

# 47 GHz Verstärkertechnik

DB 6 NT Michael Kuhne 9.2002

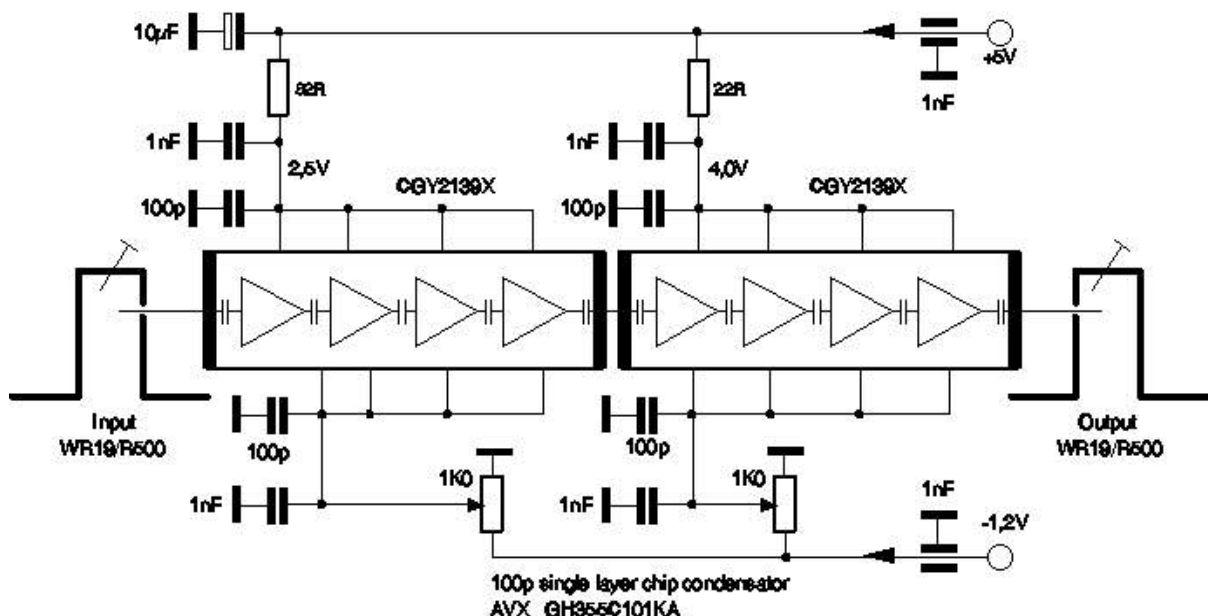
Die Realisierung eines rauscharmen Vorverstärkers mit brauchbaren technischen Daten für das 47 GHz Amateurband war bisher nicht möglich. Lediglich wurden hochkommerzielle Verstärker für die Militärtechnik oder Radioastronomie zu entsprechenden Preisen angeboten. Seit einiger Zeit sind jedoch Verstärkerchips von verschiedenen Halbleiterherstellern erhältlich, die gute Verstärkerdaten liefern.

Leider sind dies reine Halbleiterchips, die zur Kontaktierung der Anschlüsse gebondet werden müssen. Dies setzt den Zugriff auf eine entsprechende Bondanlage voraus. Versuche mit gehäusten GaAs FET's wurden schon in den Neunziger Jahren unternommen, die jedoch keinerlei Verstärkung aufwiesen. Dies ist hauptsächlich auf die Gehäuse und deren parasitären Eigenschaften ( Induktivitäten ) zurückzuführen. Selbst CFY77 mit abgefeilten Gehäuseboden und direkter Montage auf der Leiterplatte blieben ohne jeglichen Erfolg. Alle Anstrengungen, die Bondtechnologie zu umgehen, scheiterten.

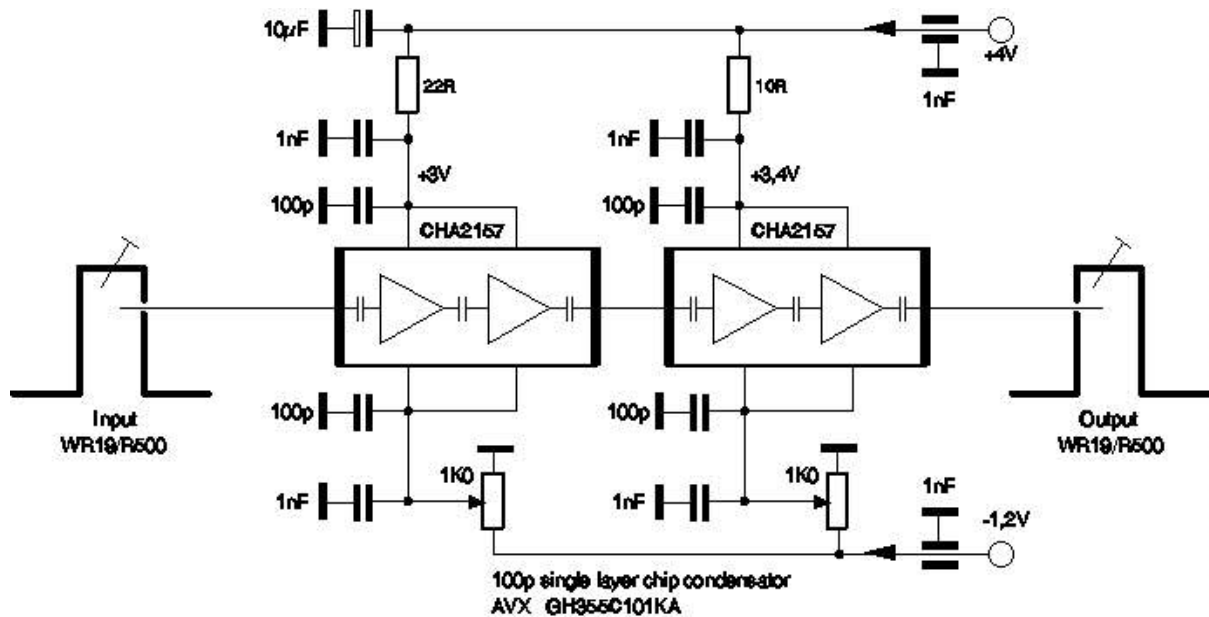
## Hersteller

Chips werden von Firmen wie z.B. UMS, TRW, Philips, HP, ALPHA, SIEMENS, NEC, FUJITSU, MITSUBISHI oder anderen hergestellt. Die meisten Halbleiter werden jedoch für kommerzielle Frequenzbereiche gefertigt. Das ist z.B. der Bereich von 38...44 GHz oder 55...60 GHz. Für das Amateurband um 47,088 GHz wird leider kein Chip produziert, so dass Standardhalbleiter verwendet werden müssen, die außerhalb ihres normalen Frequenzbereiches betrieben werden und somit nur eingeschränkt die technischen Daten der Hersteller erreichen.

Verwendet wurden zum einen der von PHILIPS hergestellte Chip CGY2139X (30...44 GHz) mit dem zwei Verstärker aufgebaut wurden. Zum anderen wurden weitere Verstärker mit UMS Chips vom Typ. CHA2157 (55-60 GHz), CHA2194 (36-44 GHz) und APH403 (37-45GHz) aufgebaut. Zur Anwendung kamen jeweils zwei Verstärker Chips in Serienschaltung, um eine hohe Durchgangsverstärkung zu erzielen. Dies ist nötig um die relativ schlechte Eingangsrauschzahl des nachgestalteten Subharmonikmischers mit Spiegelfrequenzfilter zu verbessern.



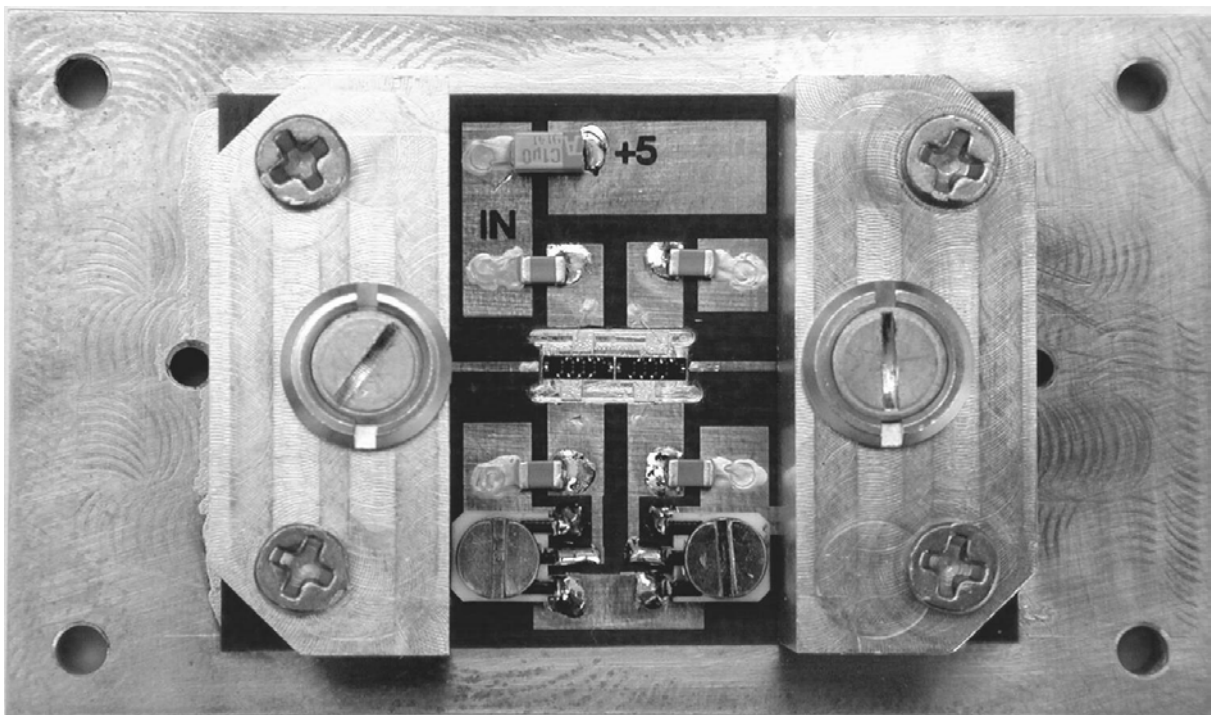
Schaltplan des Verstärkers mit 2x CGY2139X



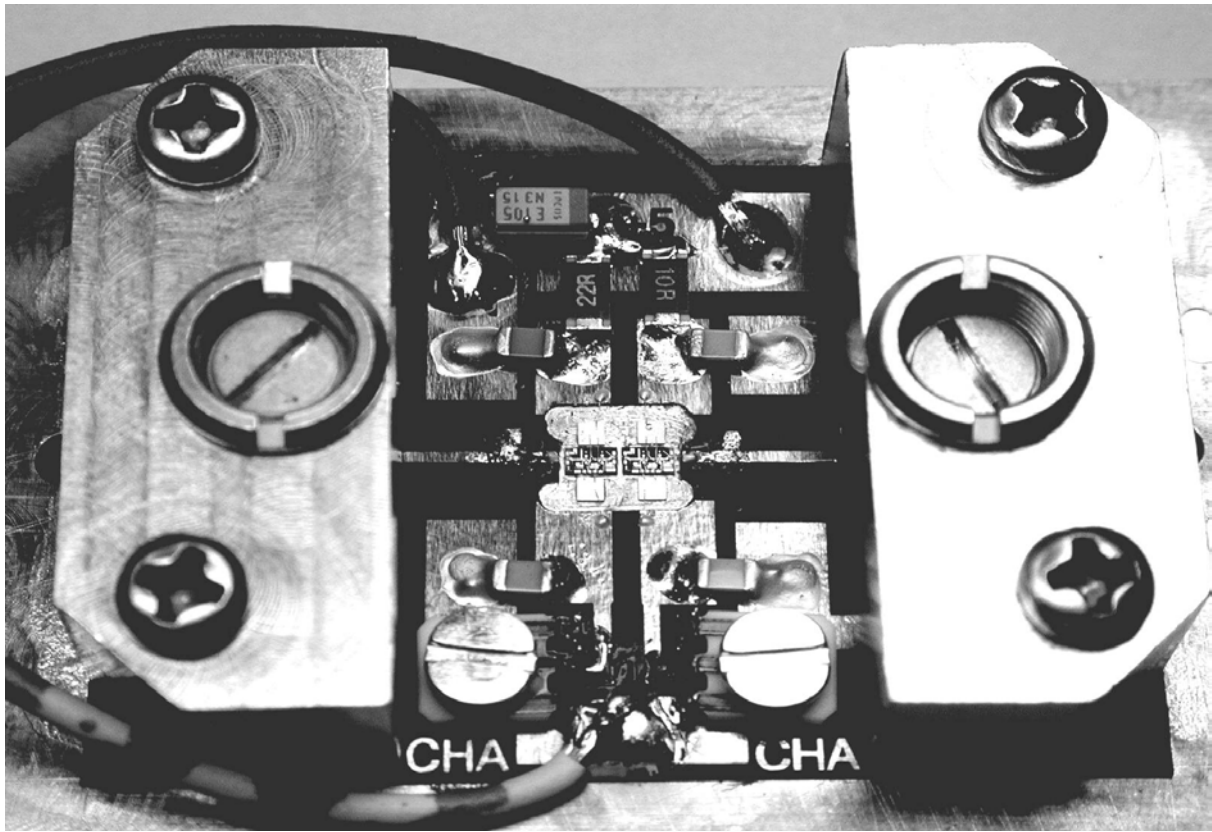
**Schaltplan Verstärkers mit 2x CHA2157**

### Aufbau

Der Aufbau erfolgt auf einer 5 mm starken und 30 x 50 mm großen Messingplatte mit entsprechenden Ausfräsungen für Hohlleiter und Bohrungen für die verstellbaren Abstimmrichter. Die Montage der 0,12mm starken RT/duroid 5880 ROGERS Leiterplatte erfolgt durch Auflöten. Hierzu ist die Messingplatte vorher zu verzinnen. Durch diese Anordnung ergibt sich eine direkte Einkopplung von der Leiterplatte in den Hohlleiter. Ferner lässt sich der Verstärker axial drehen und somit als „Wendeverstärker“ für Senden und Empfang nutzen.



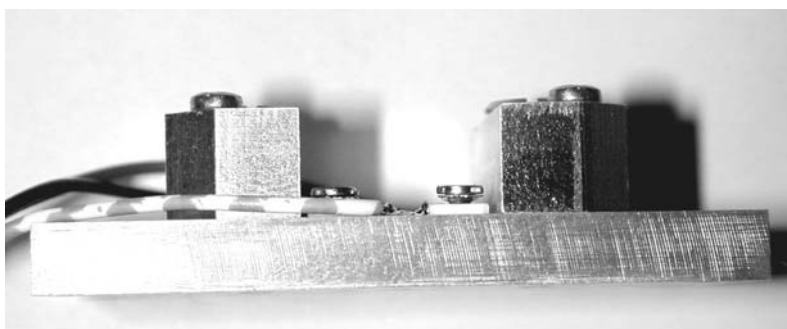
**Foto des Verstärkers mit 2x CGY2139X**



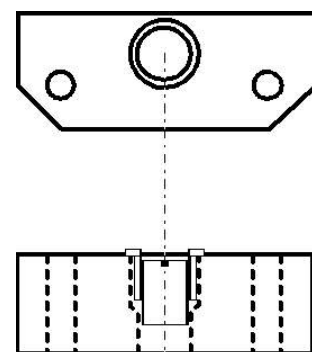
**Foto: Verstärker mit 2x CHA2157 nach dem Abgleich**

### **Bonden**

Die Verstärkerchips werden in eine Ausfräsung der Leiterplatte eingeklebt (die-bonding) und im „wedge-wedge“ Bondverfahren mit 25 $\mu$  Golddraht ohne Bondloop mit der Leiterplatte verbunden. Der Spalt zwischen Leiterplatte und IC sollte dabei so gering wie möglich sein, um kurze Bonddrahtlängen und somit gute HF-Eigenschaften zu erreichen (Bonddraht = Induktivität = Tiefpass! ). Die Versorgung der Halbleiter mit Betriebsspannung für Gate und Drain erfolgt über Bondverbindungen mit normaler „loop“ auf „singellayer Chipkondensatoren“ die unmittelbar neben den Verstärkern eingeklebt sind und dann weiter auf die Leiterplatte. Die Chipkondensatoren sind notwendig, um Schwingneigungen durch zu lange Bonddrähte zu minimieren und somit eine gute HF Abblockung zu erreichen. Das Bonden auf weichen Substraten (6) wie TEFLON erfordert höhere Ultraschall -Leistung als auf den Halbleiter. Um eine optimale Haftung der Drähte auf der Kupferleiterbahn zu erreichen wurde zusätzlich etwas Leitkleber aufgetragen.

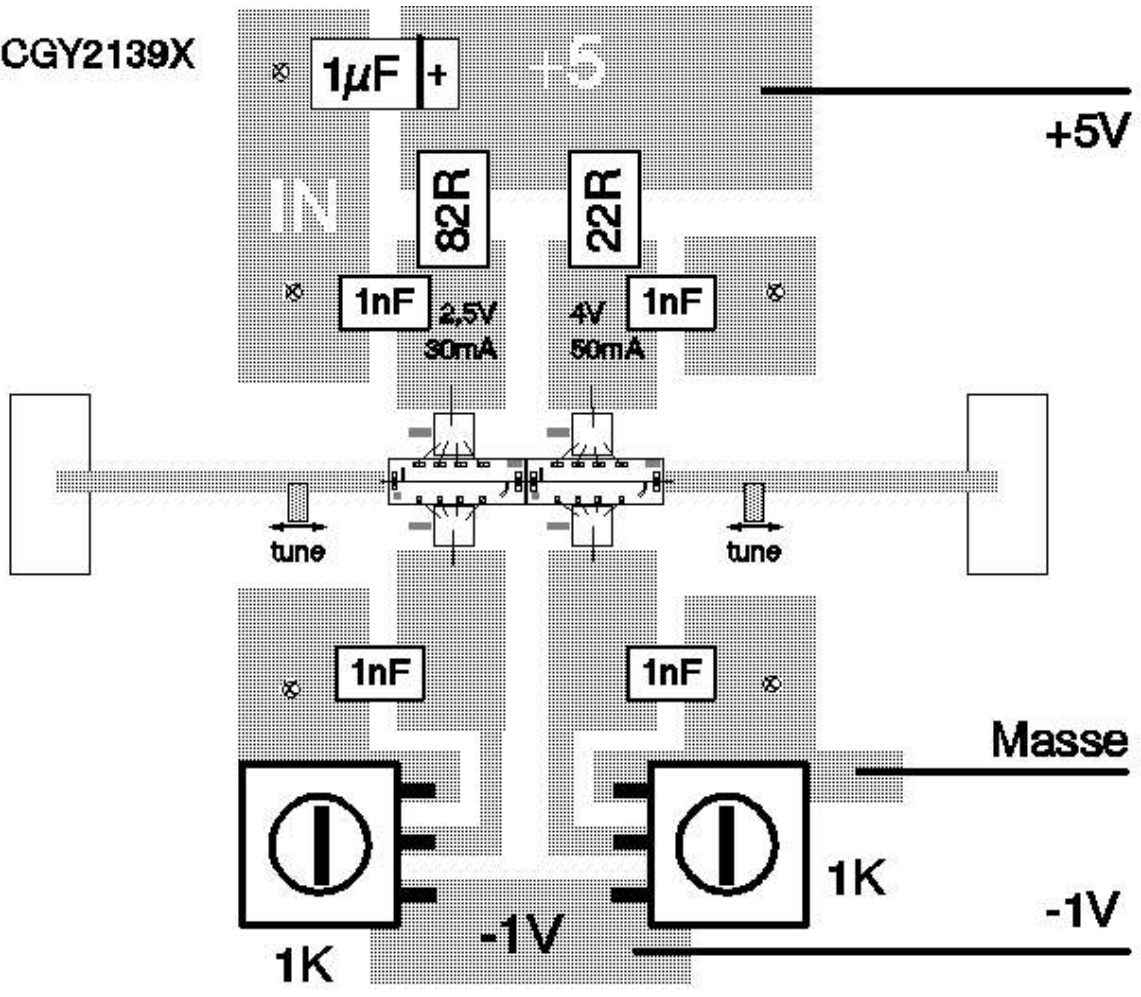


**Seitenansicht**

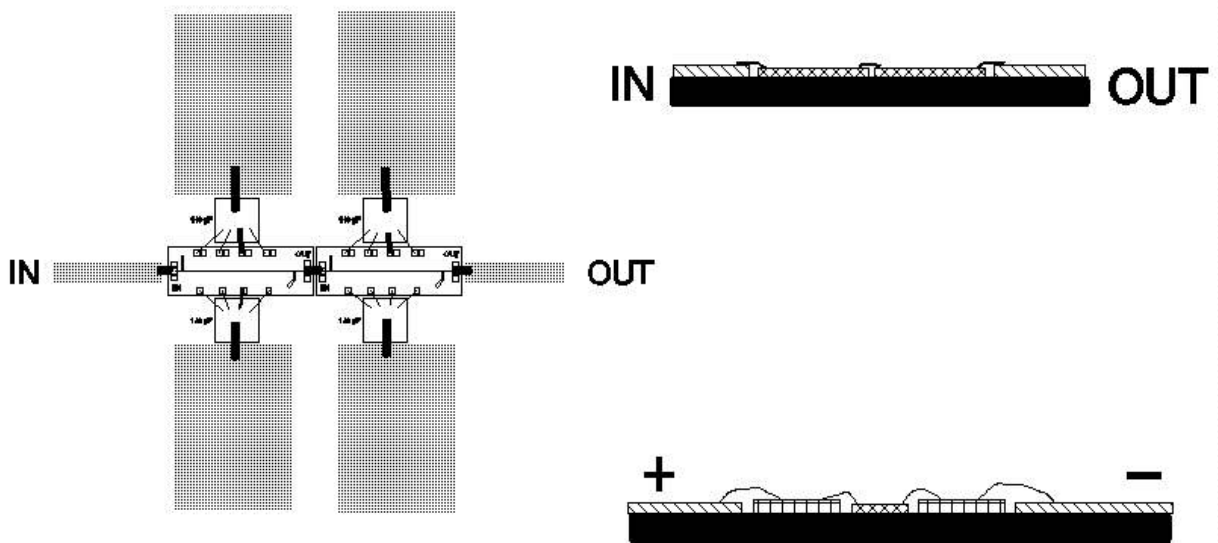


**Skizze**

2 x CGY2139X

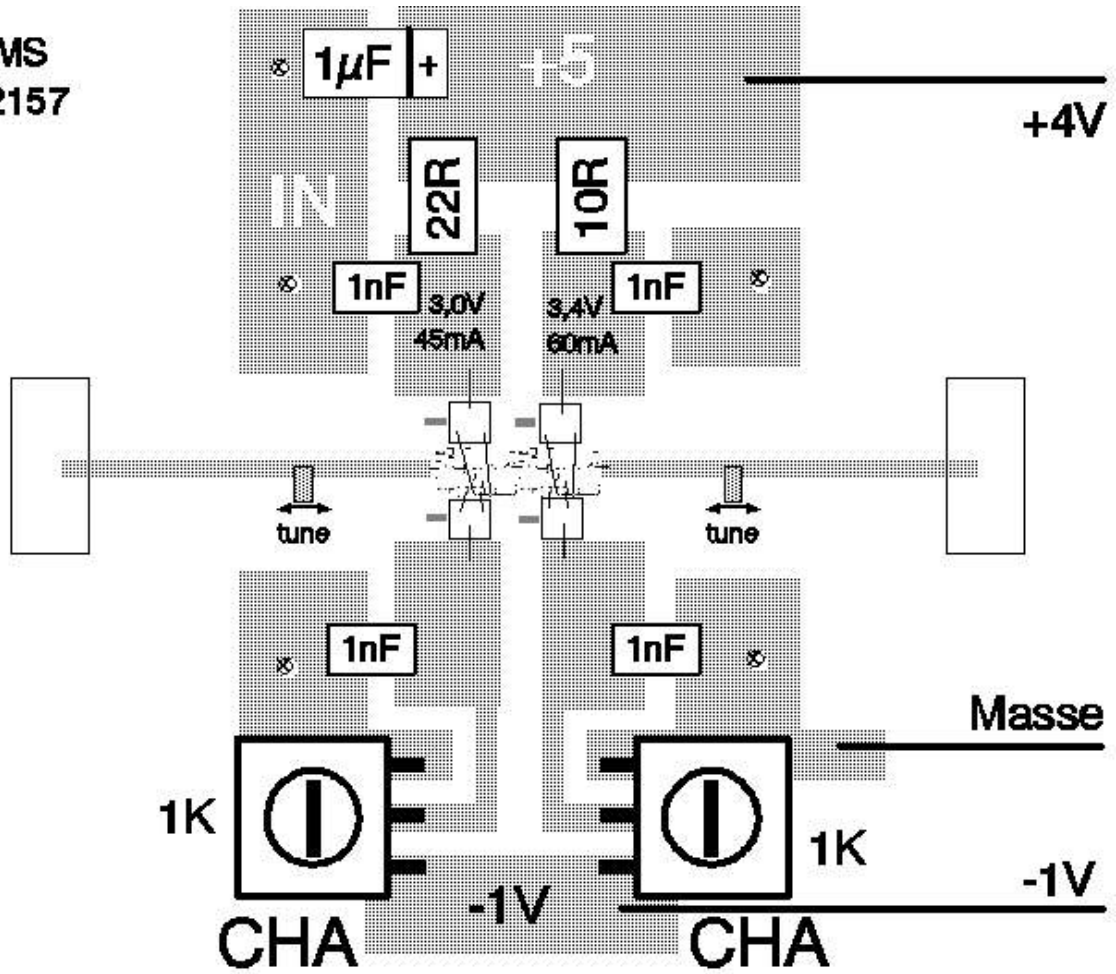


47 GHz Amplifier DB 6 NT 3.2001



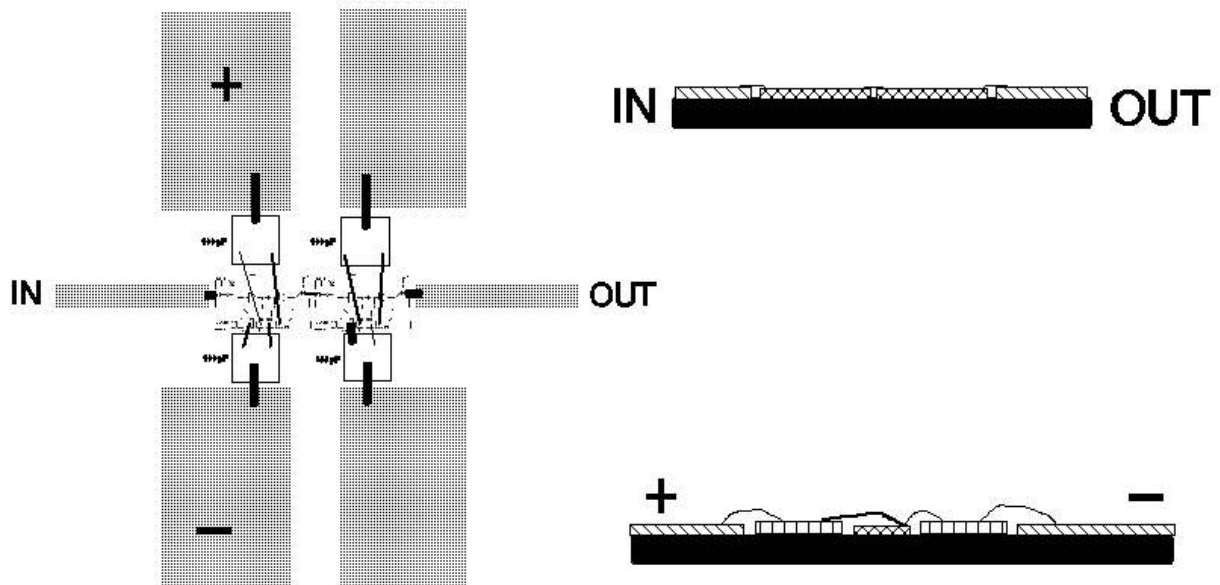
Bestück und Bondplan des Verstärkers mit 2x CGY2139X

2 x UMS  
CHA2157



2 x UMS  
CHA2157

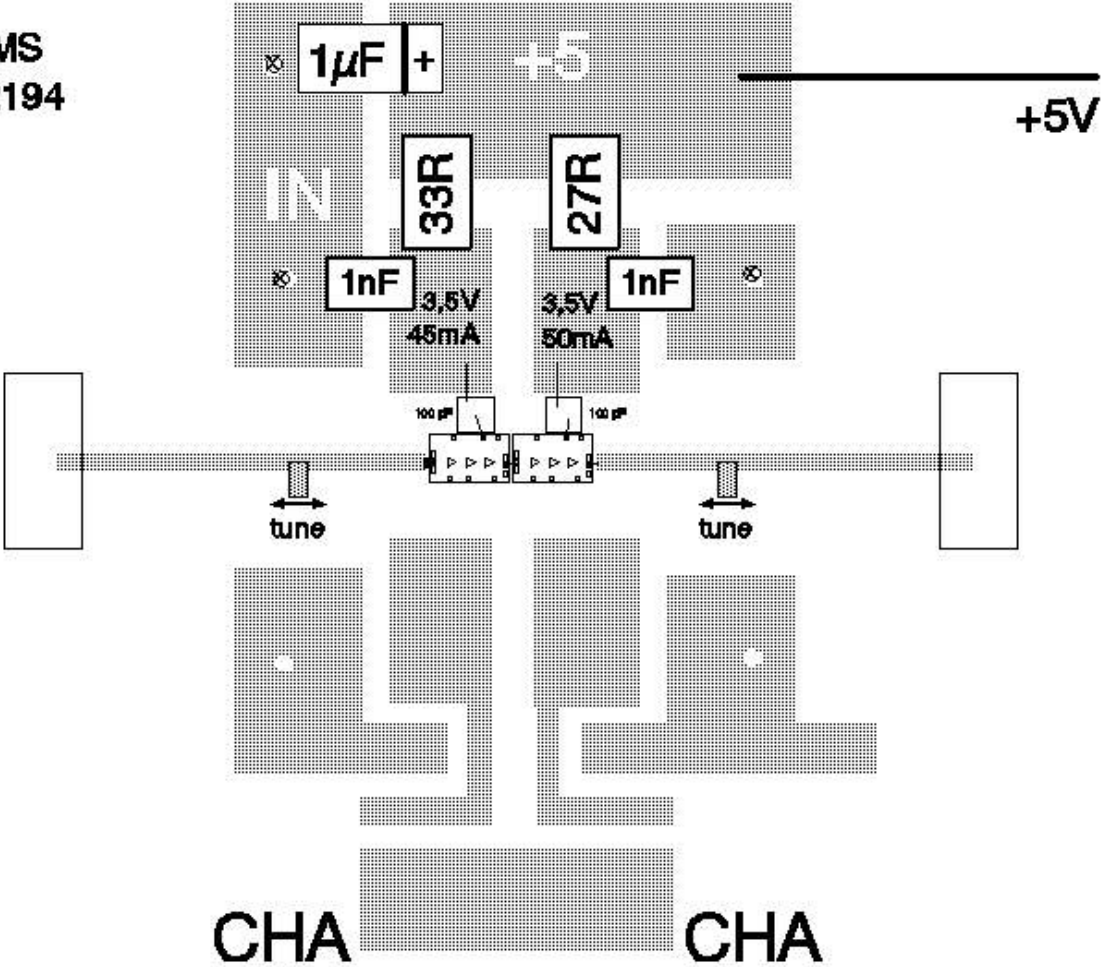
47 GHz Amplifier DB 6 NT 11.2001



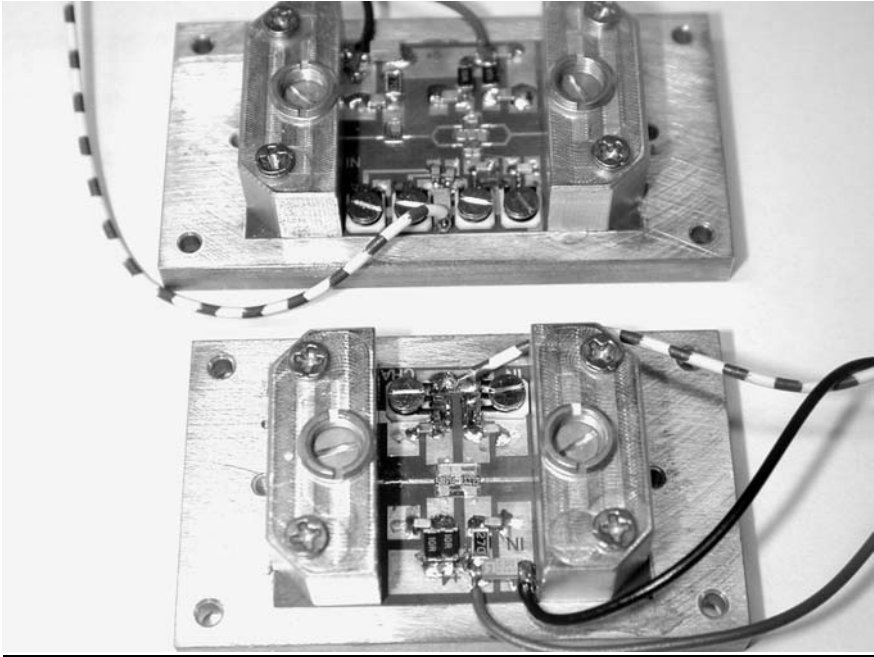
Bestück und Bondplan des Verstärkers mit 2x CHA2157

**47 GHz Amplifier CHA DB 6 NT 1.2002**

2 x UMS  
CHA2194



Bestückplan des Verstärkers mit 2x CHA2194



Verstärkers mit 2x CHA2194 parallel (oben), sowie mit CHA 3093C (unten).

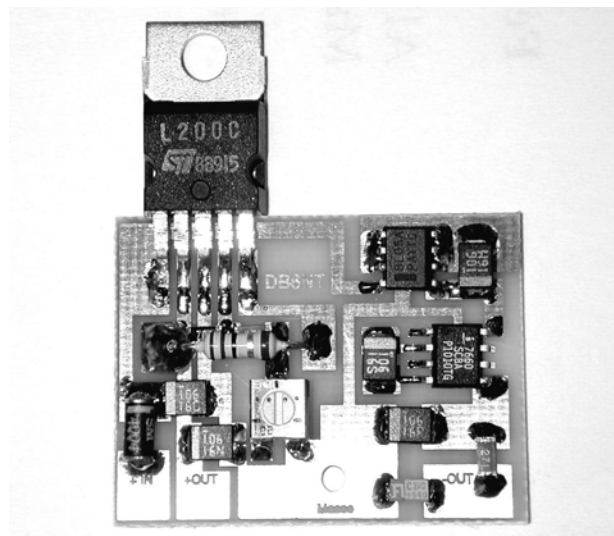
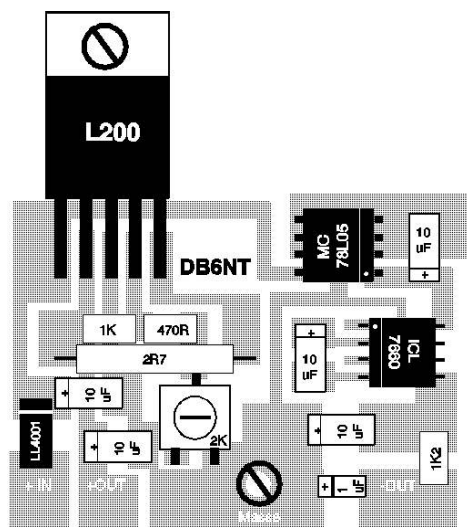
## Stromversorgung

Für den Betrieb ist eine negative Versorgungsspannung sowie eine positive Drainspannung erforderlich.

Dazu wurde eine entsprechende Schaltung mit SMD -Leiterplatte entwickelt, die universell für verschiedene Verstärker verwendet werden kann.

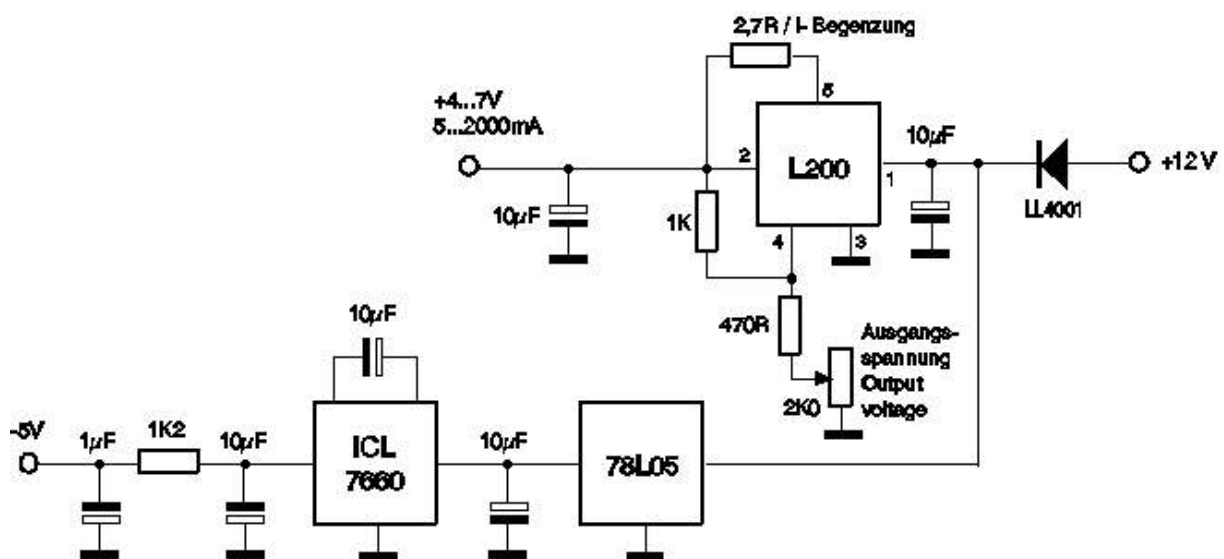
Die mit handelsüblichen Bauteilen bestückte Leiterplatte erzeugt eine strombegrenzte Drainspannung mit regelbarer Ausgangsspannung von 4...7V und je nach Widerstandsbestückung einer Strombegrenzung von 10...2000mA. Die negative Gatespannung beträgt 5V über einen Vorwiderstand.

Arbeitswiderstände für die einzelnen Stufen sowie Gatespannungsregler befinden sich auf den HF-Leiterplatten.



Bestückplan der Leiterplatte

Foto der Stromversorgungsleiterplatte



Schaltplan der Stromversorgungsleiterplatte

## Abgleich

Zunächst werden die Gatespannungen auf den entsprechenden Wert der IC's, ca.  $-0,3\text{V}$ , voreingestellt. Danach wird die Drainspannung angelegt und der dem Datenblatt entnommene Drainstromwert eingestellt.

Die Arbeitswiderstände sind vorher dafür entsprechend zu dimensionieren.

Nun kann der HF-Abgleich durch Verstellen der Hohlleiterkurzschlüsse (Abstimmerschrauben der Firma TEKELEC-TEMEX) und durch Anbringen von „stups“ an den HF-Leiterbahnen erfolgen. Danach erfolgt der Feinabgleich mit den Ruhestromen der IC's.

## Erreichte Technische Daten

Prototypen mit je 2 Chips in Serie.

Mit den **PHILIPS** IC's (Original Frequenzbereich 38...44 GHz) konnte bei zwei Prototypen eine Verstärkung von **31 dB** bei einer Sättigungsleistung von **20 mW** erreicht werden. Das ergibt bei einer Steuerleistung von  $25\mu\text{Watt}$  eine Ausgangsleistung von **14 mW**. Einseitenbandrauschzahl **NF** betrug bei einem Exemplar **5,7 dB** bei dem anderen **4,9 dB**. Durch die hohe Leerlaufverstärkung bei 40 GHz ergab sich eine leichte Schwingneigung, die mit Absorbermaterial zu unterdrücken war.

Mit den IC's der Firma **UMS** (Original Frequenzbereich 55...60 GHz) konnte bei einer Verstärkung von **27 dB** eine Rauschzahl **NF** von **4,1 dB** gemessen werden. Bei einer Steuerleistung von  $25\mu\text{W}$  wird eine Ausgangsleistung von **8 mW** erreicht. Die Sättigungsleistung liegt bei **37 mW!** Output. Der Abgleich im Eingang des Verstärkers war kritisch und stellt einen Kompromiss zwischen Rauschanpassung und Verstärkung dar. Dieses ist auf die schlechte Eingangsanpassung des IC's bei 47 GHz zurückzuführen (siehe Datenblatt -2-). Die angegebene Rauschzahl von 3,5 dB bei 55...60 GHz konnte bei 47 GHz nicht erreicht werden.

Mit 2 Chips **CHA 2194** (Original Frequenzbereich 36...44 GHz) in Serienschaltung wurde bei einer Rauschzahl von **4,4dB NF** eine Verstärkung von **32 dB** gemessen. Die Sättigungsleistung lag bei **42 mW**.

Ein mit zwei parallel geschalteten Chips **CHA 2194** aufgebauter Verstärker erreichte **65 mW** Ausgangsleistung.

Ein Leistungsverstärker mit **CHA 2194** in der Vorstufe und **APH403** in der PA erreichte bei einer Steuerleistung von **0,5mW** eine Ausgangsleistung von **120mW**. Eine Version mit zwei parallel geschalteten **APH403** erreichte bei **0,7 mW** Ansteuerung **250 mW** **Ausgangsleistung**.

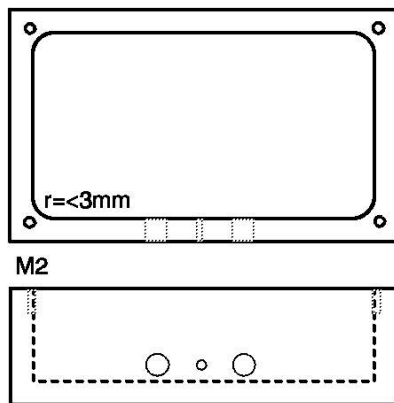
Ein weiterer Verstärker mit dem UMS Chip **CHA 3093c** ergab keine zufriedenstellenden Ergebnisse.



Foto: Verstärker

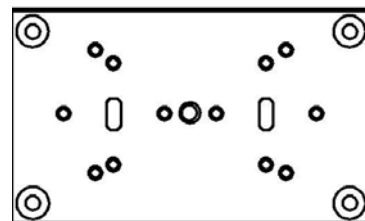


Foto: Rückseite des Verstärkers



Skizze:

Deckel



Grundplatte

### Messungen

Rauschzahl und Verstärkung wurden über einem 47 GHz DB6NT Transverter mit 2 Kreis Hohlleiterfilter nach OE9PMJ gemessen. Dazu wurde ein Noise Gain Analysator von EATON 2075B mit einer Hohlleiterrauschquelle HP Q 347B benutzt. Die Leistungsmessung erfolgte durch ein HP435B mit Powersensor Q8486A.

### Zusammenfassung

Ich denke, das die erreichten Werte einen deutlichen Fortschritt für die Amateurfunktechnik im 47 GHz Band darstellen. Sicherlich wird es in Zukunft weitere interessante Verstärker IC's geben, die noch bessere Ergebnisse bringen, doch gegenüber den bisher verwendeten Transvertern mit Subharmonicmischer (Einseitenband Rauschzahl um die 11 dB) stellt der derzeitige Stand bereits eine Rauschzahlverbesserung von über 6 dB (eine S -Stufe) dar. Die SSB Sendeleistung erhöht sich auch um ca.30 dB. Als einzige Hürde für den Nachbau ist die Bondtechnologie zu sehen, die leider nicht zu umgehen ist.

### Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei den Firmen **PHILIPS** Tunerwerk in Krefeld und bei der Firma **RICHARDSON ELECTRONIC GMBH** für die Bereitstellung der Musterchips. Ferner bedanke ich mich bei Herrn **Gerold Henning** für die Inbetriebnahme unserer Bondanlage und die Verarbeitung der Prototypen. Der optimale Aufbau wurde unter anderem durch **Gert DG8EB** und **Hubert DG1KBF** realisiert.

## Literatur Quellen / Nachweis

- (1) Datenblatt, **PHILIPS CGY2139X**
- (2) Datenblatt, **UMS CHA2157 und CHA2194**
- (3) Datenblatt, **VELOCIMUM-TRW APH403**
- (4) 47 GHz **Transverter**, DB6NT DUBUS 1.94 / Technik Buch IV
- (5) 47 GHz **Hohleiterfilter**, OE9PMJ GHz Tagungsheft Dorsten 1992 oder  
VHF – UHF Tagungsheft München 1992
- (6) 47 GHz **Waveguide Switch**, I4OPW & IW3EHO DUBUS 1.2000
- (7) **Wire bonding to Soft Substrates**, DENIS BOULANGER Microwave Journal Feb.1990

Begriffe und eingetragene Warenzeichen, die im Text verwendet wurden, sind ausschließlich das Eigentum der entsprechenden Unternehmen.

© Copyright by Michael Kuhne DB6NT