.

Bild 7 zeigt den Dämpfungsverlauf der Stichleitung; auf der Frequenz 9601 MHz sind es rund 44 dB.

Die Anpassung für das Sendesignal auf 2,4 GHz beträgt etwa -21 dB (SWR rund 1,2).

Messgeräte zum Abgleich der Stichleitung

Das Einstellen der Stichleitung-Resonanzfrequenz 9601 MHz gelingt unter Beobachtung mit einem Netzwerkanalysator natürlich am einfachsten. Dort sieht man sofort, wo die Resonanzfrequenz liegt.

Wer nicht über solche Messmittel verfügt, gelangt dennoch zum Ziel. Man richtet den Spiegel irgendwohin in den Himmel (nicht auf QO-100!) und nimmt den Abgleich der Stichleitung während des Aussendens eines Dauerträgers auf (9601 MHz / 4 =) 2400,25 MHz vor. Dieser ist dann erfolgreich, wenn sich der normale LNB-Empfangsrauschpegel beim Senden nicht mehr ändert.

Alternativ lässt sich das 9601-MHz-Signal auch an dem LNB nachgeschalteten SDR-Empfänger bzw. an einem frequenzerweiterten Amateurband-(T)Rx ansehen. Es erscheint auf der Zwischenfrequenz:

$$f_{ZF} = (25,xxx \text{ MHz} \times 390) - 9601 \text{ MHz}$$

Da ich an meiner QO-100-Station den Schmalbandtransponder auf 432 MHz heruntermische [4], beträgt die LO-Frequenz 25,787.179 MHz. Somit erscheint das 9601-MHz-Signal bei mir auf der Frequenz $f_{ZF} = 455,999.81 \text{ MHz}$.

Sicherheitshinweis

Bitte unbedingt beachten: „Die Frequenz der Mikrowellen in Haushalts-Mikrowellengeräten beträgt 2450 MHz“ [3]. Wir liegen mit den Uplink-Frequenzen für QO-100 bei rund 2400 MHz sehr dicht daneben.

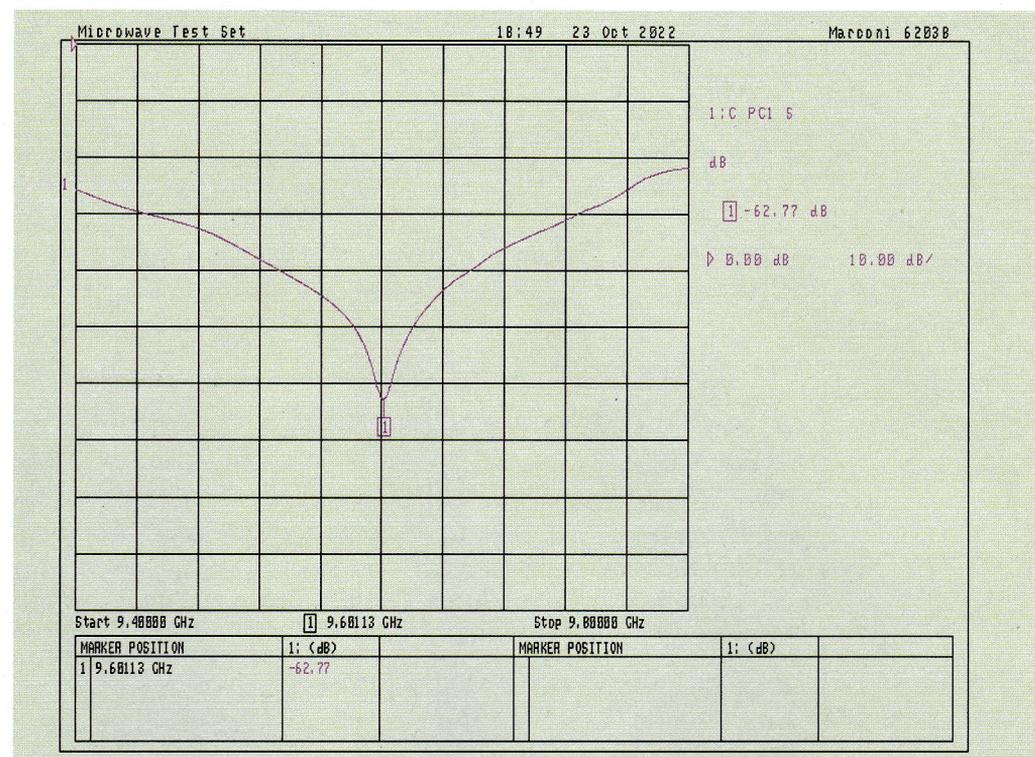


Bild 5: Gemessene Dämpfung der aus Semirigid gefertigten Stichleitung von 9,4 bis 9,8 GHz. Auf 9601 MHz sind es rund 63 dB

9601 MHz

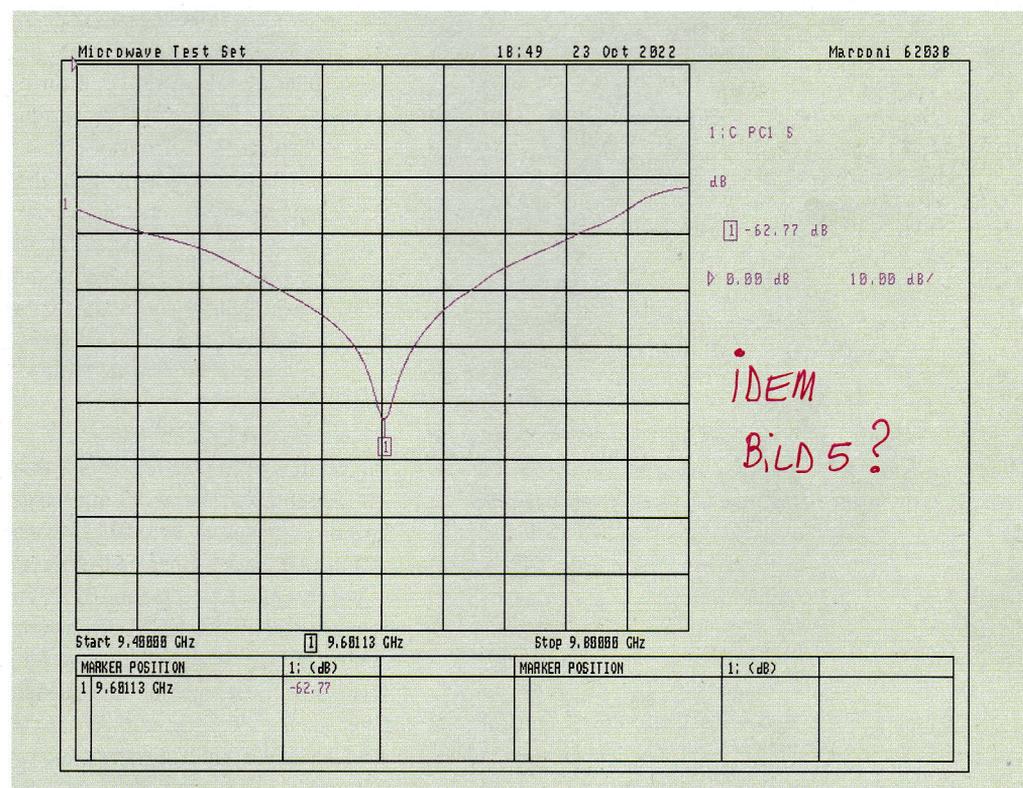


Bild 7: Gemessene Dämpfung des aus dem SMA-T-Verbinder gefertigten Notchfilters von 9,4 bis 9,8 GHz. Auf 9601 MHz sind es rund 44 dB

Achtung:

Unbedingt Schutzvorschriften beachten, besonders in Antennennähe (Antennengewinn) und bei höheren Sendeleistungen!

CQDL



Bild 6: Das Zurrechtschneiden der Stichleitung am SMA-T-Verbinder (vgl. Aufmacherbild) ergibt auch hier mit einer kleinen Trennscheibe einen sauberen Schnitt