



# Ihre Korrekturfahne!

Sehr geehrte Autorin, sehr geehrter Autor!

Anbei senden wir Ihnen unseren redaktionellen Entwurf/Korrekturfahne für Ihren Artikel mit der Bitte um Prüfung. Bitte prüfen Sie Text, aber auch alle Bilder, Bildunterschriften und Tabellen, sofern vorhanden. Es kann vorkommen, dass im „Eifer des redaktionellen Gefechts“ Bilder versehentlich vertauscht wurden. Sollten Sie uns Handskizzen eingereicht haben prüfen Sie bitte, ob unsere Zeichnerin diese korrekt umgesetzt hat.

Die vorliegende Version muss nicht zwangsweise die Endversion sein – gern nehmen wir Änderungswünsche in Ihrem Sinne entgegen. Teilen Sie uns diese bitte bis zum 2. Januar mit. Falls nicht, gehen wir von Ihrer Druckfreigabe und der Autorisierung der vorliegenden Form aus.

Im Falle von Textänderungen bitten wir um präzise sowie umgehend verständliche Anweisungen, welche Textstelle wie zu ändern ist. Bitte vermeiden Sie lange Abhandlungen und inhaltliche Erklärungen von Korrekturanweisungen, diese erhöhen den Korrekturaufwand unnötig! Eine direkte Information in der Form „Seite X, Spalte Y, Stelle Z ändern von ... in ...“ genügt! So haben wir die Möglichkeit, Ihre Wünsche schnell und vor allem fehlerfrei umzusetzen.

Bitte beachten Sie, dass Sie sich mit Einsenden des Manuskriptes mit redaktioneller Bearbeitung an Text und Bild einverstanden erklärt haben. Weiterhin haben Sie damit auch unsere „Allgemeinen Autorenhinweise“ unter <https://www.darc.de/nachrichten/amateurfunkmagazin-cq-dl/#c9918> akzeptiert.

Sollte ein Artikel nicht in Ihrem Sinne umgesetzt worden sein, kommen Sie bitte auf uns zu, wir finden eine Lösung! Bitte haben Sie aber auch Verständnis dafür, dass die Redaktion mit ihrem Lektoratsprozess den „ersten Testleser“ darstellt. Sollten wir Redundanz oder Umstimmigkeiten entdecken, ist es unsere Aufgabe dem Leser gegenüber, Sie bei der Artikel-Gestaltung zu unterstützen.

**Wichtig:** Um mögliche **kostenpflichtige Urheberrechtsansprüche Dritter** gegen uns als Redaktion und/oder Sie als Autor zu **vermeiden**, müssen wir Sie - sofern noch nicht geschehen - darum bitten uns aufzuzeigen, dass das verwendete Bildmaterial entweder von Ihnen persönlich erstellt wurde oder Ihnen die Erlaubnis (Nachweis!) zur honorarfreien Verwendung in Ihrem Beitrag vorliegt. Können Sie uns für ein Bild keinen solchen Nachweis erbringen, kann das/die entsprechende(n) Bild(er) nicht veröffentlicht werden!

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Ihre Redaktion **CQDL**

## Aus dem Labor

# Weitere Versuche im Bereich von 24...240 GHz

Philipp Prinz, DL2AM

**47 GHz erfreut sich aktuell einer steigenden Beliebtheit. Grund dafür sind verfügbare Leistungsverstärker in der 1-W-Klasse. Allerdings steigen die Herausforderungen im Laborstadium.**

Ich stellte fest, dass zurzeit viel auf 47 GHz gebaut wird. Grund dafür ist wohl unter anderem, dass jetzt auf dem Afu-Markt schon Leistungsverstärker von 1 W angeboten werden. Da wird es immer schwieriger diese Größen-Ordnung zu vermessen. Mein 47-GHz-Mess-Equipment ist bis 100 mW mit 6-dB- und 10-dB-Hohlleiter-Dämpfungsglied gut gerüstet (**Bild 1**).

## Grenzen der eigenen Technik

Darüber ist es schwieriger, die Messeinrichtung zu beschaffen. Wenn z.B. mit einem 10-dB-Koppler WR19 gearbeitet wird, muss dieser auch die 1 W vertragen können. Ich versuchte nochmals HL-Dämpfungs-Glieder WR19 mit 6 dB und 10 dB Dämpfung zu bauen. Ausführlich habe ich darüber schon in [1] geschrieben. Ich fräste wieder einen 0,2 mm breiten Schlitz mit Längen von 18 und 26 mm in den WR19-Hohlleiter in die E-Ebene. Die erste Version mit 6 dB Loss Faktor 3,48 ging wieder gut, der Abgleich war problemlos. Bei diesem 6-dB-Dämpfungsglied habe ich die Anpassung gemessen. Die ist so gut, dass sie zu vernachlässigen ist (**Bild 2**).

## Thermisches Problem

Nun versuchte ich das 10-dB-Dämpfungsglied aufzubauen und abzugleichen (**Bild 3**). Da wurde mir gleich klar, es gibt ein Thermo-Problem mit meinem Aufbau. Die entstehende Wärme von 0,9 W müsste mit kräftigen Platten aus Kupfer abgeleitet werden, was bei meinem Test-Aufbau nicht vorhanden war. Inwieweit die von mir verwendete Wärmeleitfolie für diese Zwecke noch geeignet ist, habe ich nicht getestet. Die 10-dB-Version habe ich in dieser Art nicht mehr weiter verfolgt. Sie war mir thermisch nicht stabil und zum Nachbau zu unsicher.

Wenn mit Dioden bzw. thermischen Messköpfen Ausgangsleistungen im GHz-Bereich an Mixern bzw. Transvertern ohne Bandpass-Filter gemessen wird, sind die Mess-Angaben nicht aussagekräftig (**Bild 4**). In diesem Fall sind alle Anteile der Mischprodukte im Messergebnis enthalten. Das heißt, man bekommt keine Aussage, was da gemessen wird. Anders sieht es aus, wenn ein schmales Bandpass-Filter z.B. für 47 oder 76 GHz und OSB (oberes Seitenband) vorgeschaltet ist (**Bild 5**).

Mit dem Spektrum-Analyzer HP8563E und dem dazu passenden HP-Mixer von 33 bis 50 bzw. 50...75 GHz mit kalibrierter Anzeige ist die Ausgangsleistung des OSB auch ohne Bandpass-Filter schon genau feststellbar (**Bild 6**). Achtung: Die HP-Mixer von 50...110 GHz gehen schon bei  $-6$  dBm in die Begrenzung, d.h. bei einer gemessenen Leistung von  $>251 \mu\text{W}$  stimmt das Messergebnis in diesem Fall nicht mehr.

## Test per CW-Sender

Dieser ungenaue Messvorgang kann leicht mit einem leistungsvariablen CW-Sender [2] mit angeschlossenen 76 GHz 10-dB-Koppler und Leistungs-Messkopf festgestellt werden (**Bild 7**).

Bei einer eingestellten Höhe des CW-Senders von z.B.  $500 \mu\text{W}$  zeigt die dargestellte Leistung des Analyzers wesentlich weniger dar. Noch besser eignet sich dafür ein einstellbares Dämpfungsglied von Flann mit einer Auflösungsgenauigkeit von 0,1 dB (**Bild 8**). Da sieht man noch genauer, wenn die



**Bild 3: Eigenbaudämpfungsglieder WR 19, 6 dB plus 10 dB**



**Bild 1: Messequipment bis 50 GHz**



**Bild 2: Die gemessene Anpassung ist sehr gut**

## Literatur

- [1] Philipp Prinz, DL2AM: „47/76-GHz-Bausteine“, CQ DL 6/16, S. 41ff.
- [2] Dubus 1/13





Bild 4: Messen mit Thermo-Messkopf

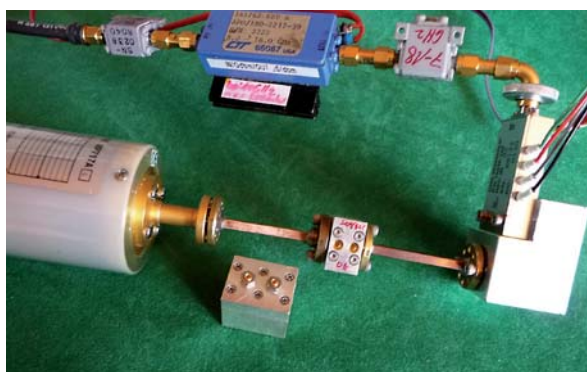


Bild 5: Messen mit Thermo-Messkopf und 76 GHz Bandpass-Filter

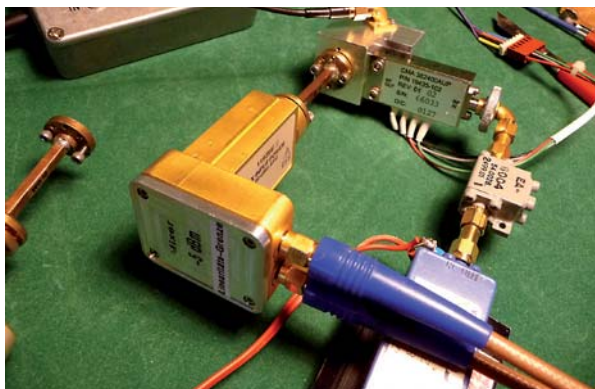


Bild 6: Messen mit HP 8563E und 50...75 GHz HP-Mixer



Bild 7: Messen mit Koppler und Thermo-Messkopf WR 12



Bild 8: Messen mit Flann-Dämpfungsglied WR 12

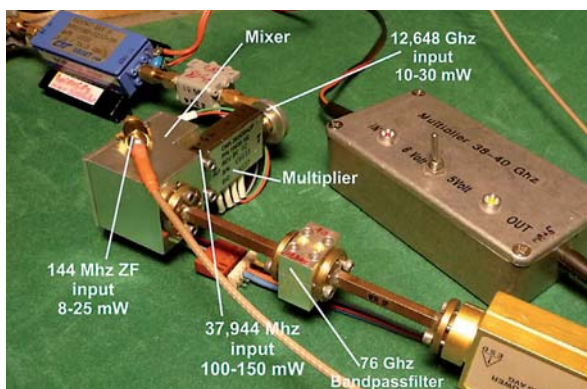


Bild 9: Hinweise für DL2AM-Mixer WR 12 beim Abgleich

Begrenzung der HP-Mixer einsetzt. Diese Begrenzung bezieht sich ähnlich auf alle 50...110 GHz HP-Mixer. Die ganze Berechnungs-Ungenauigkeit durch die Begrenzung der Mixer kann beseitigt werden, wenn z.B. ein geeichtes 10-dB-HL-Dämpfungsglied vor den HP-Mixer vorgeschaltet wird.

Ab 18 GHz konnte ich die HP-Mixer bei 18 bis 26,5, 26,5 bis 40 und 33...50 GHz mit meinem HP 63650 L Synthesizer sehr genau auf Begrenzung und Mess-Genauigkeit testen. Bis zu einer Messtiefe von -85 dBm stimmen die Werte erstaunlich genau. Eine Begrenzung konnte ich lediglich bei -1 dBm feststellen.

Wenn von einem 76 GHz Test-Transverter alle Bausteine auf dem Mess-Tisch liegen, kann man sehr gut die

einjustierenden Parameter an den zwei Mess-Stellen am HP 8563E wenn der Mixer 50...75 GHz benutzt wird sehen (Bild 9).

Wenn z.B. das 38-GHz-Signal bis zur Sättigung des 76-GHz-OSB-Signals angehoben wird, ist alles in Ordnung. Gibt man jedoch mehr Pegel auf 38 GHz in den Mixer, steigen nur die unerwünschten Misch-Produkte, die wir nicht haben wollen und das OSB Signal auf 76 GHz bleibt jedoch gleich hoch. Bei noch mehr Input geht das OSB Signal zurück. Achtung: Die Mischer-Diode ist jetzt gefährdet. Ähnlich verhält es sich auch beim 144-MHz-ZF-Signal. Wenn zu viel ZF-Signal eingespeist wird, gehen auch hier nur die unerwünschten Misch-Produkte nach oben. Das OSB-Signal auf 76 GHz bleibt gleich. Bei noch mehr Pegel

geht auch hier das OSB Signal zurück. Achtung: Jetzt ist auch hier die Mixer-Diode in Gefahr. Diese Messungen können nur mit einem Spektrum-Analyser mit passenden Mixern gemacht werden, wie weiter oben im Text schon erwähnt (Bild 10).



Bild 10: Mess-Diagramm aus DL2AM-Mixer 76 GHz, USB, LO, OSB

