

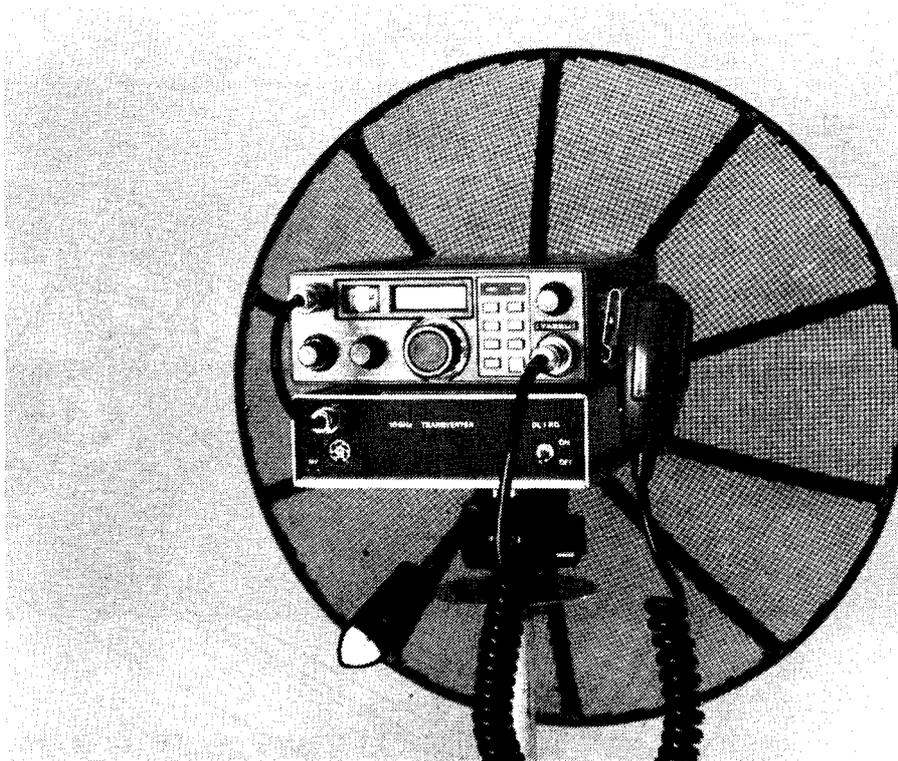
Translation to English follows!!!

10 GHz - TRANSVERTER IN MICROSTRIPLINE - TECHNIK

PETER VOGL, DL 1 RQ

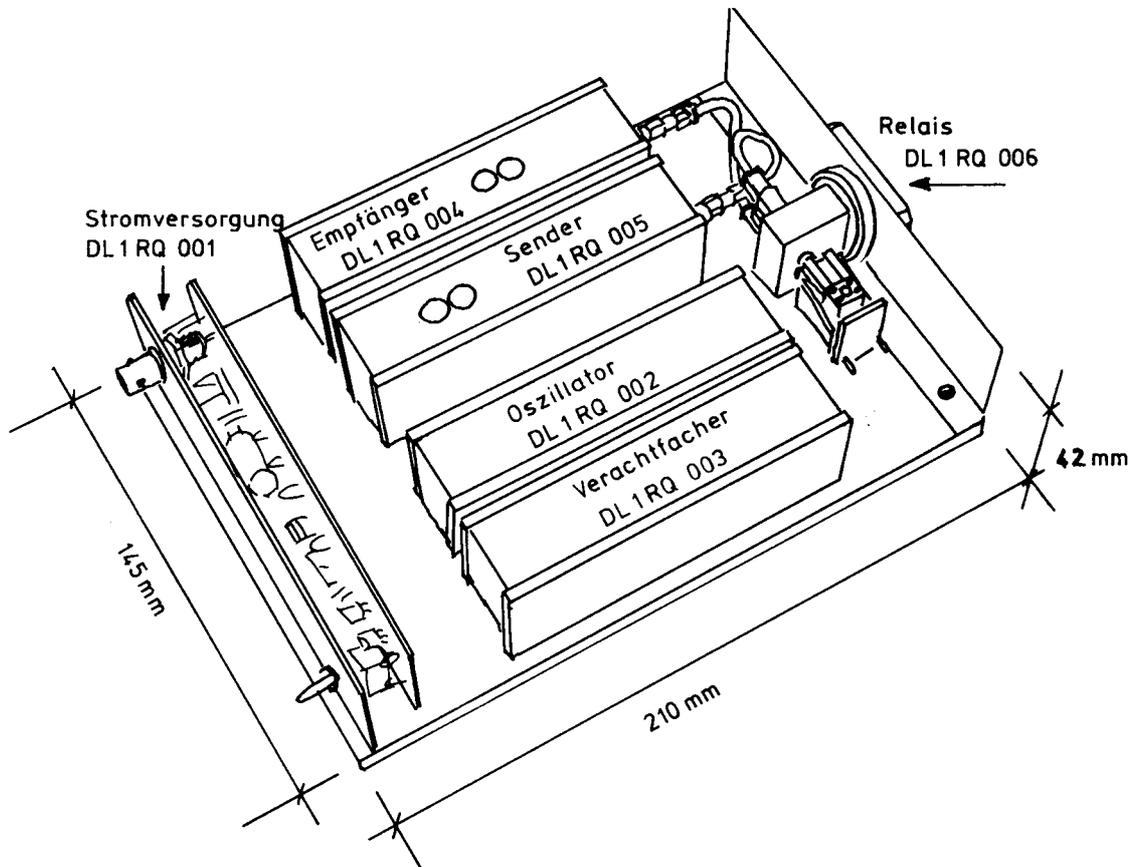
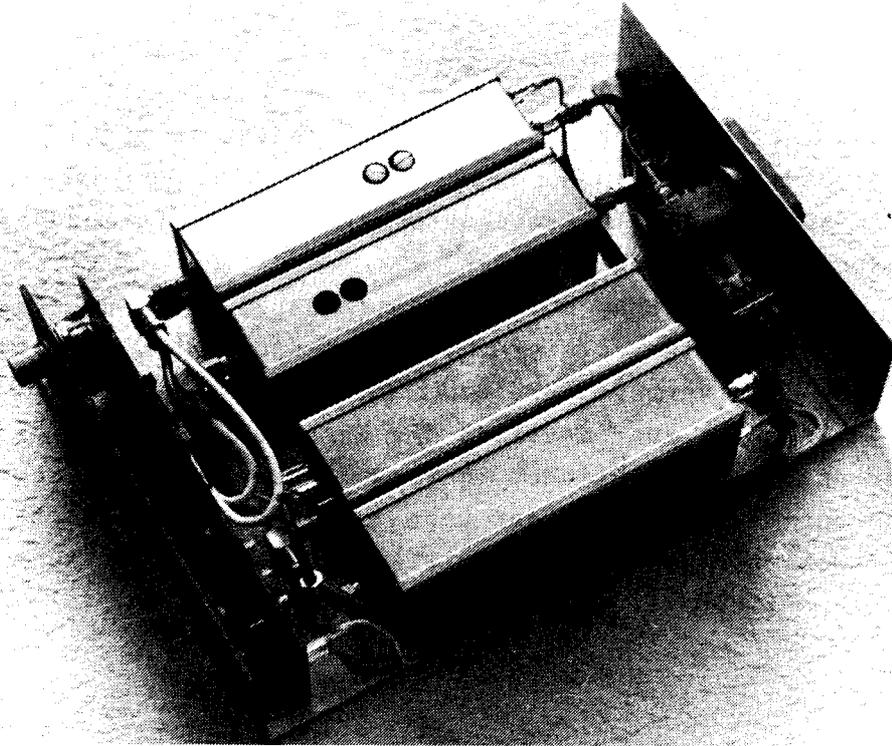
In den letzten Jahren hat sich die Tendenz zu schmalbandigen Betriebsarten auf 10 GHz deutlich verstärkt. Von guten Standorten aus konnten im Wettbewerb mehr als ein Dutzend SSB-Verbindungen hergestellt werden.

Der folgende Beitrag soll lediglich Anregungen zur eigenen Konstruktion eines kleinen, leichten und dennoch leistungsfähigen Transverters für 10 GHz geben. Die Microstripline-Technik erhöht zwar deutlich die Nachbausicherheit, es bleibt aber doch ein erheblicher Rest an Streuung und Unsicherheit. Eine optimale Funktion der angegebenen Mikrowellenschaltungen kann wohl nur mit guten Meßmitteln oder (und) mit sehr viel Geduld erzielt werden.



KOMPLETTE 10 GHz - SCHMALBAND - STATION DL 1 RQ

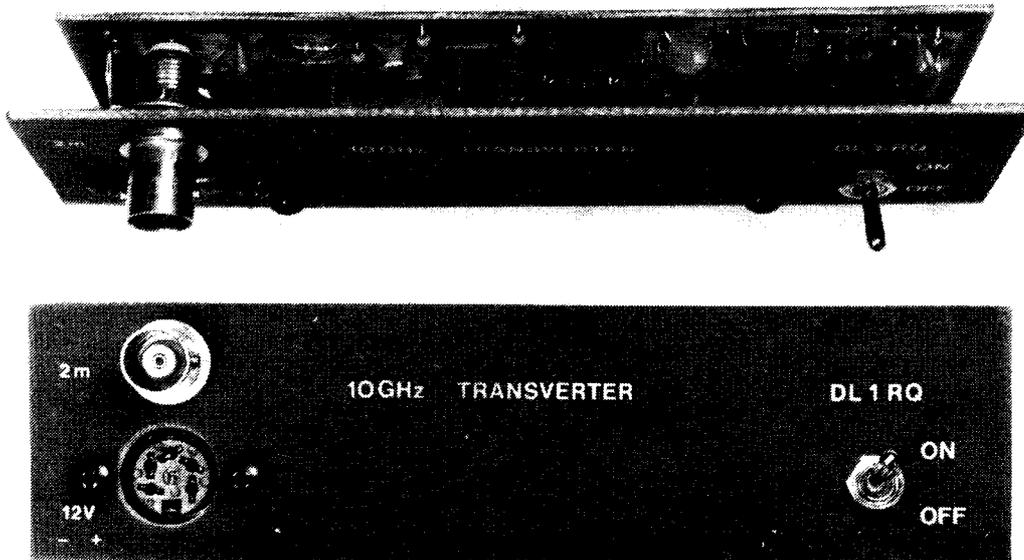
GESAMTAUFBAU DER STATION



0.2

STROMVERSORGUNGS-, UMSCHALTUNGS- UND FRONTPLATTEN - BAUSTEINDL 1 RQ 001ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Die Frontplatte wurde zusammen mit der Spannungsversorgungs- und Schaltplatine als kompakte Einheit aufgebaut, um möglichst viel Platz einzusparen. Die Schaltung enthält die übliche Absicherung gegen Kurzschluß und Falschpolung, einen DC-DC-Wandler für -5V, eine Transistorumschaltung für die 12V-Betriebsspannung sowie eine Diodenumschaltung für die Zwischenfrequenz. Die Sende-Empfangs-Steuerung erfolgt über die (übliche) positive Schaltspannung aus der Antennenbuchse des Steuergerätes. ( Der Verfasser verwendet als Steuergerät ein FT290R. ) Das Dämpfungsglied im Empfangszweig ist als Vorschlag zu betrachten und kann natürlich den jeweiligen Verhältnissen angepaßt werden.

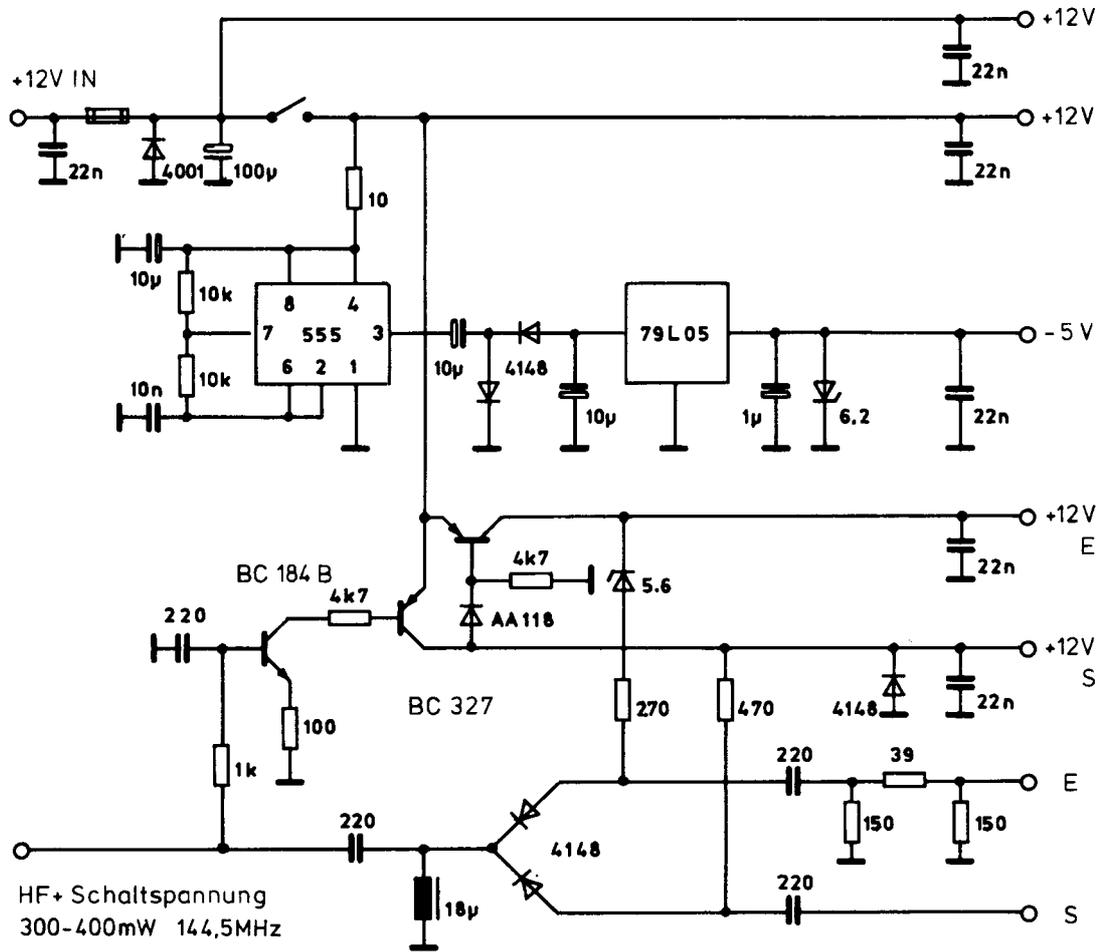


GESAMTANSICHT      BAUSTEIN   DL 1 RQ 001

FRONTPLATTE:      PLATINE, EPOXYD 1,5mm,   doppelseitig

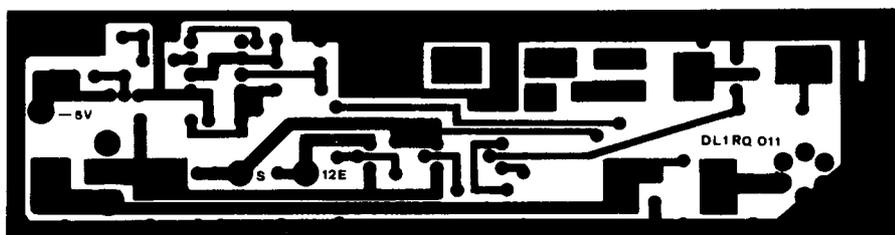
1.1

SCHALTBILD



ACHTUNG: Die Diode AA118 darf nur durch eine andere GERMANIUM-Diode oder eine Schottky-Diode ersetzt werden !

LEITERPLATTE



STROMVERSORGUNGS-und SCHALT-PLATINE DL 1 RQ 011  
Maßstab 1:1 Epoxyd 1,5mm einseitig



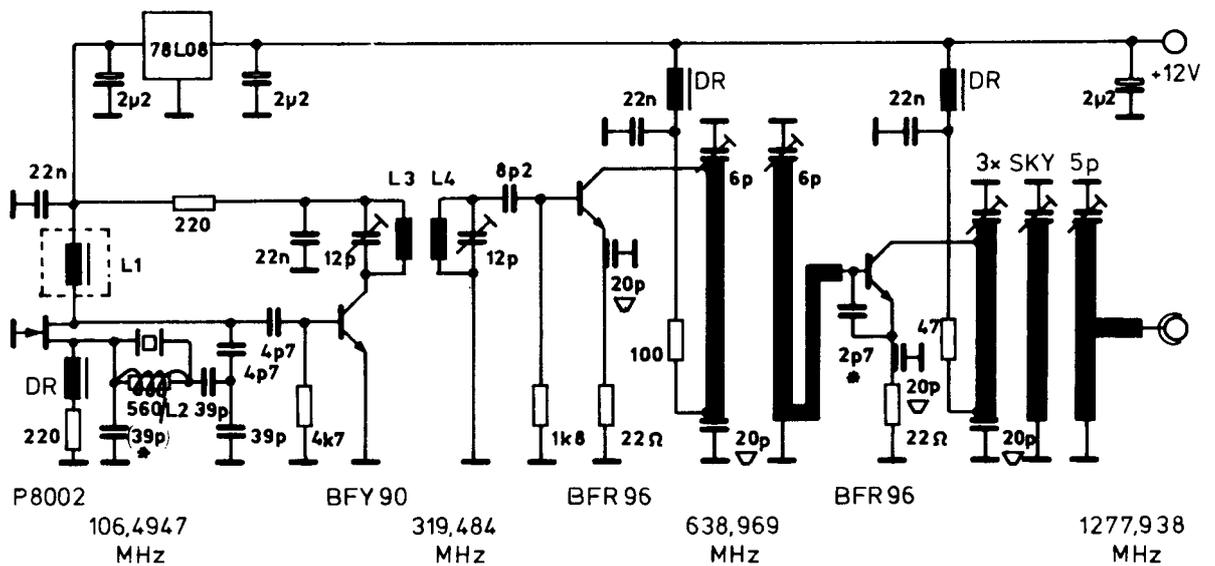
OSZILLATORBAUSTEIN FÜR 1278 MHz

DL 1 RQ 002

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG:

Der Oszillatorbaustein ist vierstufig aufgebaut. Er wurde unter Berücksichtigung aller Forderungen einer weiteren Veracht-fachung auf 10224 MHz erstellt. Beginnend mit einem bewährten und rauscharmen Quarzoszillator mit dem Leistungs-FET P8002 wird in der folgenden Stufe die Frequenz mit einem BFY 90 verdreifacht. Es folgt eine Verdopplerstufe mit einem BFR 96. Diese steuert über ein Stripline-Bandfilter einen weiteren BFR 96 Verdoppler. Am Ausgang wird die Sollfrequenz mit einem drei-kreisigen Stripline-Filter ausgekoppelt.

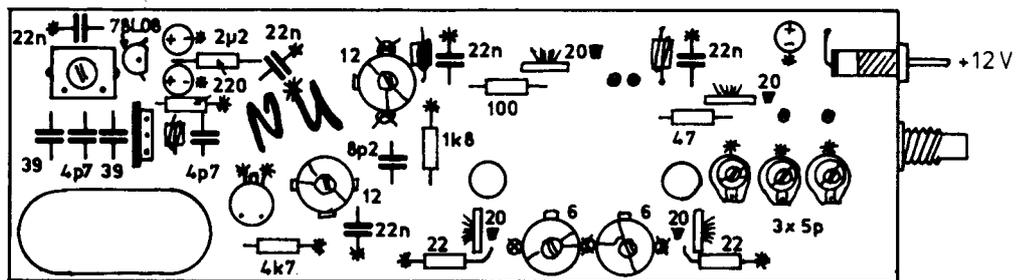
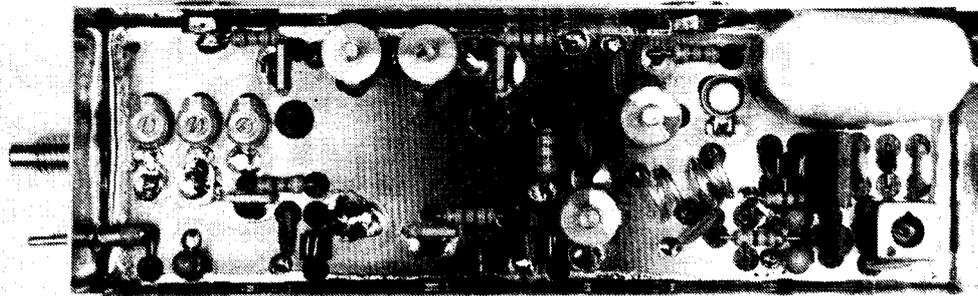
SCHALTBILD:



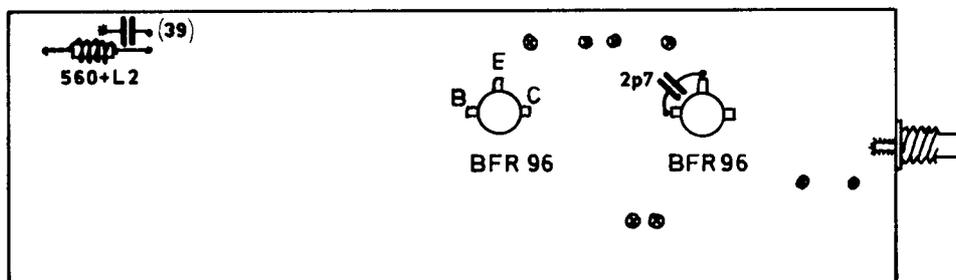
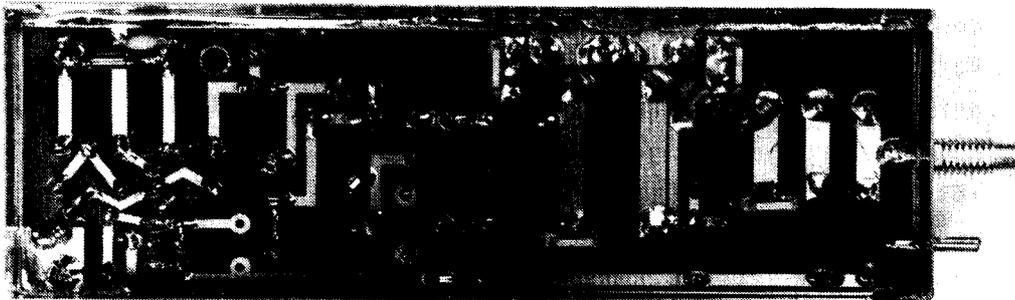
L1	8Wdg	0,4 CuL	4mm Spulenkörper mit UKW-Kern und Becher 7x7mm <sup>2</sup>
L2	18Wdg	0,2 CuL	auf 560 Ohm Widerstand mit 3mm Ø
L3	1,5Wdg	1,0 CuAg	auf 5mm Ø Dorn freitragend
L4	wie L3		
DR	2Wdg	0,4 CuL	in 5mm langer Ferrit-Perle

2.1

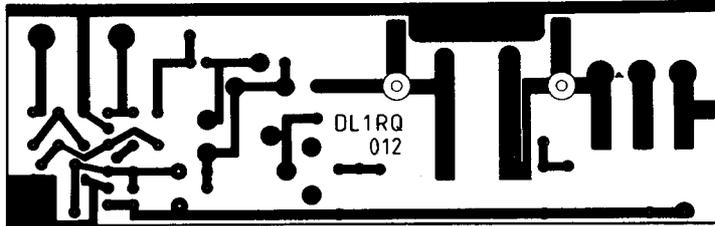
AUFBAU



BESTÜCKUNG DER PLATINE DL 1 RQ 012  
 Weißblechgehäuse 37x111x30 mm<sup>3</sup>



BESTÜCKUNG DER LEITERSEITE DER PLATINE DL 1 RQ 012

LEITERPLATTE

OSZILLATORBAUSTEIN FÜR 1278 MHz DL 1 RQ 012  
 Maßstab 1:1 Epoxyd 1,5mm doppelseitig  
 Massefläche durchgehend auf der Bestückungsseite

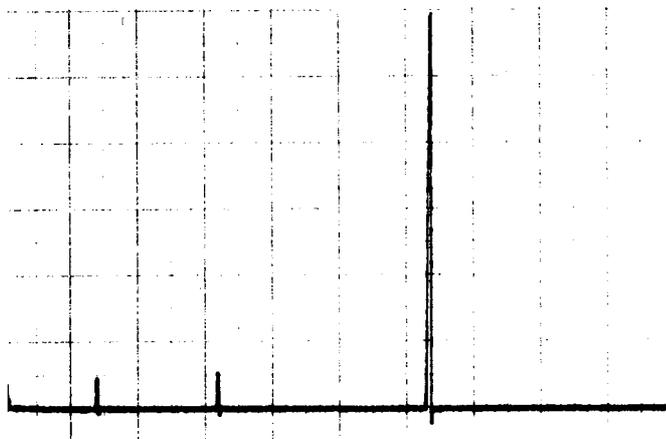
AUFBAUHINWEISE

Zunächst werden alle Bohrungen angefertigt. Für den Körper der BFR 96 werden 5,5mm Ø Löcher benötigt. Die Schlitz für die Trapezkondensatoren werden gesägt, dabei wird gleich auf der spannungsführenden Seite der Kondensatoren die Massefläche abgeschabt um Kurzschlüsse zu vermeiden. Die Durchkontaktierungen (Symbol ⊗) der kalten Enden der Streifenleitungen werden mit 1,5mm Ø Kupferdraht vorgenommen. Die Durchkontaktierungen an den Massefahnen von drei großen Trimmern werden mit den Fahnen selbst durchgeführt. Weitere Kontaktierungen sind nicht erforderlich. Einseitig an Masse liegende Bauelemente werden, sofern keine Bohrungen vorgesehen sind, stumpf mit der Massefläche verlötet (Symbol \*). Dies gilt insbesondere für den Emitter- und Gehäuseanschluß des BFY 90, die knapp am Gehäuse abgebogen werden. Alle anderen Bauelemente werden - nach Abfräsen der Massefläche rund um die Bohrungen - nur auf der Leiterseite verlötet. Insbesondere darf der Gate-Anschluß des P8002 sowie die Masse-seite des 39pF Kondensators keine Berührung zur Massefläche auf der Bestückungsseite haben. Die genannten Anschlüsse erhalten ihre Masse über eine eigene (induktivitätsbelegte!) Leiterbahn. Auf der Leiterseite werden neben den beiden BFR 96 noch drei Bauteile eingelötet. (Bauteile sind im Schaltplan mit \* bezeichnet.) Die Montagehöhe der Platine im Weißblechgehäuse richtet sich nach der Höhe des HC-6U Quarzes bzw. der entsprechenden Thermoisolierung. Hierbei ist eine dünne Teflonlage zwischen Quarzboden und Massefläche als thermische Entkopplung zu berücksichtigen.

2.3

MESSWERTE

Ausgangsleistung:  $P \cong 50\text{mW}$   
 Stromaufnahme:  $J(12\text{V}) = 110\text{mA}$   
 (ohne Thermostat)

AUSGANGSSPEKTRUM

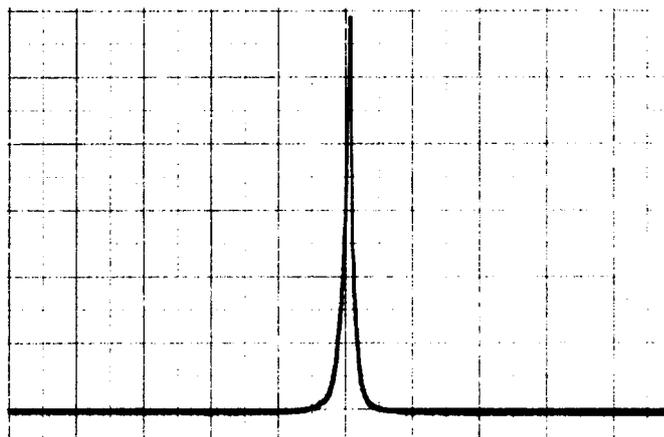
hp 8551B/851B

vertikal: 10dB/cm

horizontal: 200MHz/cm

Mittenfrequenz: 1000MHz

Ausgangsleistung: 55 mW



hp 8551B/851B

vertikal: 10dB/cm

horizontal: 100 kHz/cm

Mittenfrequenz: 1278MHz

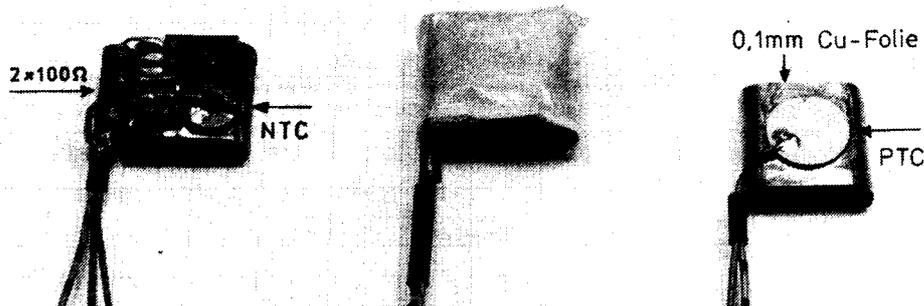
Ausgangsleistung: 55mW

QUARZTHERMOSTAT

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

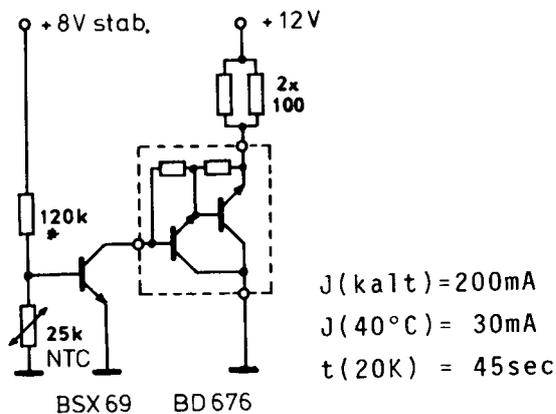
Es wurden zwei Thermostatversionen entwickelt.  
 Die 40°C - Version ist mit Transistoren und normalen Kohle-schicht Heizwiderständen aufgebaut. Als Temperaturfühler dient eine unvergossene NTC-Scheibe. Dieser Thermostat arbeitet sehr präzise und stromsparend.  
 Die 60°C - Version ist lediglich mit einer Siemens PTC-Scheibe aufgebaut und daher besonders einfach. Beim Verfasser bewährte sich ein 10 Ohm Widerstand in Serie zur PTC-Scheibe, um den beträchtlichen Anlaufstrom von 1,4 A auf etwa 0,7 A zu begrenzen. Eine Verschlechterung der Daten konnte nicht festgestellt werden.

AUFBAU



Links: 40°C - Version    Mitte: Schaumstoff-isolierung    Rechts: 60°-Version  
 PTC Typ Siemens  
 P 310-A 60,40°C

SCHALTBILD DER 40°C-VERSION



Hinweis:  
 Die Gleichgewichtstemp. liegt immer über der angegebenen Temperatur für Verdopplung des Widerstandwertes !  
 J(kalt) = 1,4 A  
 J(60°C) = 70 mA  
 t(40K) = 90sec

TRANSISTORVERACHTFACHER VON 1278 MHz AUF 10224 MHz DL 1 RQ 003ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

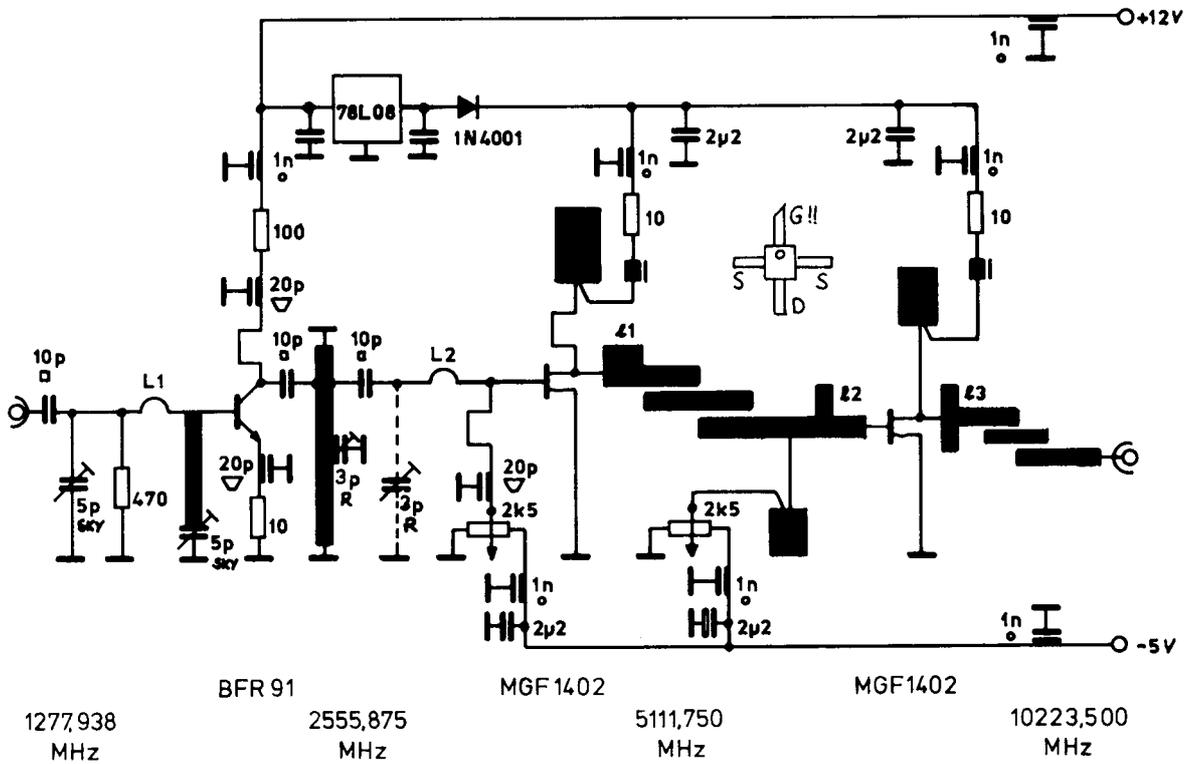
Der Verachtbacherbaustein besteht aus drei hintereinander geschalteten Verdopplerstufen. Der erste Verdoppler mit dem Transistor BFR 91 zeigt am Eingang hervorragende Anpassung. Er arbeitet auf einen  $\lambda/2$  - Streifenleitungskreis, an dem etwa 60mW an 50 Ohm bei 2556 MHz anstehen. Der zweite Verdoppler ist mit einem GaAsFET MGF 1402 bestückt, der nach dem Striplinefilter etwa 60 mW an 50 Ohm auf 5112 MHz liefert. Wenn diese Stufe für sich allein aufgebaut werden soll, kann mit dem angedeuteten Rohrtrimmer am Eingang eine recht gute 50 Ohm Anpassung erzielt werden. Im Gesamtaufbau ist dieser Trimmer nicht notwendig. Die dritte Verdopplerstufe ist ebenfalls mit dem GaAsFET MGF 1402 aufgebaut. Die Eingangstransformation wurde für 50 Ohm ausgelegt, im Ausgang befindet sich ein Striplinefilter. Die erzielbare Ausgangsleistung hängt vom jeweiligen Transistorexemplar ab und liegt zwischen 30 mW und 50mW. Die Subharmonische bei 5112 MHz ist mit etwa 25 dB unterdrückt. Dieser Wert ist im Gesamtkonzept des 10 GHz-Sende-Empfängers mehr als ausreichend, da sowohl nach dem Sendemischer als auch vor dem Empfangsmischer sehr schmale Hohlraumresonatorfilter angeordnet sind.

Um eine höhere Unterdrückung der Subharmonischen bei 5112 MHz zu erzielen, wurde eine Variante mit einem 10 GHz-Zweikreis-Hohlraumresonatorfilter im Ausgang erprobt. In dieser Version liegt die Unterdrückung der Subharmonischen bei einem Wert größer als 60 dB. Somit eignet sich diese Version zum Beispiel als Bakensender oder als hochstabile Eichquelle.

Nach erfolgtem Abgleich und bei ständigem Betrieb zusammen mit dem Oszillatorbaustein kann sogar auf eine externe negative Spannung von -5 V verzichtet werden. Beide GaAsFET werden nämlich bis in den Gatestrombereich angesteuert, so daß sich die negative Gatespannung von selbst durch Gategleichrichtung aufbaut. Auf einen Anschluß für externe negative Spannung sollte trotzdem nicht verzichtet werden, da diese Spannung während des Abgleichvorganges benötigt wird.

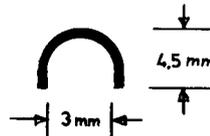
3.1

SCHALTBILD

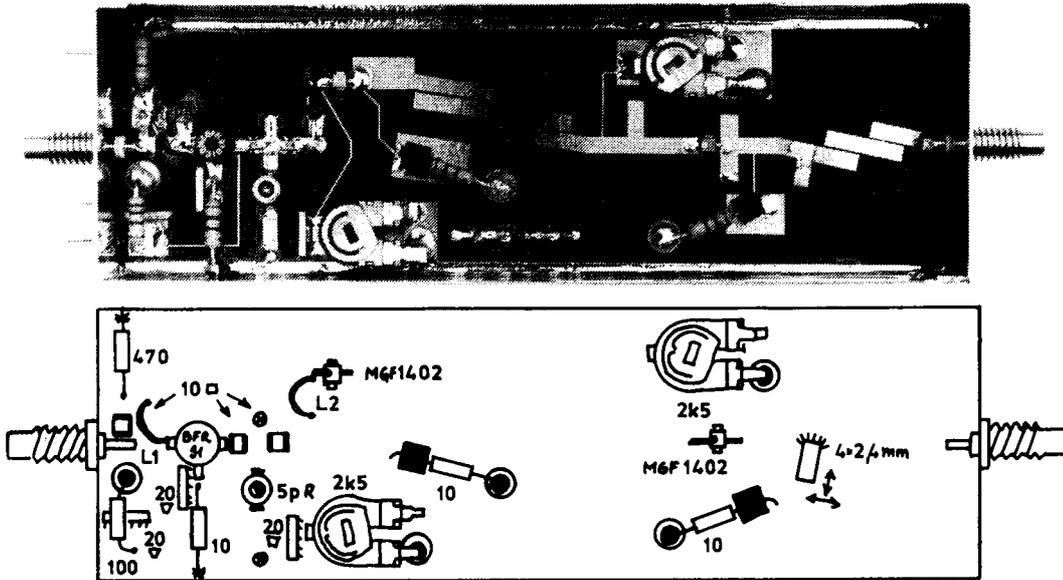


- Symbole:
- Chip-Kondensatoren 10 pF
  - ▽ Trapez-Kondensatoren 20 pF
  - Durchführungskondensatoren 1 nF
  - sky SKY-Folientrimmer grün 0,7 - 5 pF  
oder: Miniatur-Teflon-Folientrimmer 0,3-5pF
  - R Keramische Miniatur-Rohrtrimmer 0,5 - 3 pF

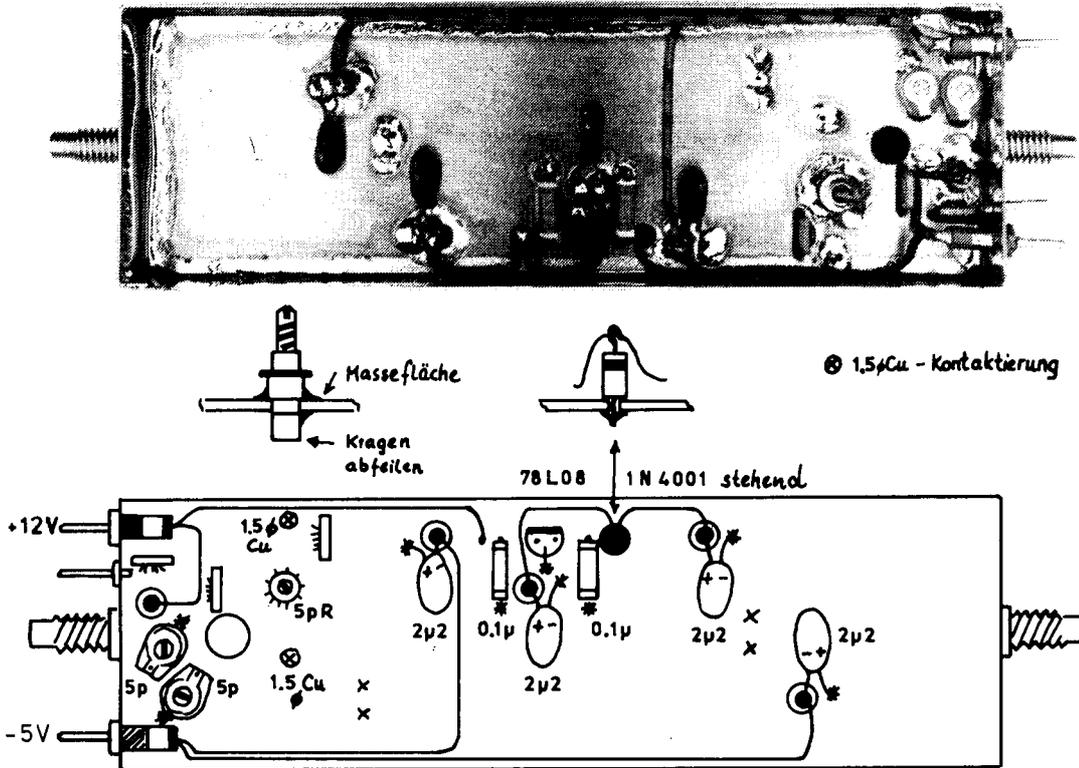
L1      0,5 Wdg      0,5 Cu  
 L2      wie L1



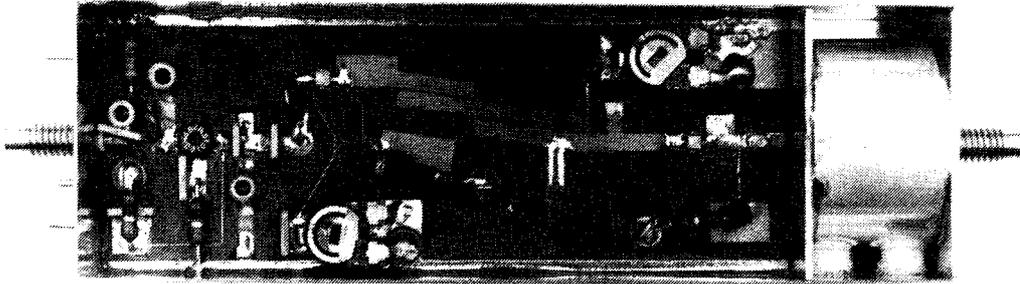
AUFBAU



BESTÜCKUNG DER LEITERSEITE VERACHTFACHER DL 1 RQ 003 Stripline  
 Weißblechgehäuse 37x111x30 mm<sup>3</sup>

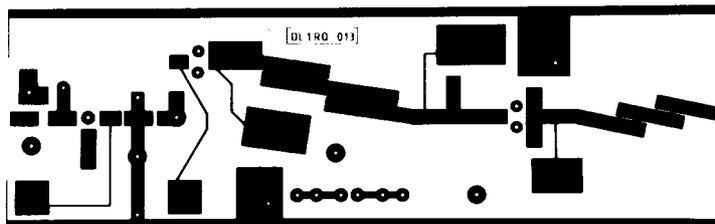


BESTÜCKUNG DER MASSESEITE VERACHTFACHER DL 1 RQ 003 Stripline  
 Weißblechgehäuse 37x111x30 mm<sup>3</sup>



TESTAUFBAU DES VERACHTFACHERS DL 1 RQ 003 Hohlraum-Version  
 Weißblechgehäuse 37x111x30 mm<sup>3</sup> (eine Stirnwand entfernt)

### LEITERPLATTE



PLATINE DES FREQUENZVERACHTFACHERS DL 1 RQ 013  
 Maßstab 1:1  
 RT/duroid D-5870 0,79 mm

### AUFBAUHINWEISE

Die SMC-Buchsen für Einlochmontage werden auf halber Gehäusehöhe in der Mitte der Stirnflächen von außen auf das Weißblech gelötet. Auf gutes "Durchlöten" muß geachtet werden, damit kein Hochfrequenzumweg für die Masse entsteht. Die nach innen überstehende Teflonisolierung wird auf der Montageseite der Platine bis zum Innenleiter mit einem scharfen Messer entfernt, so daß die Platine auf dem Innenleiter der Buchsen aufliegen kann. Die Platine wird gebohrt, an den notwendigen Stellen wird

die Massefläche rund um die Bohrungen abgefräst (Vorsicht: Teflon ist sehr weich !!). Die Schlitzlöcher für die Trapezkondensatoren werden angebracht, wobei gleich auf der jeweils richtigen Seite die Massefläche leicht abgenommen wird. Diese so vorbereitete Platine wird nun in das Gehäuse eingepaßt und auf die Innenleiter der SMC-Buchsen aufgelegt und in dieser Höhe rundherum und auf beiden Seiten mit dem Weißblechgehäuse verlötet. Zu dieser Arbeit fertigt man sich vorteilhafterweise einen auf Maß gefeilten Holzklotz zum Unterlegen an, da die weiche Teflonplatine leicht zum Durchbiegen neigt. Die Platine wird nun nach Bestückungsplan aufgebaut. Zum Schluß werden unter Beachtung sämtlicher Sicherheitsmaßnahmen bezüglich statischer Spannungen die beiden GaAs-Feldeffekttransistoren eingelötet. Hierzu werden die Gate- und Drainfahnen gekürzt und die Sourcefahnen direkt am Gehäuse nach unten abgebogen, durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt und mit der Massefläche verlötet.

#### ABGLEICHHINWEISE

Nach Kontrolle des Aufbaues werden die 2,5 Kiloohm-Trimmer für die Gatespannung auf Mittenstellung gebracht. Der Eingangstrimmer wird auf halbe Kapazität, der Trimmer am Basissaugkreis auf kleinste Kapazität und der Kreistrimmer auf halbe Kapazität gedreht. Der Verachtfacher wird zunächst mit geringer Leistung von ca. 10mW auf 1278 MHz angesteuert, wobei mit Hilfe eines Richtkopplers der Rückfluß am Eingang beobachtet werden sollte. Nach Optimierung der Trimmereinstellungen sollten jetzt bei hervorragender Eingangsanpassung bereits einige Milliwatt am Ausgang bei 10224 MHz zu messen sein. Das Verändern der Gatespannungstrimmer sollte natürlich vorsichtig und unter Beobachtung der Gesamtstromaufnahme erfolgen. Die Steuerleistung kann nun unter nochmaligem Feinabgleich auf den gewünschten Wert von etwa 40 mW bis 70 mW angehoben werden.

Nun folgt der schwierigste Teil des Abgleichs. Durch vorsichtiges Verschieben eines ca. 4x2,4 mm<sup>2</sup> großen Kupferblechstreifens (entlang und quer zur Richtung der Streifenleitung) zwischen 23 und dem Eingang des Striplinefilters (nahe beim Filtereingang)

wird die Ausgangsleistung optimiert. Der Blechstreifen muß bei jedem Versuch aufgelötet werden, da die Kontaktgabe bei bloßem Berühren falsche Verhältnisse vortäuscht. (Die Lage des Blechstreifens ist sehr kritisch !). Der Gatespannungstrimmer muß in diese Optimierung mit einbezogen werden. 30 mW Ausgangsleistung sollten in jedem Fall erreicht werden. Versuche mit vorsichtigem Kürzen von  $L_2$  sollten nur dann unternommen werden, wenn die Ausgangsleistung von 30 mW nicht erreicht wird. Dieser Endabgleich erfordert sehr viel Geduld eine ruhige Hand und gute Nerven.

Beim Verfasser wurden drei Verachtfacher in Stripline-Version und zwei Versionen mit Hohlraumresonator im Ausgang gebaut. Die Ausgangsleistungen lagen bei den Stripline-Versionen bei 30 mW, 38 mW und 40 mW. Bei den beiden Verachtfachern mit Hohlraumresonator ergaben sich 35 mW und 45 mW Ausgangsleistung. Bei der Hohlraumresonator-Version verlagert sich das Optimierungsverfahren auf die Eintauchtiefe der Koppellemente in den Resonator zusammen mit seiner Abstimmung.

#### MESSWERTE

Ausgangsleistung:  $P_o \geq 30 \text{ mW}$

Eingangsleistung:  $P_i \geq 20 \text{ mW}$

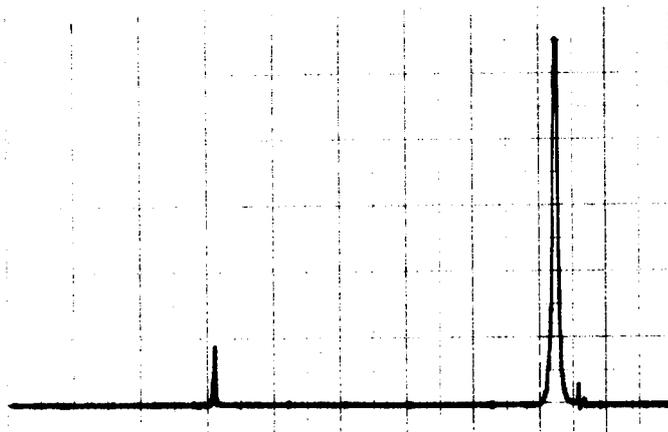
Stromaufnahme:  $J(12V) = 80 \text{ mA}$

$J(-5V) = 2,5 \text{ mA}$

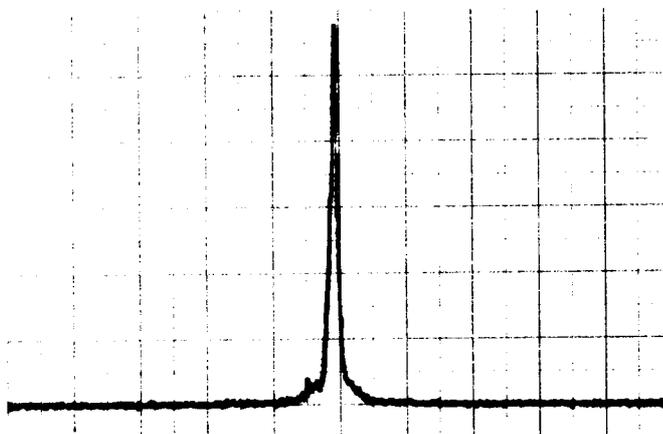
5112 MHz - Unterdrückung:

Stripline-Version:  $>25 \text{ dB}$

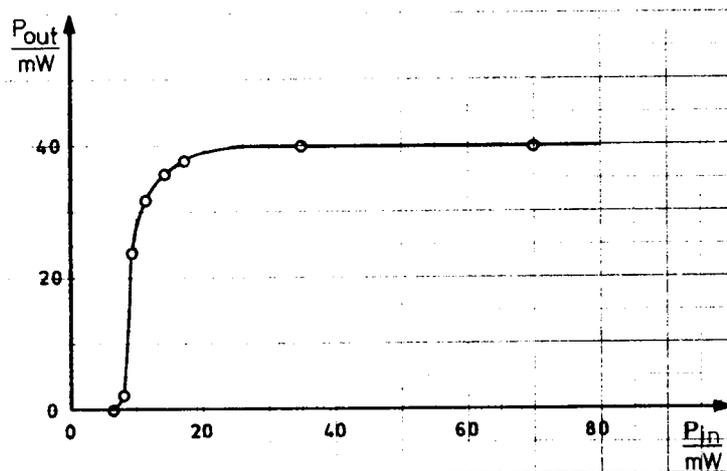
Hohlraum-Version:  $>60 \text{ dB}$



hp 8441A / 420A / Log.Amp.  
vertikal: 5 dB/cm  
horizontal: 1000 MHz/cm  
Mittenfrequenz: 7000 MHz  
Ausgangsleistung: 40 mW



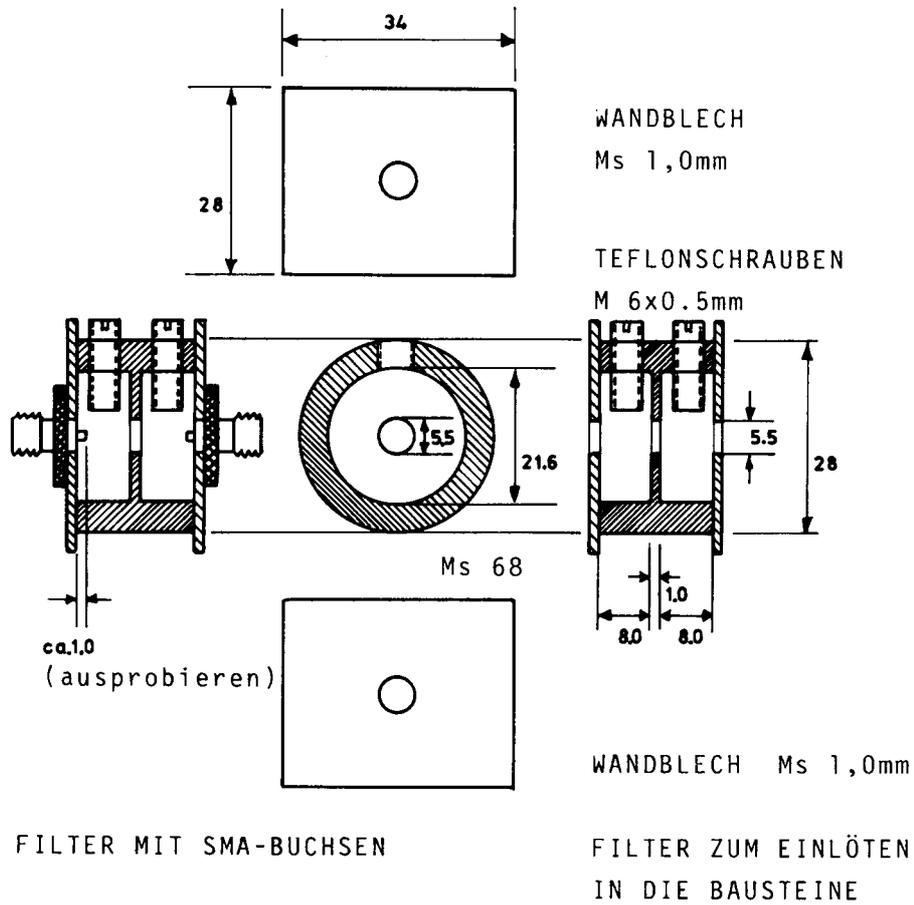
hp 8551B/851B  
vertikal: 10 dB/cm  
horizontal: 100 kHz/cm  
Mittenfrequenz: 10224 MHz  
Ausgangsleistung: 40 mW



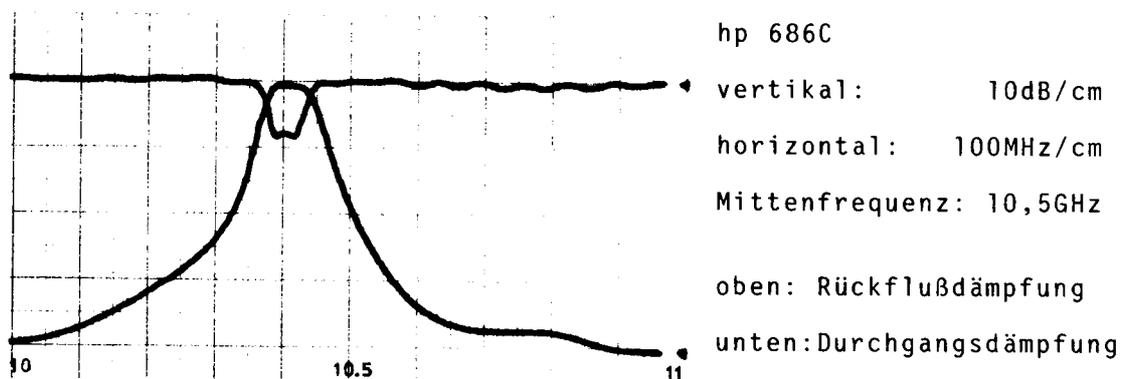
Zusammenhang zwischen Eingangsleistung bei 1278 MHz und Ausgangsleistung bei 10224 MHz des Verachtfachers DL 1 RQ 003

10 GHz - ZWEIKREIS - HOHLRAUMRESONATORFILTER

Mit freundlicher Genehmigung nach Angaben von DC 8 NV gebaut



MESSWERTE DES FILTERS



10 GHz - EMPFÄNGER - BAUSTEIN

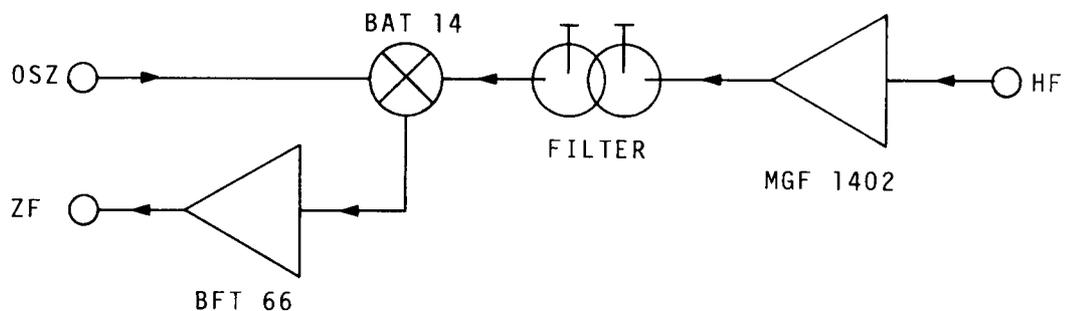
DL 1 RQ 004

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Das vom Antennenrelais kommende Empfangssignal wird zunächst einem rauschangepaßten GaAs-FET-Verstärker mit dem Transistor MGF 1402 zugeführt. Es folgt ein zweikreisiges Filter um das unerwünschte Seitenband zu unterdrücken. In einem Eintaktmischer mit der Diode BAT 14 wird das verstärkte und gefilterte Eingangssignal mit dem Oszillatorsignal auf die Zwischenfrequenz umgesetzt. Versuche mit Gegentaktmischern brachten - wohl wegen der höheren Transformationsverluste - keine meßbar besseren Ergebnisse. Ein rauscharmer, breitbandiger Zwischenfrequenzverstärker ( 10MHz - 1GHz ) mit dem Transistor BFT 66 schließt sich an die Mischdiode an. Die Breitbandigkeit von Mischer und Zwischenfrequenzverstärker erlaubt bei entsprechender Änderung der Oszillatorfrequenz auch die Verwendung höherer Zwischenfrequenzen als 144 MHz.

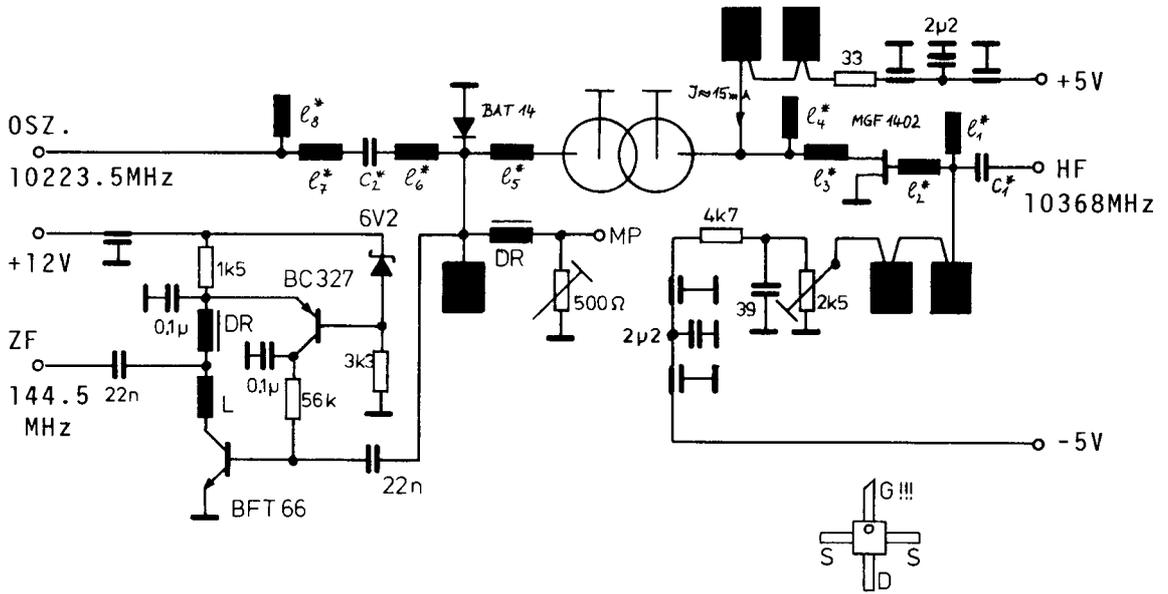
MESSWERTE

Rauschmaß:	$F \approx 2,5\text{dB}$
Oszillatorleistung:	$P_o \approx 1\text{mW}$
Verstärkung:	$V \approx 20\text{dB}$
Stromaufnahme:	J(+5V) = 15mA
	J(-5V) = 0,7mA
	J(12V) = 5,5mA

BLOCKSCHALTBILD

4.1

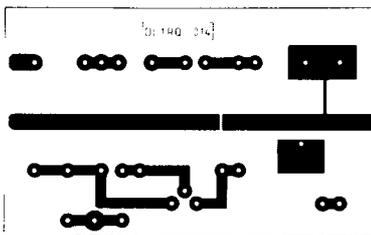
SCHALTBILD



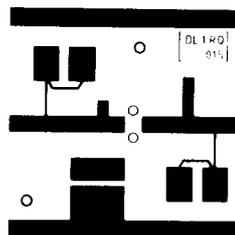
\* bezeichnet Stripline-Elemente  
 L 4,5 Wdg 3,0  $\emptyset$  Dorn 0,4 CuL  
 DR 2 Wdg auf 6mm Ferritperle 0,4 CuL

Anschlußbelegung  
 MGF-1402

LEITERPLATTEN

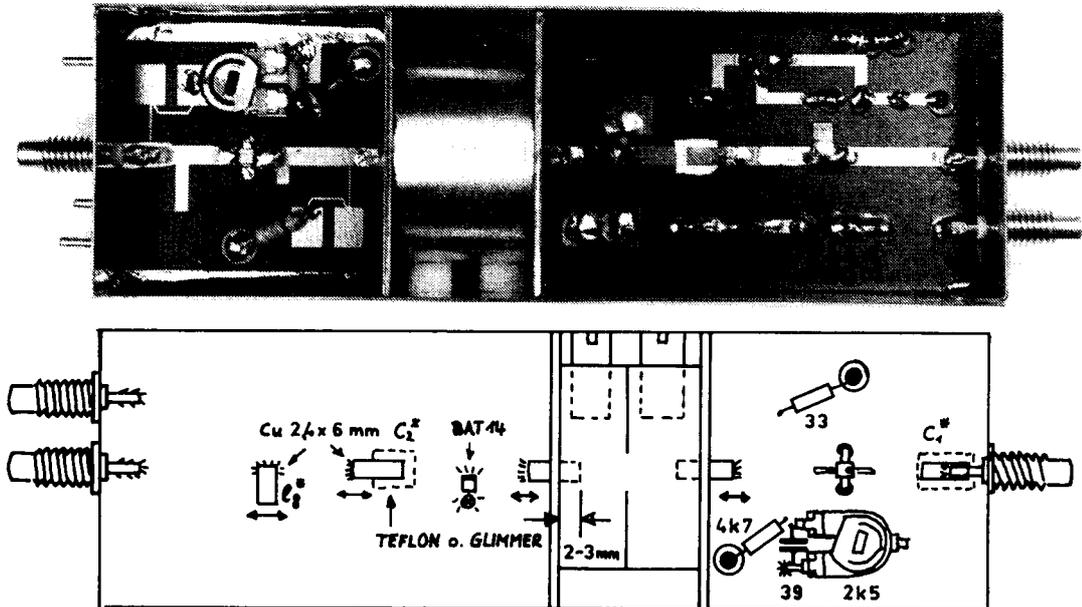


MISCHERPLATINE  
 Maßstab 1:1  
 RT/duroid D-5870 0,79mm

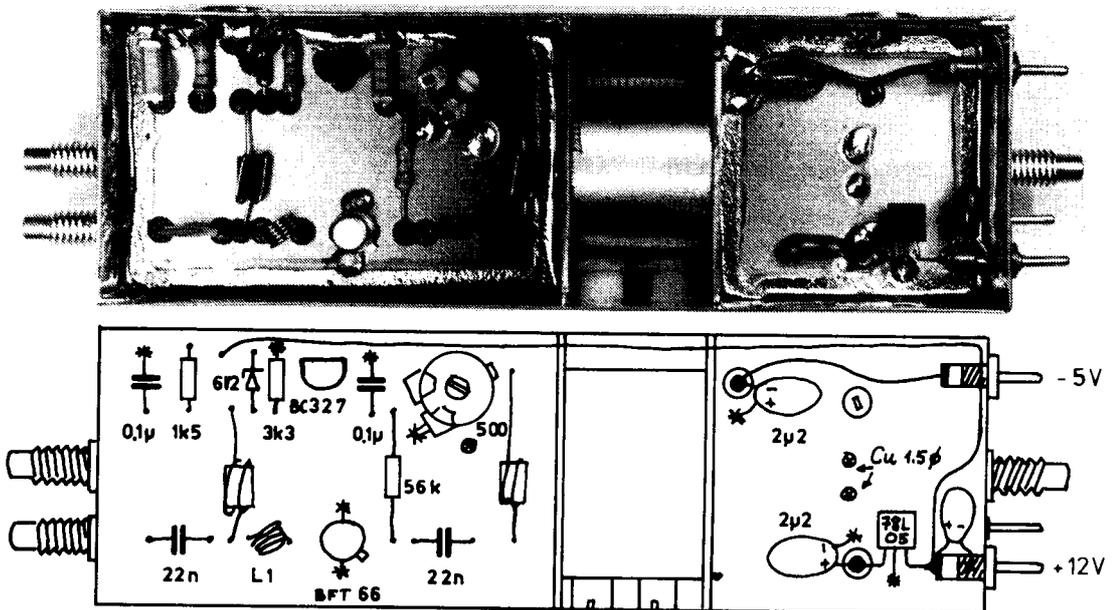


GaAs-FET-VERSTÄRKERPLATINE  
 Maßstab 1:1  
 RT/duroid D-5870 0,79mm

AUFBAU



BESTÜCKUNG DER LEITERSEITE  
 Weißblechgehäuse 37x111x30mm



BESTÜCKUNG DER MASSESEITE  
 Weißblechgehäuse 37x111x30mm

Der Baustein ist in Abänderung zum Schaltplan für 12V-Betrieb ausgerüstet.

AUFBAUHINWEISE

Die SMC-Einlochmontagebuchsen werden auf halber Gehäusehöhe nach Maßgabe der Platinen von außen auf das Weißblech gelötet. Die nach innen überstehende Teflonisolierung wird auf der Montageseite der Platinen bis zum Innenleiter mit einem scharfen Messer entfernt, so daß die Platinen auf dem Innenleiter der Buchsen aufliegen können.

Die Mischerplatine wird gebohrt und mit einem Fräser äußerst vorsichtig um die Löcher herum von der Massefläche befreit. Einzige Ausnahme bildet die "Durchkontaktierung" der Massefläche für die Mischdiode, welche mit 1,5mm Ø Kupferdraht erfolgt, der mit einem "Vornschneider" sehr knapp abgeschnitten wird und vor dem beidseitigen Verlöten mit einem leichten Hammerschlag auf ebener Unterlage in die Platine eingienietet wird. Auf diese Weise wird ein Durchfallen des Kupferdrahtstückes beim Löten vermieden. Diese so vorbereitete Platine wird nun auf die Innenleiter der SMC-Buchsen aufgelegt und in dieser Höhe rundherum auf der Masseseite mit dem Weißblechgehäuse verlötet. Zu dieser Arbeit fertigt man sich vorteilhafterweise einen auf Maß gefeilten Holzklötz zum Unterlegen an. Zum Einlöten des Filters ist es notwendig, dieses zusätzlich zu erwärmen. Der Verfasser verwendet dazu einen 30 Watt LötKolben, für den ein passender Heizeinsatz mit 6x0,5mm Gewinde angefertigt wurde. Nachdem die entsprechenden Löcher im Weißblechgehäuse angebracht wurden, wird der Heizeinsatz in eine Bohrung für die Abstimmerschrauben eingedreht. Das vorgewärmte Filter kann so mit einem kleinen LötKolben allseitig mit dem Gehäuse und der Massefläche der Platine verlötet werden.

Die GaAs-FET-Verstärkerplatine wird zunächst an den bezeichneten Stellen mit 1,5mm Ø Kupferdrahtnieten für die Sourceanschlüsse versehen. Die "Nieten" werden analog zur Mischerplatine zuerst mechanisch befestigt und dann auf der Masseseite satt verlötet. Um eine glatte Lötfläche für die Sourcefahnen des GaAs-FET zu erhalten, müssen die Niete auf der Bestückungsseite plan abgeschnitten sein. Ein bloßes Durchstecken der Sourcefahnen zur Massefläche bringt an dieser Stelle kein brauch-

bares Ergebnis, da für diese Anschlußart die Transformations-elemente anders bemessen werden müßten. Bevor diese Platine eingepaßt und rundherum mit dem Gehäuse und dem Filter verlötet wird, muß der Koppelkondensator am Eingang vorbereitet werden. Dazu dient ein Kupferstreifen mit den Maßen  $6 \times 2,4 \times 0,15$  mit dazwischengelegtem Teflon-Dichtungsband von 0,10mm Stärke. Anstelle des Teflonbandes kann auch ein mit einer Rasierklinge hauchdünn abgespaltenes Glimmerplättchen einer Transistorisolation hergestellt werden. Mit ruhiger Hand können nach einigen Versuchen Stärken von 0,01mm abgespalten werden. Beim Einlöten der Verstärkerplatine ist zu beachten, daß auch auf der Leiterseite eine Lötverbindung der Randstreifen mit dem Gehäuse hergestellt wird.

Der Empfängerbaustein wird nun bis auf die Mikrowellenhalbleiter bestückt. Beim Transistor BFT 66 und den Bauteilen des GaAs-FET-Verstärkers muß auf besonders kurze Anschlußdrähte geachtet werden. Die Filter-Koppelstreifen und das variable Abgleichelement im Mischer bestehen aus Kupferstreifen von  $6 \times 2,4 \times 0,15$ mm. Der Stripline-Kondensator im Mischer wird analog zum Eingangskondensator im Verstärker hergestellt.

Zum Schluß werden unter Beachtung sämtlicher Sicherheitsmaßnahmen bezüglich statischer Ladung die Mikrowellenhalbleiter eingelötet. Die Anschlußfahnen müssen natürlich vorher auf geeignete Längen zurechtgeschnitten werden. Zum Löten der Halbleiter kann niedrigfließendes Lot verwendet werden. Beim Verfasser ergaben sich trotz Verwendung von Normalot keine Ausfälle. (Galliumarsenidkristalle sind temperaturfester als Siliziumkristalle ! )

#### ABGLEICHHINWEISE

Ein Grobabgleich ist zunächst ohne teure Meßmittel möglich. Der 500 Ohm Trimmer im Mischer wird auf maximalen Widerstandswert gedreht. An der SMC-Buchse des Oszillatoreingangs werden ungefähr 1 bis 3mW Oszillatorsignal angelegt. Wenn es möglich ist, sollte mit höherer Oszillatorquellenleistung unter Ver-

wendung eines 50 Ohm Dämpfungsgliedes gearbeitet werden. Am Meßpunkt MP wird ein Milliampèremeter nach Masse angeschlossen. Das Abgleichelement  $\lambda_8^*$  und der Kondensator  $C_2^*$  werden nun solange verändert, bis sich maximaler Diodenstrom einstellt. Anschließend wird das Instrument abgeklemmt und der Trimmer auf halben Widerstandswert gedreht.

Der Grobabgleich des GaAs-FET-Verstärkers beschränkt sich auf das Einstellen des Ruhestroms von etwa 15mA. Das Filter kann durch Abhören eines Eichsignals auf 10368 MHz durch Eindrehen der Teflonschrauben auf maximales Empfangssignal abgeglichen werden.

Ein Feinabgleich auf Rauschminimum erfordert einen Rauschmeßplatz. Alle bisher genannten Abgleichelemente einschließlich der Eintauchtiefe der Koppelfahnen in das Filter gehen in den Rauschabgleich ein. Ein endgültiger Abgleich im Gesamttransverter kann ohnehin nur zusammen mit dem Richtkoppler des Sendemischers und dem Verbindungskabel Sendemischer-Empfangsmischer durchgeführt werden. Wegen Exemplarstreuungen des MGF 1402 und durch die nur mäßige Reproduzierbarkeit der Anschlußbedingungen des Transistors kann ein "Spielen" mit einem zusätzlichen Abgleichplättchen von 6x2,4x0,15mm zwischen Element  $\lambda_1^*$  und Basisanschluß des MGF 1402 nützlich sein.

Grundsätzlich muß hier darauf hingewiesen werden, daß das wichtigste "Abgleichelement" die ( Engels- !! ) Geduld des Abgleichenden ist.

Nach erfolgter Rauschoptimierung sollte, um störende Einflüsse durch wechselnde Deckelkontakte auszuschließen, eine Kupferfolie als Deckel des GaAs-FET-Verstärkers rund um den Rand aufgelötet werden. Durch vorsichtiges Eindrücken dieser Kupferfolie kann unter Beobachtung des Rauschmaßes ein letzter Feinabgleich durchgeführt werden.

Beim Verfasser wurden zehn Empfängermodule gebaut und abgeglichen. Die Rauschmaße ergaben für fünf Geräte 3,5dB, für zwei Geräte 4,0dB und für drei Geräte 4,5dB.

10 GHz - SENDER - BAUSTEIN

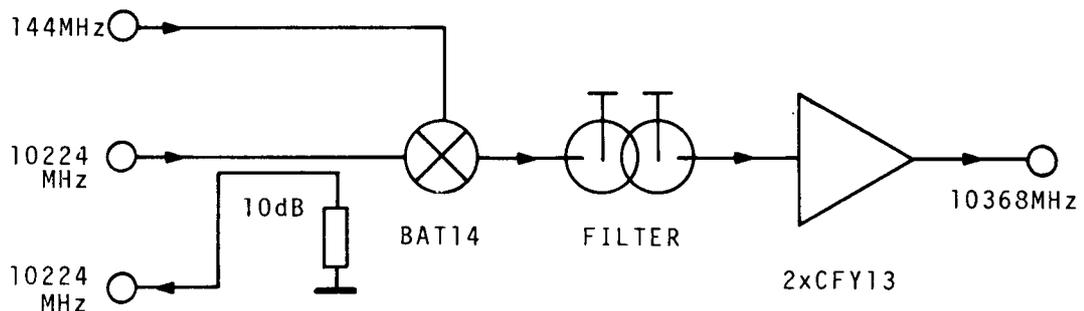
DL 1 RQ 005

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Vom Oszillatorsignal wird zunächst durch einen 10dB Strip-line-Richtkoppler die Oszillatorleistung für den EMPFANGS-BAUSTEIN ausgekoppelt. Anschließend gelangt das Oszillatorsignal zusammen mit dem 144MHz-Steuersignal auf die Mischdiode BAT14. Ein zweikreisiges Filter läßt das erwünschte Mischsignal passieren, welches anschließend in einem zweistufigen, linearen GaAs-FET-Verstärker auf die Ausgangsleistung angehoben wird. Die Breitbandigkeit der Mischerschaltung erlaubt bei entsprechender Änderung der Oszillatorfrequenz auch die Verwendung höherer Steuerfrequenzen als 144MHz.

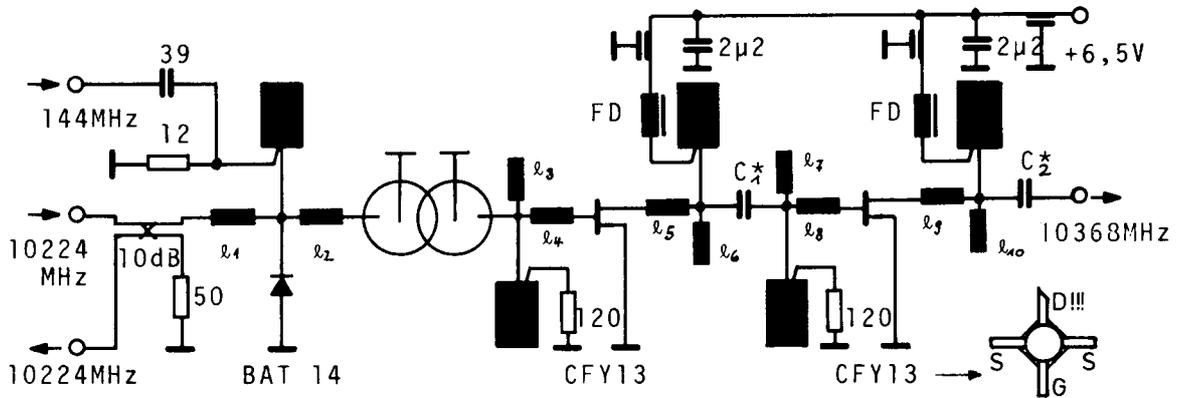
MESSWERTE

144,5MHz - Steuerleistung:	maximal 300mW
10223,5MHz - Oszillatorleistung:	größer 30mW
10223,5MHz - Ausgang Empfänger:	etwa 3mW
10368MHz - Ausgangsleistung:	Zwischen 80mW und 100mW *)
Stromaufnahme bei 6,5V:	Zwischen 70mA und 120mA *)
*) Stark abhängig von den Exemplarstreuungen der Transistoren	

BLOCKSCHALTBIID

5.1

SCHALTBILD

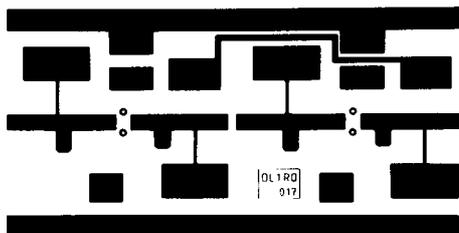
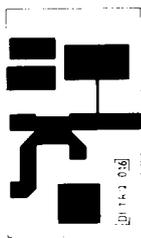


\* bezeichnet Stripline-Elemente

Der 50 Ohm Abschlußwiderstand des Richtkopplers sollte ein Chipwiderstand oder ein spezieller Stripline-Abschluß sein.

FD 6mm Ferritperle über Drahtstück

LEITERPLATTEN



MISCHERPLATINE

GaAs-FET-VERSTÄRKERPLATINE

Maßstab 1:1

Maßstab 1:1

RT/duroid D-5870

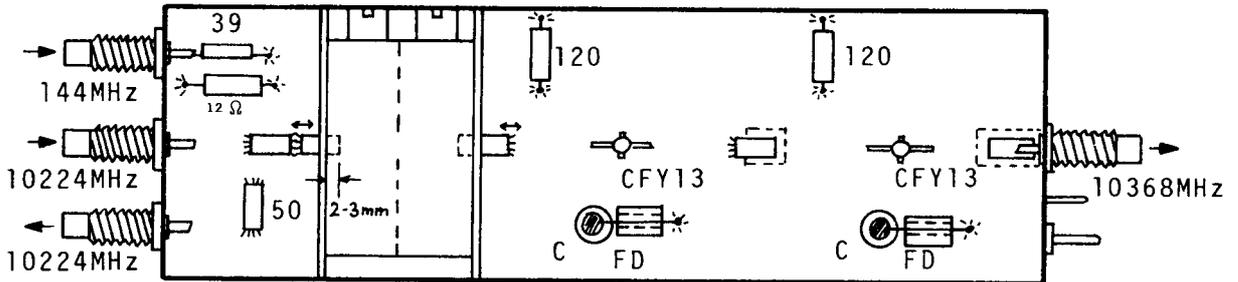
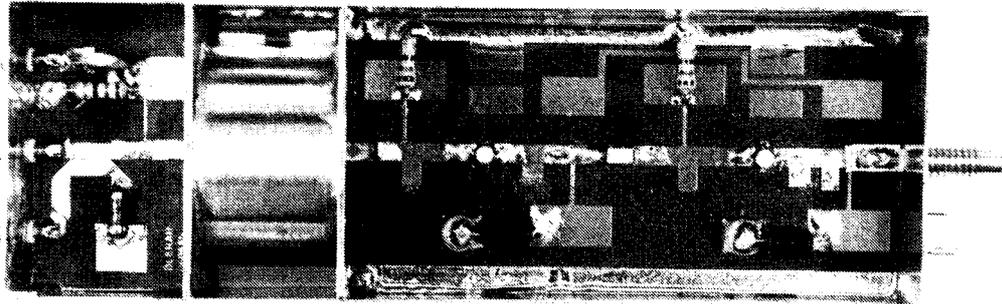
RT/duroid D-5870

0,79mm

0,79mm

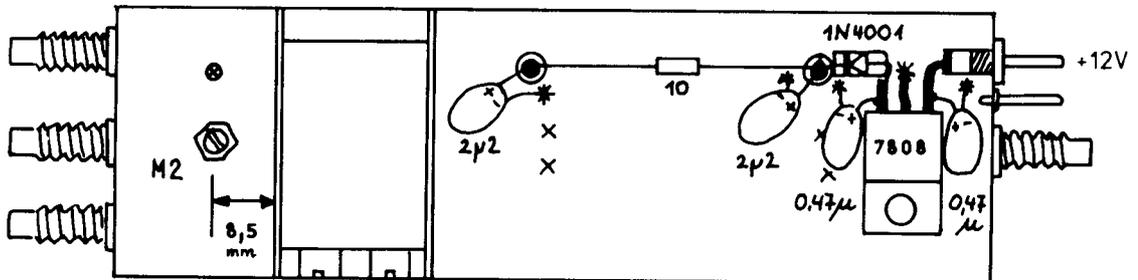
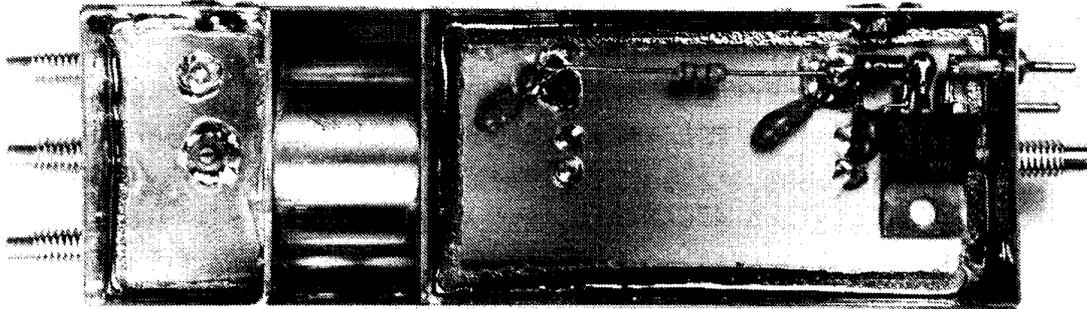
Hinweis: Der Luftspalt zwischen den Leitungen des Richtkopplers beträgt 0,06mm !!

AUFBAU



BESTÜCKUNG DER LEITERSEITE

Weißblechgehäuse 37x111x30mm



BESTÜCKUNG DER MASSESEITE

Weißblechgehäuse 37x111x30mm

AUFBAUHINWEISE

Die SMC-Einlochmontagebuchsen werden auf halber Gehäusehöhe nach Maßgabe der Platinen von außen auf das Weißblech gelötet. Die nach innen überstehende Teflonisolierung wird auf der Montageseite der Platinen bis zum Innenleiter mit einem scharfen Messer entfernt, so daß die Platinen auf dem Innenleiter der Buchsen aufliegen können.

Vor dem Einlöten der Mischerplatine in das Gehäuse wird die Halterung für die Mischdiode angefertigt. Dazu wird 8,5mm vom Filterende der Platine entfernt, in der Mitte der 50 Ohm Streifenleitung eine 2mm Ø Bohrung angebracht. Auf der Masseseite wird zentrisch zur Bohrung eine M2-Messingmutter aufgelötet. Das Loch in der Streifenleitung wird durch Auflöten eines 4x2,4x0,15mm Kupferplättchens wieder abgedeckt. Ein kurzer M2-Gewindebolzen kann nun die Diodenpille zwischen Streifenleitung und Masse einklemmen.

Die Masseseite des 50 Ohm-Chipwiderstands im Richtkoppler wird mit einer 6mm breiten Kupferfolie nach Masse durchkontaktiert. Der nötige Schlitz kann mit einem scharfen Messer in das weiche Platinenmaterial geschnitten werden.

Diese so vorbereitete Platine wird nun auf die Innenleiter der SMC-Buchsen gelegt und in dieser Höhe rundherum auf der Masseseite mit dem Weißblechgehäuse verlötet. Auf der Leiterseite wird lediglich die Masseinsel des 12 Ohm-Widerstands mit dem Gehäuse verbunden.

Das Filter wird analog zu den Aufbauhinweisen des EMPFANGS-BAUSTEINS eingelötet.

Die Verstärkerplatine erhält vor dem Einpassen in das Gehäuse Bohrungen von 0,8mm Durchmesser für die Source-Fahnen der Transistoren und Bohrungen für die Durchführungskondensatoren. Bevor die Verstärkerplatine auf der Masseseite und mit den Randstreifen der Leiterseite eingelötet wird, muß analog zum Eingangskondensator des EMPFANGS-BAUSTEINS der Ausgangskondensator vorbereitet werden. Der Koppelkondensator und die Koppelstreifen für das Filter werden analog zum EMPFANGS-BAUSTEIN angefertigt. Nach dem Einlöten aller passiven Bauteile werden die, vor-

her auf den Drain-Sättigungsstrom ausgemessenen (s.u.) GaAs-FET CFY13 eingelötet, wobei der Transistor mit dem größeren Sättigungsstrom in die Endstufe gesetzt wird. Die Source-Fahnen werden knapp am Gehäuse abgeknickt und durch Bohrungen der Platine zur Masseseite durchgesteckt und verlötet. Die Drain und Gateanschlüsse werden natürlich vor dem Löten entsprechend verkürzt. Daß bei diesen Tätigkeiten auf sämtliche Sicherheitsmaßnahmen bezüglich statischer Ladungen Rücksicht genommen werden muß, ist klar.

#### ABGLEICHHINWEISE

Die Streuung des Drain-Sättigungsstromes ( $J_{DSS}$ ) der vom Verfasser untersuchten Exemplare des CFY13 reichte von 30mA bis über 80mA, wobei sich eine Häufung um 40mA und um 60mA zeigte. Transistoren mit niedrigen Sättigungsströmen wurden als Treiber und jene mit den höchsten Strömen in der Endstufe eingesetzt. Zur Messung der Drain-Sättigungsströme wurde eine Testfassung gebaut, mit der gleichzeitig das Gate und die beiden Source-Anschlüsse großflächig auf Masse gelegt werden. Der Drain-Anschluß wird über ein Milliampereometer zur  $J_{DSS}$ -Messung mit einer Spannung von +5 Volt verbunden.

Als Abgleichelemente des SENDER-BAUSTEINS stehen zunächst nur die beiden Abgleichschrauben des Filters sowie die Eintauchtiefe der Koppelleitungen zur Verfügung. Durch wechselseitiges Abstimmen auf maximale Ausgangsleistung werden die Filtereigenschaften optimiert.

Bedingt durch Streuung der S-Parameter sowie durch die nur mäßige Reproduzierbarkeit der Anschlußbedingungen der Transistoren kann ein "Spielen" mit zusätzlichen Abgleichplättchen von  $6 \times 2,4 \times 0,15$ mm zwischen Koppelkondensator  $C_1^*$  und Streifenleitungselement  $\lambda_7^*$  sowie zwischen  $\lambda_{10}^*$  und dem Auskoppelkondensator  $C_2^*$  zu optimaler Ausgangsleistung verhelfen.

Während des Abgleichvorgangs sollte ständig darauf geachtet werden, daß der Verstärker keine Eigenschwingungen produziert. Wenn die Möglichkeit besteht, ist der Abgleich mit einem Spektrum-

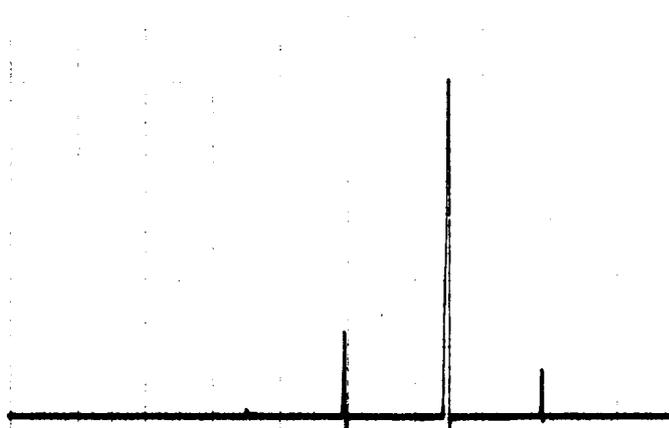
analysator durchzuführen.

Da es beim Aufsetzen des Blechdeckels leicht zu Schwingneigungen des Verstärkers kommt, wird in den Weißblechdeckel ein Streifen Eichenholz mit den Abmessungen 50x25x8mm eingeklebt, so daß er über dem Verstärker zu liegen kommt. Man kann das Holz zusätzlich mit Graphitpulver bekleben, es bildet dann einen guten Mikrowellensumpf, so daß sich der Abgleich bei Aufsetzen des Deckels nicht mehr wesentlich ändert.

Anstelle eines geeigneten Chip-Widerstands zum Abschluß des Richtkopplers im Mischerteil, kann zur Not auch ein Zehntelwatt-Widerstand direkt mit den Kappen eingelötet werden. Um die Reaktanz dieses Bauteils zu kompensieren, muß mit kleinen Kupferplättchen am heißen Ende des Widerstands "gespielt" werden, bis maximale Leistungsauskopplung erzielt wird. Selbstverständlich spielt unter diesen Bedingungen auch die Leitungslänge zum EMPFANGS-BAUSTEIN eine Rolle. Diese Länge sollte nach einem Gesamtabgleich des Transverters nicht mehr verändert werden.

Beim Verfasser wurden zehn Sendermodule gebaut und abgeglichen. Bei drei Geräten ergab sich ohne Änderung der Streifenleitungselemente und ohne zusätzliche Maßnahmen eine Ausgangsleistung von 80mW. Bei zwei Bausteinen konnten unter Anbringung von zusätzlichen Kupferplättchen knapp 100mW erreicht werden. Alle anderen Bausteine konnten erst nach Anwendung der beschriebenen Maßnahmen und mit viel Geduld auf 80mW Ausgangsleistung gebracht werden.

#### AUSGANGSSPEKTRUM



hp 8551B/851B + hp8441A

vertikal: 10dB/cm

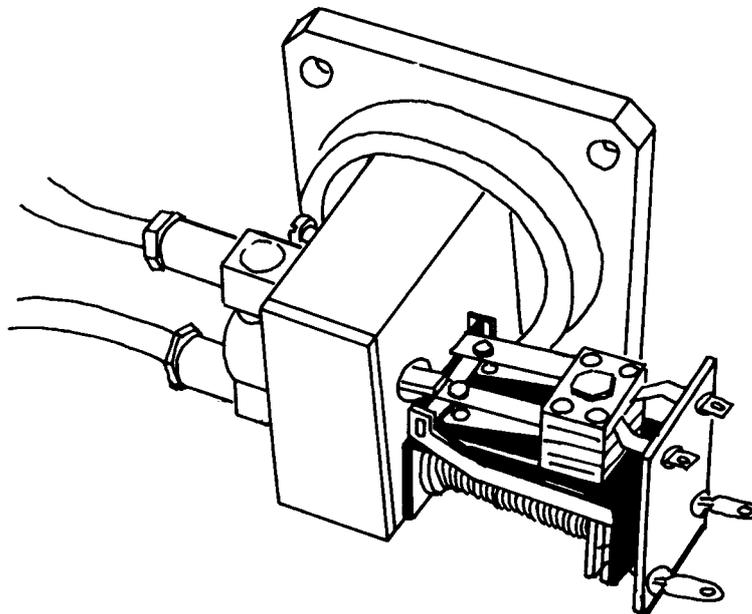
horizontal: 100MHz/cm

Mittenfrequenz: 10224MHz

Ausgangsleistung: 80mW

10 GHz - SENDE - EMPFANGSRELAIS / HOHLEITERÜBERGANG DL 1 RQ 006ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

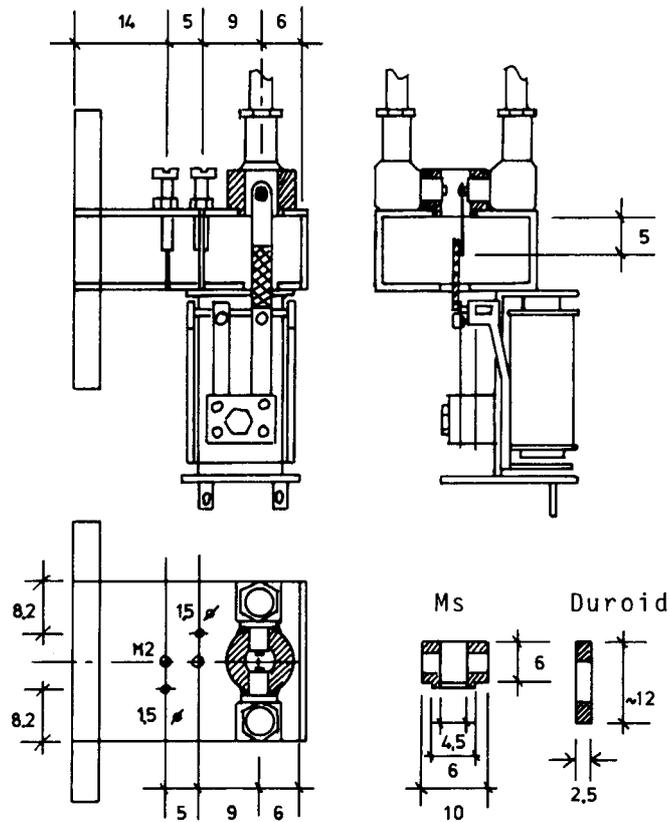
Das Relais ist nach dem Prinzip einer geschalteten Koppelfahne aufgebaut. Beide Schaltkontakte werden aus abgeänderten SMC-Winkelsteckern mit einem Drehteil als Halterung gebildet. An einem schmalen Duroid-Streifen mit Kupferinseln an beiden Enden wird eine auf die richtige Länge zugeschnittene Relaiszunge als Schaltkontakt und zugleich als Koppelfahne zum Hohlleiter angelötet. Das andere Ende des Duroid-Streifens befindet sich bereits wieder außerhalb des Hohlleiters und wird hier auf die Schaltzunge eines Relais gelötet. Bei Betätigung des Relais wird die Koppelfahne von einem zum anderen Kontakt gekippt. Eventuell auftretende Stoßstellen können mit einem Anpaßglied nach Betrag und Phase im Hohlleiter herausgestimmt werden. Dabei ist jedoch auf absolut symmetrischen Aufbau zu achten. Insbesondere müssen die Kabellängen im Sende- und im Empfangszweig gleich sein.



AUFBAUSCHEMA DES 10 GHz - SENDE - EMPFANGSRELAIS

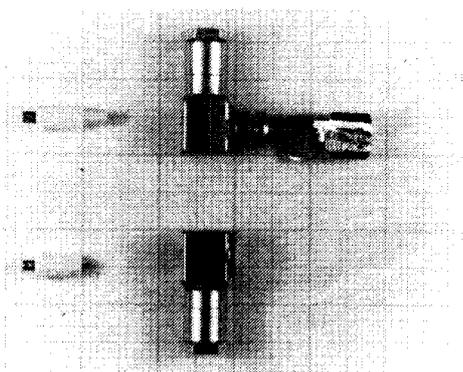
DL 1 RQ 006

AUFBAUHINWEISE



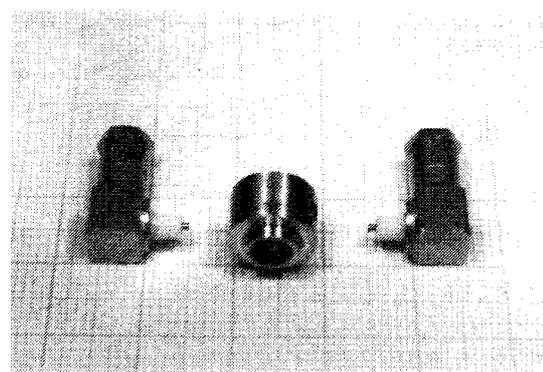
10 GHz - SENDE - EMPFANGSRELAIS

DL 1 RQ 006

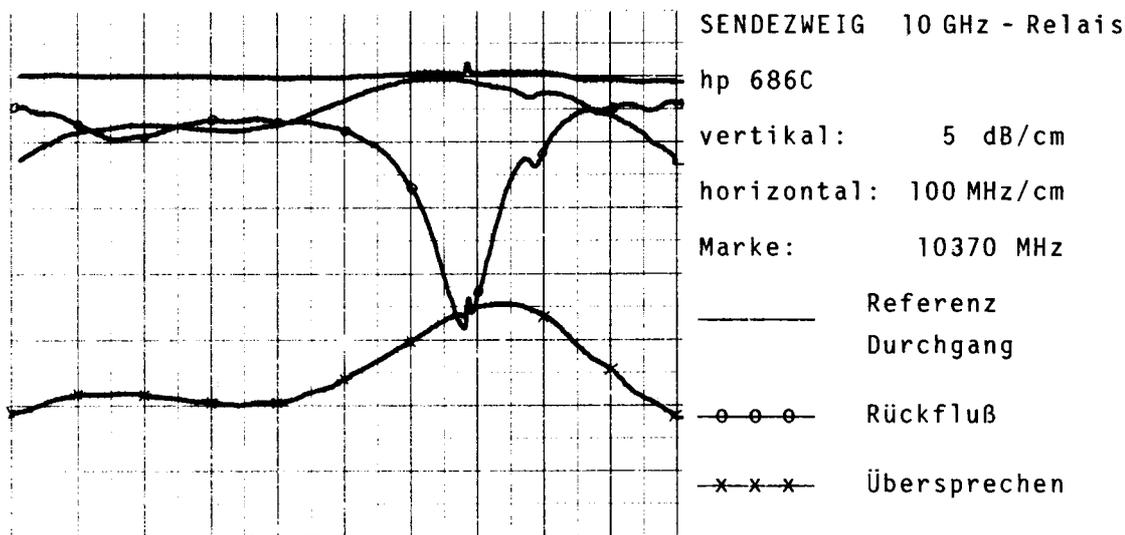
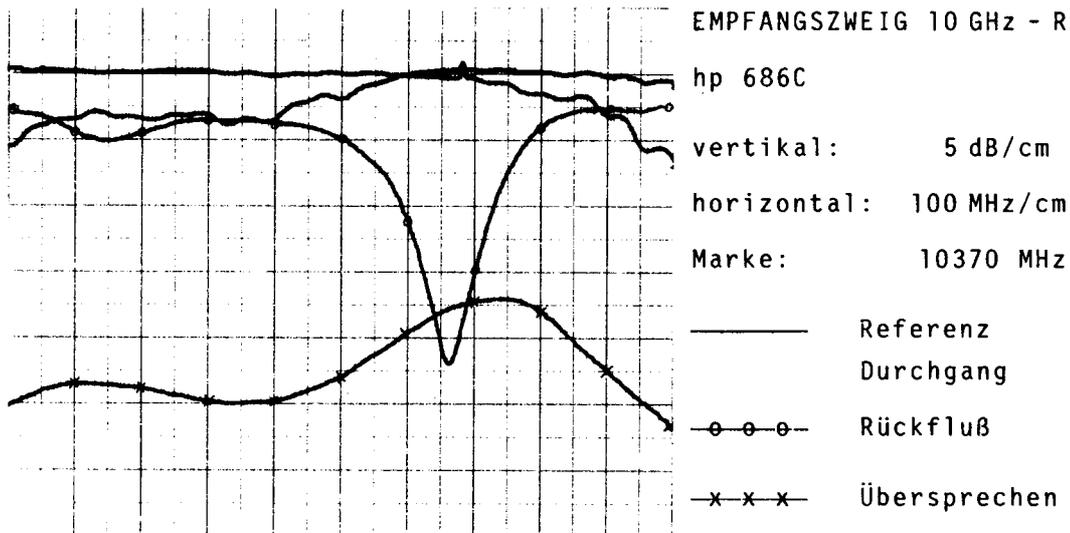


Oben: Zerlegter SMC-Winkelstecker

Unten: Abgeänderter SMC-Winkelstecker



Abgeänderte SMC-Winkelstecker und Drehteil für die Halterung



LITERATURHINWEISE UND BEZUGSHINWEISE

- (1) VOGL, PETER DL 8 RAH  
 10 GHz SSB Transverter in Modulbauweise  
 DUBUS 2/84  
 Seite 89

- (2) Mikrowellenbauelemente  
 Firma Karl Himmler  
 Scheffelweg 2  
 6805 Heddeshcim

Layouts (foiles) of all PCBs available.  
 (DM25), ask for finnish set and kit prices.  
 Layouts (Filme) von allen Leiterplatten er-  
 hältlich (DM25), Bausätze und Fertigtrans-  
 verter auf Anfrage beim Verfasser.

Peter Vogl, DL 1 RQ  
 Viertelweggrub 9  
 D-8376 TEISNACH.