

## Für Experimente und Messungen

## 46/76-GHz-Bausteine

Philipp Prinz, DL2AM

Wie man den in CQ DL 11/2015 beschriebenen 47-GHz-Transverter ergänzen und ausmessen kann, wird im Folgenden gezeigt.



## Zur Person



## Philipp Prinz, DL2AM

Jahrgang 1939, Amateurfunkgenehmigung seit 1967  
Ausbildung als Technischer Zeichner, Mechanikermeister, Pädagogik

für Lehrlingsausbildung, Refa-Ausbildung, seit 1980 Modultechnik, Herstellung und Vertrieb von Linears bis 2003

Anschrift:  
Riedweg 12  
88299 Leutkirch  
prinz.dl2am@t-online.de  
www.dl2am.de

Wenn ich auf dem Messtisch den 47-GHz-Transverter mit dem Mixer mit den beiden antiparallelen Dioden MA4E1318 und dem Wendeverstärker von DB6NT sehe (Bild 1), muss ich sagen, dass hier noch viele Experimente gemacht werden können.

## Zum Rauschen

Das Rauschen des bestückten Mixers mit ZF-Verstärker, aber ohne 47-GHz-Filter liegt bei 18 dB Noise Doppelseitenband (DSB) bei einer LO-Frequenz von 23,472 GHz und einer Leistung von 110 mW. Bei 90 mW sind es noch ca. 15 dB, und bei 50 mW sind es gerade noch ca. 11 dB DSB.

Die 18 dB Noise sind dann kaum zu beachten, wenn ein Verstärker von 23 dB Gain benutzt wird. Da ist dann am Eingang des Verstärkers bei Empfang fast die gleiche Rauschzahl zu messen wie sie der verwendete Verstärker aufweist, was auch rechnerisch festzustellen ist (Bild 2). Nicht so gut ist es, wenn der Mixer alleine benutzt wird, ohne Leistungsabsenkung des LOs bei Empfang. Da kommt die Rauschzahl voll zum Tragen. Die gleiche Problematik ist auch auf 76, 122 und 241 GHz vorhanden, wie ich schon beschrieben habe. Da geht es aber auch einfacher, da wird bei Empfang die Multiplier-Spannung des CMA382400AUP von 5...6 V durch eine Zusatzschaltung auf 3,2...3,5 V heruntersetzt, sodass sich die Ausgangsleistung des Multipliers verringert, bis das beste Signal-/Rausch-Verhältnis erreicht ist. Leider gibt es bei 47 GHz keine solchen Multiplier.

## Zum Wendeverstärker

Wenn bei einem Wendeverstärker die Hohlleiter nicht ganz genau parallel aufeinander liegen bzw. ein kleiner Spalt von z.B. 0,1 mm zwischen Wendepalte und Verstärker vorhanden ist, wirkt sich dies messbar kaum aus. Die Wärmeübertragung vom Wendeverstärker zur Wendepalte könnte aber etwas darunter leiden.

## Dämpfungsglied zur Output-Messung

Nun wollte ich auch die maximale Ausgangsleistung messen, aber mein HP Q 8486 und mein Anritsu-MP715-Messkopf können maximal 100 mW HF vertragen. Da gibt es zwei Möglichkeiten. Man nimmt einen 20-dB-Koppler, z.B. den HP U752 WR 19, oder man baut ein brauchbares Dämpfungsglied, was ich gemacht habe.

Ich zerlegte variable Dämpfungsglieder WR 15 und WR 42. Dabei ist mir aufgefallen, dass die Dämpfungsfolie eine langsam steigende Kurvenform hat, wohl damit eine feine Dämpfungseinstellung möglich ist. So etwas Ähnliches baute ich in einen Hohlleiter WR 19 ein, in dessen Ebene ich einen Schlitz von 0,2 mm Breite fräste. An beide Seiten des Schlitzes lötete ich ein Kupferblättchen. Vorher steckte ich in den gefrästen Schlitz zwei Rasierklingen, um eine Verzinnung des Schlitzes zu verhindern (Bild 3). Beim Kalibrieren dieses Dämpfungsglieds sah

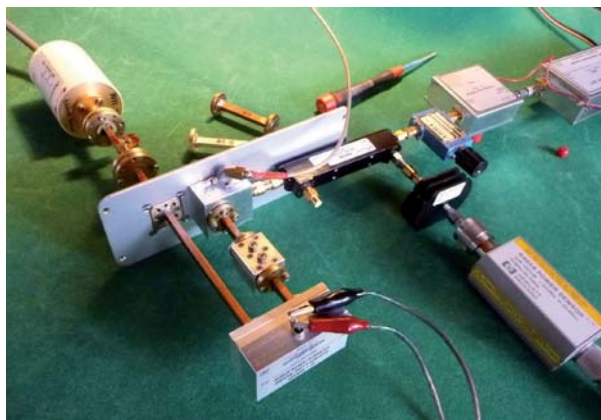


Bild 1: Der 47-GHz-Transverter mit Wendeverstärker

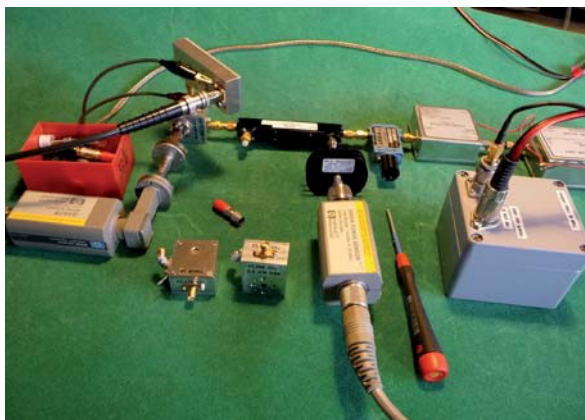


Bild 2: Rauschmessung am 47-GHz-DL2AM-Mixer

ich, dass durch tieferes Eintauchen der Dämpfungsfolie in den WR 19 die Leistungsanzeige stark zurückging. Es war leicht möglich, die Dämpfung auf 6 dB einzustellen. Mit der Quetschschraube fixierte ich die Folie zwischen den beiden Klemmplatten.

Mit dem 6-dB-Dämpfungsglied und dem 100-mW-Leistungs-Messkopf war es möglich, die Ausgangsleistung des 47-GHz-Transverters mit Wendeverstärker zu messen.

## Tipps

Wichtig ist, dass die Dämpfungsfolie einen hohen Wärmeleitwert besitzt. Denn

wie viel HF-Leistung das Dämpfungsglied vertragen kann, hängt zum größten Teil von diesem Wert ab.

Statt Dämpfungsfolie kann auch eine Glimmerscheibe von guter Qualität Verwendung finden. Auch diese wird die entstehende Wärme ableiten, was sehr wichtig ist. Die beiden Klemmplatten, aufgelötet auf dem WR 19, übernehmen dann die Wärme.

In dem Zusammenhang verglich ich auch die Messköpfe Anritsu MP 715 A, 40...60 GHz mit dem Hughes 40...60 GHz WR 19 und dem HP 8486 A mit angeflanschem Taper WR 22 auf WR 19 (Bild 4). Als Quelle benutzte ich den HP

83650 L. Ich war erstaunt, dass unter drei verschiedenen Messköpfen geringe Leistungsunterschiede messbar waren, auch bei verschiedenen Leistungen.

Weiter möchte ich noch bemerken, dass die Varactor-Diode MA46H146 einen hohen LO-Input bis 140 mW aushält. Und vergesse nicht das alte Kolophonium zum Einlöten von kleinen Bauteilen! Es ist oft eine große Hilfe, und die Rückstände lassen sich gut herauswaschen.

## Messwerte

Nun die gemessenen Daten des 47-GHz-Test-Transverters mit Wendeverstärker und zwei MA4E1318 im Mixer und mit



Bild 3: 47-GHz-Koppler und selbst gebautes Dämpfungsglied 6 dB WR 19



Bild 4: Vergleich von drei verschiedenen Messköpfen für 47 GHz



Bild 5: Drei DL2AM-Mixer für 47 GHz

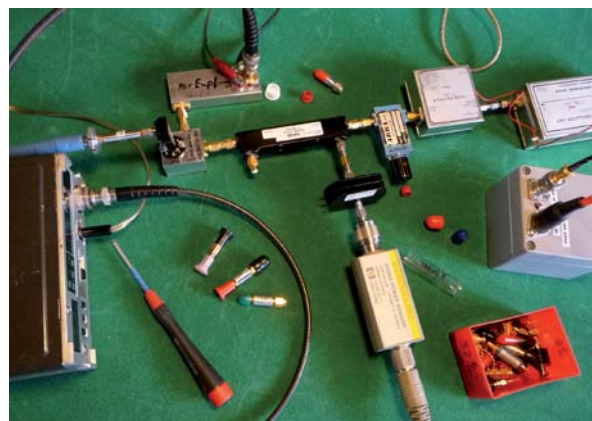


Bild 6: Messaufbau für den 47-GHz-Mixer



Bild 7: Koppler für 47 und 76 GHz, Mess-Equipment



Bild 8: Procom-Parabol mit Cassegrain-Strahler auf 47 GHz mit WR 19

eingebautem steifflankigem Filter bei 47 GHz.

- 144 MHz, ZF-Leistung eingestellt 16 mW
  - Mixer-Ausgangsleistung DSB eingestellt 3 mW
  - In Wendeverstärker eingestellt 1,1 mW OSB
  - Out Wendeverstärker 250 mW OSB
  - Rauschzahl, gemessen mit schmalbandigem Filter und Rauschquelle HPQ 347 B und angeflanschem Taper WR 22/19 an Gehäuserückwand 5,95 dB
- Die Unterdrückung aller Seitenbänder ist besser als 40 dB.

Auch habe ich nochmals drei 47-GHz-Mixer mit jeweils einer MA4E1318 aufgebaut und vermessen (**Bild 5**). Die Werte sind ähnlich. Der Input auf 23,472 GHz war 75 mW, die ZF-Leistung bei 144 MHz 20 mW und die Ausgangsleistung bei 47,088 GHz 2,6 mW DSB. Bei diesen Werten sind die Umsetzverluste nicht schlecht. Die Rauschwerte waren mit ZF-Verstärker bei allen Mixern auch ähnlich. Bei unverändert hoher LO-Leistung von 70 mW konnte ich 13,5 dB Noise messen.

Nun wollte ich auch die Grenzempfindlichkeit dieser Mixer feststellen. Ich speiste ein 47,088-GHz-Signal von -128 dBm ein und stellte fest, dass noch gut ein CW-QSO möglich wäre mit dem FT-290R bei 2,4 kHz Bandbreite (**Bild 6**).

### Weitere Experimente

Die Anpassung von einfachen Cassegrain-Antennen und nicht vorne aufgeweiteten Krückstöcken bei 47 und 76 GHz in einem Procom-Parabol mit 25 cm Durchmesser habe ich ebenfalls versucht. Dazu benutzte ich einen WR-19/HP-U752-Richtkoppler mit 20-dB-Auskopplung

und einen Isolator. Auf 76 GHz verwendete ich zwei hintereinandergeschraubte WR-12-Richtkoppler mit jeweils 10 dB Auskoppeldämpfung und einem dazu passenden Isolator (**Bild 7**).

Die Directivity (Richtschärfe) bei Hohlleiterkopplern ist sehr hoch (über 40 dB). Dadurch sind die Messfehler gering.

Als Messsender diente mein Wendetransverter, der genügend Leistung bei 47 GHz abgibt, nebst HP Q8486 mit Taper WR 22/19.

Bei einem einfachen Cassegrain-System im Parabol bei 47 GHz stellte ich fest, dass die beste Anpassung bei 7,2 mm Abstand zwischen Hohlleiter und Subreflektor-Scheibe auftritt. Leider fällt diese nicht mit der besten Ausleuchtung des Parabols zusammen, da sollten es 6,6 mm sein. Durch Verschieben dieses Reflektors entstehen große Unterschiede. Bei einer Veränderung von ca. 1/10 mm kann sich die Anpassung schon um ca. 10 dB verändern. Bei optimaler Einstellung, das sind ca. 7,2 mm, liegt die Anpassung bei 31 dB (**Bild 8**).

Wenn ich einen WR-19-Hohlleiter-Krückstock mit nicht aufgeweiteten Strahler in den Parabol einbaue, wie im Aufmacherfoto zu sehen, ist die Anpassung ca. 13,1 dB, egal ob sich der Strahler im Brennpunkt oder außerhalb dieses befindet. Nun versuchte ich das Gleiche bei 76 GHz. Ich schraubte zwei 10-dB-Richtkoppler WR 12, einen im Vor- und den anderen im Rücklauf, zusammen (**Bild 9**). Es wurde die Anritsu MP717A für die Anzeige verwendet und als Signalquelle ein 76-GHz-Wendetransverter. Das Messobjekt war jetzt wieder ein einfaches Cassegrain-System WR 12 im Parabol mit 25 cm Durchmesser. Ich versuchte wieder, die Reflektorschei-



**Bild 9:** Procom-Parabol mit Cassegrain-Strahler auf 76 GHz mit WR 12 und zwei Messkopplern

be vor- und rückwärts zu schieben. Die beste Anpassung war hier 32 dB bei einem Scheibenabstand zum Hohlleiter von 6,62 mm, was gleichzeitig eine optimale Ausleuchtung des Parabols bedeutete.


Nun baute ich auch hier einen WR-12-Krückstock ohne Ausweitung im Strahlerteil ein. Die Werte waren ähnlich wie bei 47 GHz (13,3 dB) und voraussehbar.

Solche Messversuche sind immer sehr zeitaufwändig, und die Schrauberei merkt man an den Fingern. Für mich als aktiver BBT-Teilnehmer über 10 GHz war es wichtig, diese Werte doch mal festzustellen.

CQDL

### Literatur und Bezugsquellen

- [1] 47-GHz-Transverter mit Wendeverstärker: CQ DL 4/2010
- [2] Verdoppler von 23,5 auf 47 GHz: CQ DL 4/2014
- [3] 47-GHz-Transverter: CQ DL 11/2015



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. Mai 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 einverstanden erklärt haben. Weiterhin haben Sie damit auch unsere Autorenhinweise unter <http://www.darc.de/mitglieder/cq-dl/hinweise-fuer-autoren/> 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.

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Ihre Redaktion 