

Von der Planung bis zur Fertigstellung

Rocky-3: Transverter für 10 GHz

Bild 1:
Der 10-GHz-Transverter von DCØDA mit 20-dBi-Hornstrahler

Jürgen Dahms, DCØDA

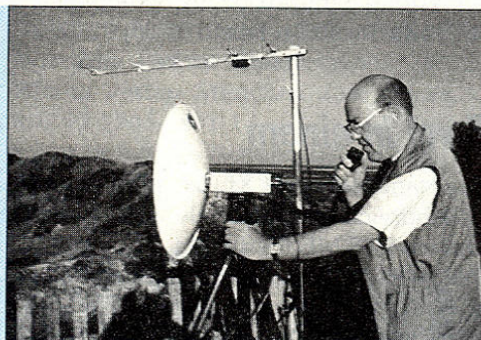
Auf der GHz-Tagung 2002 in Dorsten berichtete Dr. Gerlach, DL2SAX, unter anderem über die rasante Entwicklung der Contest-Teilnehmerzahlen im 3-cm-Band, die seit Jahren stetig ansteigt – ganz im Gegensatz zu den niedrigeren Bändern 6 cm und 9 cm.

Wer die Mikrowellen-Szene aufmerksam beobachtet, wird diesen Trend nicht nur bei den jährlichen Contests beobachten, sondern auch bei Funkaktivitäten während sporadischer Überreichweiten.

Der Autor stellt sich vor

Jahrgang 1945; mit 14 Jahren erster Aufbau eines UKW-Funksprechgerätes mit der Röhre RV2,4 P700

- Lehre als Elektromechaniker, anschließend Ingenieurschulstudium
- Inhaber der Amateurfunkgenehmigung der Klasse C seit 1970
- Fast 10 Jahre Sachbearbeiter „Mikrowellentechnik“ im UKW-Referat des DARC mit Sonderauftrag „Aktivierung der Mikrowellenbänder“
- Mitgestalter vieler Fachveranstaltungen des DARC
- Autor in verschiedenen Amateurfunkzeitschriften
- Mitbegründer der Nordischen Mikrowellen-Aktivitätswoche
- Herausgeber einer zeitbegrenzten Informationsmappe „Der SHF-Amateur“ für interessierte Funkamateure



- **Bevorzugte Aktivitäten:** Portabelbetrieb bei den Mikrowellencontests und dem Bayerischen Bergtag (BBT) auf den hohen Frequenzbändern ab 10 GHz aufwärts
- Konstruktion, Aufbau und Verbreitung von Portabeltransverttern für die hohen Frequenzbänder
- Optimierung von Systemparametern im 47-GHz-Amateurfunkband

Auch die Möglichkeit, über Regenscatter fantastische Reichweiten zu erzielen, macht gerade dieses Amateurfunkband so beliebt. Die Funkwettbewerbe des traditionellen Bayerischen Bergtages, BBT, weisen ebenfalls steigende Teilnehmerzahlen auf 3 cm in den Ergebnislisten aus.

Die Diskussionen mit Funkamateuren unterschiedlichster Auffassung gegenüber dem Funkbetrieb auf höheren Frequenzbändern führte nach einem Resümee dazu, beispielhaft einen kleinen handlichen Transverter mit minimalem Kostenaufwand für den Fieldday und die Mikrowellen-Conteste aufzubauen. Bei der Transvertergröße sollte auch an den Mikrowellenamateur gedacht werden, der allein bei Spontaneinsätzen mit dem Rucksack einen exponierten Standort aufsucht.

Dieses Projekt kann der interessierte Funkamateur als Einzelner versuchen. Gerade beim Zusammenbau eines Bausatzes in SMD-Technik, dem Anfertigen von Semi-Rigid-Kabeln mit SMA-Steckverbindern sowie dem korrekten Einbau von fertigen Baugruppen in ein Gehäuse und der Prüfung der vollen Funktionsfähigkeit ist sicher auch das Wissen und Können von OMs aus dem Ortsverband hilfreich. Dies gilt auch bei nicht vorhandenen Messmitteln. Dieser Umstand sollte aber keinesfalls dazu führen, auf dem 10-GHz-Band nicht aktiv zu werden; ein Positivbeispiel sind die vielen Clubstationen, die hier regelmäßig Contestbetrieb machen. Diese Beispiele zeigen, in sehr vielen Ortsverbänden gibt es interessierte und aktive Mikrowellenamateure.

Prototyp nach „Mikrowellen-Stammtisch“

So entstand nach Diskussion meines Aufbauvorschlages beim „Mikrowellen-Stammtisch“ mit Alfons, DF6VB, Wilfried, DH9YAU, Siegfried, DL4OAN, Karl, DJ6BU, und dem Autor Jürgen, DCØDA, und nach Rücksprache mit Ewald, DK2DB, sowie mit Michael, DB6NT, der Prototyp im Herbst 2001.

Das Transverterprojekt heißt „ROCKY-3“. Die Bezeichnung hat nichts mit den Boxerfilmen aus Pennsylvania/USA zu tun, sondern soll den Bezug zum Portablebetrieb bzw. zum Bayerischen Bergtag, BBT, herstellen, (engl. rock = Felsen), die 3 steht für das 3-cm- bzw. 10-GHz-Amateurfunkband.

Damit sind schon ein paar Eigenschaften des Transverters charakterisiert und bestimmte Voraussetzungen für dessen Konstruktion festgelegt:

- kleinste Aufbauweise, dennoch überschaubar und servicefreundlich
- gutes Preis-/Leistungsverhältnis

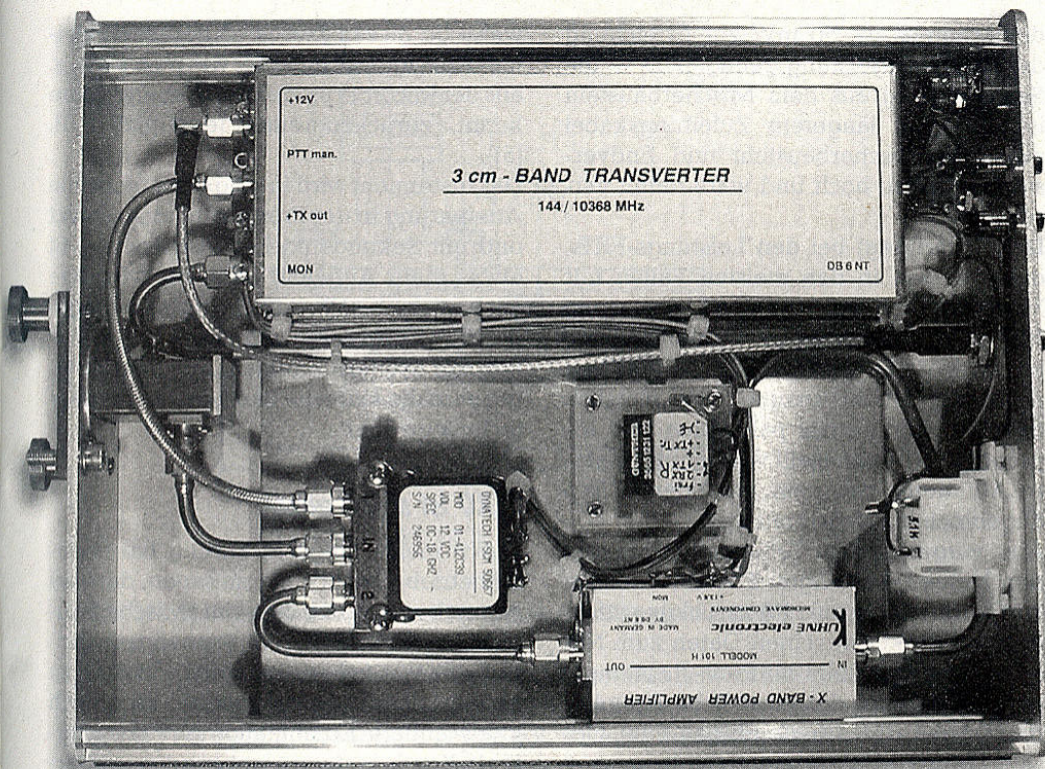


Bild 2: Rocky-3 von innen, wie ihn der Autor aufgebaut hat

- stabiles, flaches, kratzfestes Gehäuse
- Verwendung moderner Baugruppen (Stand der Amateurfunktechnik)
- Einsatz eines Montageflansches an der Gehäuserückwand für den Anschluss eines Hornstrahlers oder Parabolspiegels (hierbei auf ausreichende Stabilität des Rückwandbleches und dessen Verschraubung mit dem Gehäusekörper achten)
- stabile Stativmontageplatte
- Einbaumessinstrument in Gehäusefront für relative Output-Anzeige
- Verpolungsschutz
- einfache und überschaubare Funktionsanzeigen
- Verwendung robuster Schaltelemente
- Verwendung witterungsbeständiger Außenverschraubungen
- Frage klären, ob die Stabilität des Oszillators im Transverter für Portablebetrieb ausreicht oder der Einsatz eines OCXO (oven controlled Xtal oscillator) erforderlich ist

Passendes Gehäuse finden

Die Suche nach einem passenden Gehäuse stellt sich als äußerst schwierig dar. Entweder wird das Gehäuse aus auf Maß zugeschnittenen Seitenwandprofilen der Fa. Isert hergestellt, in die entsprechende Bleche aus eloxiertem Aluminium eingeschoben bzw. vorgeschraubt werden, oder es findet sich ein passendes Kataloggehäuse (z. B. [5]).

Für den Prototyp des Transverters wird ein Leergehäuse von der Fa. ID-Elektronik [2] freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Dieses Schalengehäuse erfüllt alle Anforderungen, es müssen nur noch ein Montageblech und eine Stativmontageplatte zugeschnitten werden. Die Abmessungen in mm (B x H x T)

- Gehäuse (innen): 155 x 50 x 210
- Montageblech: 160 x 150 x 2
- Stativmontageplatte: 80 x 50 x 4

Das Montageblech wird in die untere Führung der Seitenprofile eingeschoben, zur Gehäuserückwand muss ausreichen-

der Abstand für die Montage des HL-Überganges und zur Frontplatte ausreichender Abstand für die verwendeten Schalter-, Buchsenelemente usw. vorhanden sein. Zur Arretierung des Montagebleches werden in die bodenseitige Führungsleiste jeweils zwei M2-Gewinde eingeschnitten; mittels M2-Schrauben kann jetzt das Montageblech festgesetzt werden.

Hohlleiter-Übergang selber bauen oder kaufen?

Einer weiteren Überlegung bedarf es der Konstruktion des Hohlleiter-Überganges. Wer handwerklich begabt ist, kann sich diesen aus Rohteilen selbst anfertigen. Beispiele für die Dimensionierung des Überganges auf SMA sind ausreichend in der Amateurfunkliteratur vorhanden. Wesentlich einfacher ist es, auf ein Bau-Set von „micro-mechanik“ [4] zurückzugreifen oder dort einen fertigen Übergang auf SMA-Buchse zu bestellen. Es kann aber auch ein kommerziell gefertigter Übergang (mit Messprotokoll) von Procom (Vertrieb z. B. [1]) eingesetzt werden; hier ist dann allerdings die Anfertigung eines vorgeschraubten zusätzlichen Montageflansches mit M4-Gewinden für die Spiegelbefestigung erforderlich.

Für den Muster-Transverter wird der Bau-Set gewählt. Die Auskopplung aus dem Hohlleiter wird der kommerziellen Procom-Ausführung nachempfunden. Vergleichsmessungen der Leistung mit einem Hohlleiter-Dämpfungsglied am Signalgenerator sowie Rauschzahlmessungen an einem Norm-Vorverstärker ergeben äquivalente Ergebnisse. Somit ist eine preiswerte und zeitsparende Lösung gefunden.

10-GHz-Baugruppen

Eigene Erfahrungen und die anderer Mikrowellenamateure lassen als 10-GHz-Antennenrelais nur neuwertige SMA-Relais für den vorgesehenen Einsatz zu. Als eine zuverlässige Quelle gilt [6]. Vielfach erwirbt man 28-V-Typen, dazu muss dann ein Spannungsverdoppler in IC-Technik aufgebaut werden (die meisten Relais ar-

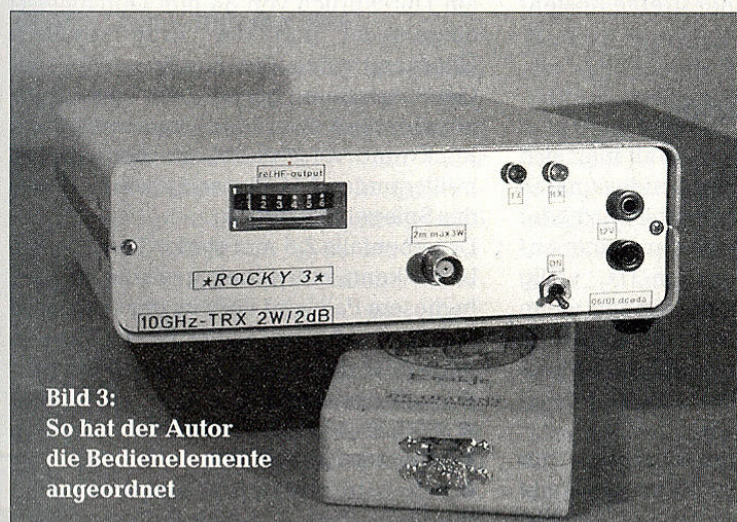


Bild 3: So hat der Autor die Bedienelemente angeordnet

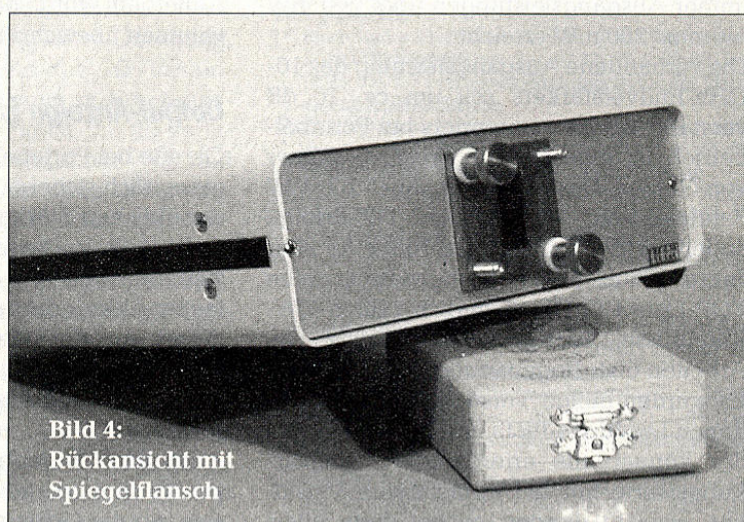


Bild 4: Rückansicht mit Spiegelflansch

beiten zuverlässig schon ab 22 V), sicherer und einfacher ist der Einsatz eines fertigen DC/DC-Wandlers (z. B. [5]). Im vorliegenden Fall wird ein 12 V bistabiles Relais der Firma Dynatech (DC...18 GHz) eingesetzt, für welches eine spezielle Steuerplatine in SMD-Technik mit Reedrelais aufgebaut wurde.

Für den 10-GHz-Mischerbaustein fällt die Wahl nicht schwer, es wird auf den sehr gut vorbereiteten Bausatz von Kuhne electronic [3] zurückgegriffen. Umfangreiches Informationsmaterial für den Zusammenbau, die Bestückung und den Abgleich sind dem Bausatz beigelegt. Im Verdrahtungsplan ist zum Ansteuern weiterer Baugruppen bei Sendebetrieb eine Sicherung eingezeichnet, diese wird beim Prototyp als Lötsicherung (erhältlich z. B. bei [7]) innerhalb des Mischergehäuses am entsprechenden Durchführungskondensator direkt angelötet.

Die Eingangsräuschzahlen aller von mir aufgebauten Exemplare lagen bislang immer geringfügig noch unter den im Katalog propagierten Werten, ein zusätzlicher rauschärmer Vorverstärker ist deshalb überflüssig.

dinge bereits ca. 50 mW zur Erreichung der Sättigungsleistung genügen. D. h. die Sendeleistung aus dem Mischerbaustein ist auch bei längerem Zuleitungskabel zwischen Mischerbaustein und Endverstärker viel zu hoch und wäre damit verschwendet.

Der Grund liegt bei den Leistungs-FETs, diese weisen in den meisten Fällen nur Verstärkungen von ca. 6 dB aus, einen FET mit 10 dB in dieser Leistungsklasse preiswert zu bekommen, ist äußerst schwierig. Hinzu kommt, dass plötzlich die Produktion eines passenden und erprobten FET eingestellt wurde und weitere Aufbauten mit dem gefundenen Typ abgebrochen werden mussten.

Aus vorgenannten Gründen wurde auf den kleinen einstufigen 2 W PA-Baustein von Kuhne electronic [3] zurückgegriffen; er passt exakt mit seinen Daten zum Mischerbaustein, bleibt im Preis-/Leistungsgefüge und auch der zusätzliche Strombedarf ist mit den Überlegungen zum Gesamt-Transverterkonzept vereinbar.

Beim Durchblättern des Kataloges obiger Firma fällt eine ebenfalls auf den Mischerbaustein zugeschnittene 4-W-Endstufe

weise für diesen Zweck eingesetzten kleinen Anzeigeelemente, wie man sie u. a. aus der Recorderproduktion früherer Jahre kennt, zurückzugreifen (erhältlich z. B. [5]).

Das Instrument wird in eine entsprechende Aussparung in der Frontplatte eingesteckt und mit Sekundenkleber festgesetzt. Mit etwas mehr Aufwand kann die Montage auch mit zwei selbstangefertigten gebogenen Blechklammern und zwei M2-Schrauben mit Muttern erfolgen. Für den Prototyp wird die einfache und schnellere Klebtechnik gewählt.

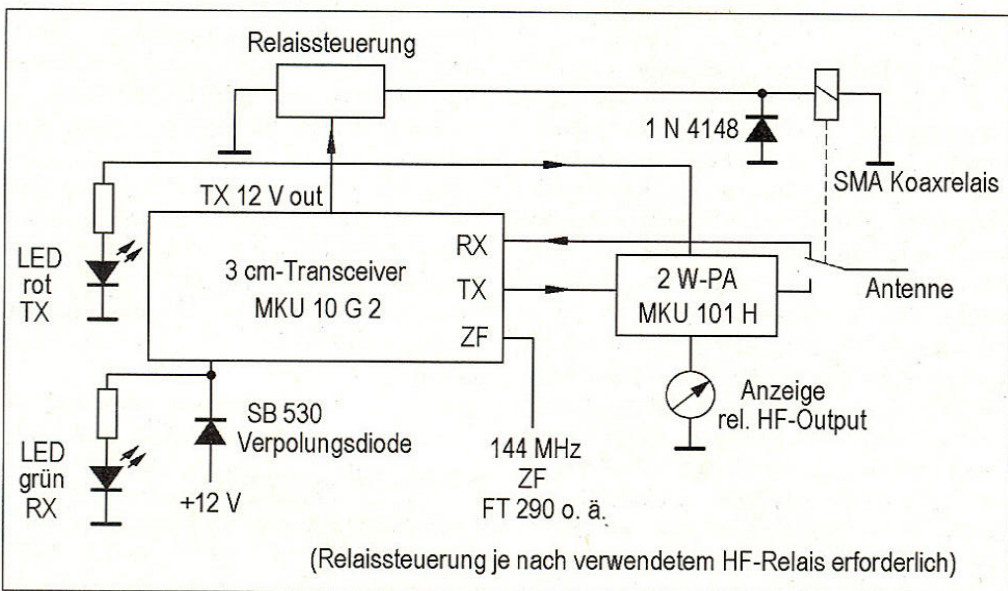
TCXO ist stabil genug

Durch meine lange Erfahrung bei Portabelbetrieb kann ich hierzu sagen, dass bei Normalfunkbetrieb der im Mischerbaustein eingesetzte TCXO (temperature controlled Xtal oscillator) ausreicht; bislang ist bei allen Nachbauten von mir auch noch keine andere Kombination der Schwingkreis-Kondensatoren notwendig geworden. Eine Rückfrage bei Michael, DB6NT, bestätigt meine Aussage zur Frequenzstabilität.

Der Einbau eines OCXO nach Gerd-Uwe, DF9LN, verteuert den Transverter erheblich, außerdem bedarf es gründlicher Überlegungen, wie bei dem vorgesehenen Gehäuse der OCXO aufgrund seiner Bauhöhe und seines Platzbedarfs noch zusätzlich untergebracht werden kann.

Die Stabilitätsverhältnisse werden erst nach Einbau des Mixers in das Gehäuse bei geschlossenem Deckelblech nach ca. 15 min. Einschaltzeit geprüft, wobei die Prüfung auch nach längeren Sendedurchgängen erfolgt (Frequenzdrift durch Erwärmung; z. B. durch den Endstufen-Baustein).

Steht zur Beurteilung der Frequenzstabilität des Transverters kein Bakensignal oder ein zweiter stabiler Empfänger zur Verfügung, hilft nur ein Messsender oder ein Frequenzzähler.



Blockschaltbild von Rocky-3

Je nach Exemplarstreuungen des Kleinleistungs-FET in der Endstufe des Sendeverstärkers im Mischerbaustein werden immer Ausgangsleistungen über 200 mW bis max. 280 mW erreicht.

Die vorhandene Ausgangsleistung des 10-GHz-Endverstärkers soll um ca. 10 dB verstärkt werden, besonders bei Portabelbetrieb ist eine Leistungsreserve immer von Nutzen. Dass auch mit „nur“ 200 mW Sendeleistung erstaunliche DX-Erfolge erzielt werden können, hat Mitte der 90er Jahre Klaus, DL3YEE, bewiesen, siehe TOP-Liste CQ DL; sicherlich zählen CW-Kenntnisse, Betriebstechnik sowie das Arbeiten über Regenscatter auch dazu.

Es wurden einige Versuche mit verschiedenen Leistungs-FETs unternommen. Leider können die erforderlichen Verstärkungswerte nur bei zweistufigen Versionen erreicht werden, wobei dann aller-

auf; diese scheidet aber allein schon wegen der benötigten Kühlung und des Strombedarfs für Portabelbetrieb aus. Außerdem würde das angestrebte Kostenvolumen überschritten.

Output-Anzeige ist wichtig

Gerade bei Portabelbetrieb fühlt man sich wesentlich sicherer, ob ein Sendesignal in der üblichen Stärke abgestrahlt wird oder nicht (z. B. zu wenig oder gar keine Ansteuerleistung aus dem 2-m-Trx, völlig leerer Akku oder andere Gründe), wenn dieses an der Gehäusefront angezeigt wird, zumal extra hierfür ein kleiner Richtkoppler im Endverstärkerbaustein vorgesehen ist.

Auch nach Durchblättern sämtlicher mir zur Verfügung stehender Kataloge ergibt sich nur die Lösung, hier auf die üblicher-

Alles in ein Gehäuse

Für den 10-GHz-Montageflansch wird in das 2,5 mm starke Rückwandblech mittig ein Durchbruch von 34 mm Durchmesser eingebracht und der fertig montierte Übergang von außen durchgesteckt. Vom Gehäuseinneren her wird der Flansch diagonal mittels zwei M4-Schrauben mit der Rückwand verschraubt, die übrigen zwei freiliegenden M4-Flanschgewinde dienen der Spiegelbefestigung.

Das ebenfalls 2,5 mm starke Vorderwandblech kann individuell gestaltet werden. In diesem Fall wird der Sitz der Einbauelemente so gewählt, wie es für eine zweckmäßige Verdrahtung am günstigsten ist.

- Profil-Anzeigeelement
- BNC-Einloch-Gerätebuchse
- Miniatur-Kippschalter
- 2 Einbaubuchsen (schwarz/rot)
- 2 Einbaufassungen mit LEDs (grün/rot)

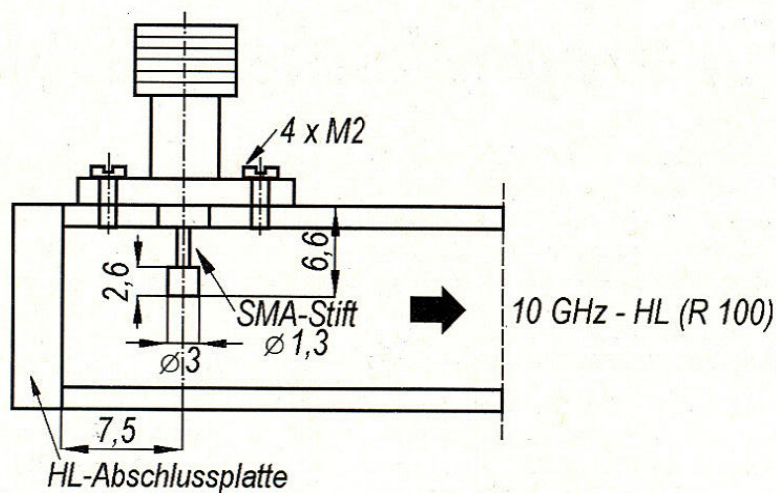


Bild 5: Maßskizze des erprobten Hohlleiterüberganges auf SMA-Buchse
(Maßstab: ca. 2 : 1; Angaben in mm)

SMA-Vierkantflanschbuchse mit langem Teflonansatz modifiziert nach Skizze!
(d. h. das Teflon füllt nur die 4,2- \emptyset -Bohrung im HL aus, Rest wird abgeschnitten).
Der Stift wird auf die benötigte Länge gekürzt und die kleine Buchse aufgelötet.
15 mm vom Abschluss wird zur optimalen Anpassung eine M3-Schraube auf der gegenüberliegenden HL-Seite eingesetzt.

Die Mischerbaugruppe wird so dicht wie möglich an der einen Seitenprofilleiste, der Endstufenbaustein ebenfalls so dicht wie möglich an der anderen Seitenprofilleiste auf dem eingeschobenen Montageblech montiert. Beide Bausteine sind ca. 65 mm von einander entfernt angeordnet; das 2 mm starke Montageblech dient unter Einbeziehung der Seitenprofile zur Wärmeabführung. Vor dem Aufschrauben der Endstufe auf das Montageblech wird deren Auflagefläche mit Wärmeleitpaste bestrichen.

Die Befestigung des Relais ergibt sich aus den vorgefertigten Semi-Rigid-Kabeln, deren Kabelmantel aus Vollkupfer oder aus flexiblem Kupfergeflecht bestehen kann. Der Kabeldurchmesser beträgt 3,6 mm (UT 141).

Die Stativmontageplatte wird ca. 50 mm von der Gehäuserückwand entfernt von außen mittig mit der Gehäusebodenschale mittels vier M3-Senkkopfschrauben befestigt.

HF-Messmittel müssen sein

Für die Messung der Eingangsrauschzahl steht ein Rauschzahlmessgerät (nach DF7VX) mit einer entsprechenden Rauschquelle (nach DF7VX) mit einer ENR (Excess-Noise-Ratio) von 29,4 dB zusätzlich zu einem Dämpfungsglied von 16 dB (DC...26,5 GHz) in SMA zur Verfügung, des weiteren ein Hohlleiter-Übergang auf SMA von Procom mit einem SWR von 1,12 (Return loss = 25 dB).

Für die Messung der Ausgangsleistung kommt ein thermischer Leistungsmesser (nach DF7VX) mit einem SMA-Messkopf (DC...12 GHz) zum Einsatz, nebst dem oben erwähnten Hohlleiter-Übergang. Als Leistungsabschwächer wird ein 20-dB-

Dämpfungsglied (DC...18 GHz) verwendet.

Zur Prüfung der Frequenzstabilität dient ein stabiler regelbarer Signalgenerator (20 mW...2 W) mit einer Ausgangsfrequenz von 1152 MHz sowie ein Diodenvervielfacher, dessen neunte Oberwelle auf 10 368 MHz im 144-MHz-Tranceiver zu hören ist. Als Nachsetzer für den 10-GHz-Transverter wird ein FT-290R von Sommerkamp gewählt.

Messdaten

Bei meinem Prototyp wurden folgende Messdaten ermittelt:

Die **Eingangsrauschzahl** (Einseitenband) betrug 1,6 dB. Die **Ausgangsleistung** (CW-Träger) 1,9 W. Die Messung erfolgt am Spiegelanschlussflansch. Direkt am Mischerbaustein werden 260 mW Ausgangsleistung und eine Eingangsrauschzahl von 0,8 dB gemessen, der Endstufenbaustein wird mit einer Ausgangsleistung von 2,3 W bei 200 mW Eingangsleistung angegeben (Messprotokoll DB6NT).

Bedingt durch den Hohlleiter-Übergang, das Antennenrelais und die HF-Verbindungskabel gehen sowohl im Empfangs- wie auch im Sendezweig ca. 0,8 dB verloren; dies ist ein sehr realistischer Wert und auch nur mit sehr kurzen Kabelenden und sorgfältig montierten Kabelsteckern zu erreichen. Der **Strombedarf** beläuft sich bei ca. 12 V und aufgeheiztem LO im Empfang auf etwa 0,3 A, beim Senden auf etwa 1,4 A.

Um die **Frequenzstabilität** zu testen, wird nach einer Aufheizzeit von ca. 15 min für 15 min der Transverter mit einem getasteten CW-Träger (volle Ansteuerleistung) betrieben. Diese relativ lange Sendezeit kann durchaus in der Praxis öfter erforder-

lich werden (z. B. bei starkem QSB und schwachen Signalen zum gegenseitigen exakten Ausrichten der Antennensysteme).

Nach dem Umschalten auf Empfang wird lediglich ein **Frequenzdrift** des 10224-MHz-Oszillators von ca. 800 Hz nach oben festgestellt, d. h. das Generatorsignal ist jetzt ca. 800 Hz tiefer in der Frequenz im 144-MHz-Nachsetzer zu hören.

Zum Schluss die Kosten

Berücksichtigt werden die aktuellen Katalogpreise, wobei bei Kleinmaterial wie SMA-Steckern, Polbuchsen, LED-Fassungen und der gleichen immer der 10er-Preis eingesetzt wird. Kleinteile wie SMD-Widerstände, Verdrahtungsdraht usw. bleiben natürlich unberücksichtigt, da dies meist in der Bastelkiste vorhanden ist.

Unter oben genannten Voraussetzungen belaufen sich die Materialkosten auf ca. 895 €.

Etwaige Nebenkosten für Montageblech und Stativmontageplatte werden nicht berücksichtigt, da hat jeder seine eigenen Quellen.

Das aufzuwendende Kostenvolumen für den Transverter bleibt im gesteckten Rahmen, zumal noch Zusatzkosten für die Beschaffung des gewünschten Antennensystems (z. B. Parabolspiegel) entstehen können.

Wer nicht im Umgang mit SMD-Bauteilen vertraut ist, sollte auf den fertig aufgebauten und abgeglichenen Mischerbaustein von Kuhne electronic zurückgreifen, die Kosten erhöhen sich um derzeit 177 €, somit liegt der Kostenaufwand dann bei ca. 1074 €.

Jürgen Dahms, DCØDA
Brandbruchstr. 17
44265 Dortmund
Tel. (02 31) 46 01 61

Bezugsquellen

- [1] Eisch-Kafka-Electronic GmbH, Abt-Ulrich-Straße 16, 89079 Gögglingen, Tel. (0 73 05) 2 32 08, Fax (0 73 05) 2 33 06, www.eisch-electronic.de, eisch-electronic@t-online.de
- [2] ID-Elektronik, Wingertgasse 20, 76228 Karlsruhe, Tel. (07 21) 9 45 34 68, Fax (07 21) 9 45 34 69, www.id-elektronik.de, info@ID-Elektronik.de
- [3] Kuhne electronic GmbH, Scheibenacker 3, 95180 Berg, Tel. (0 92 93) 80 09 38, Fax (0 92 93) 80 09 38, www.db6nt.com, kuhne.db6nt@t-online.de
- [4] micro-mechanik Hubert Krause, Berghagen 60, 53773 Hennef, Tel. (0 22 48) 48 95, Fax (0 22 48) 44 52 95
- [5] Müttron Müller GmbH & Co., Bornstr. 22, 28195 Bremen, Tel. (04 21) 3 05 60, Fax (0421) 3 05 61 46, www.muuetron.de, info@muuetron.de
- [6] Philipp Prinz Modultechnik, Riedweg 12, 88299 Leutkirch-Friesenhofen, Tel. (0 75 67) 2 94, Fax (0 75 67) 12 00, www.dl2am.de, prinz.dl2am@t-online.de
- [7] Reichelt Elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande, Tel. (0 44 22) 95 53 33, Fax (0 44 22) 95 51 11, www.reichelt.de