

A 144 MHz Amplifier with a GS35b

Addendum: A 432MHz GS35b Amplifier

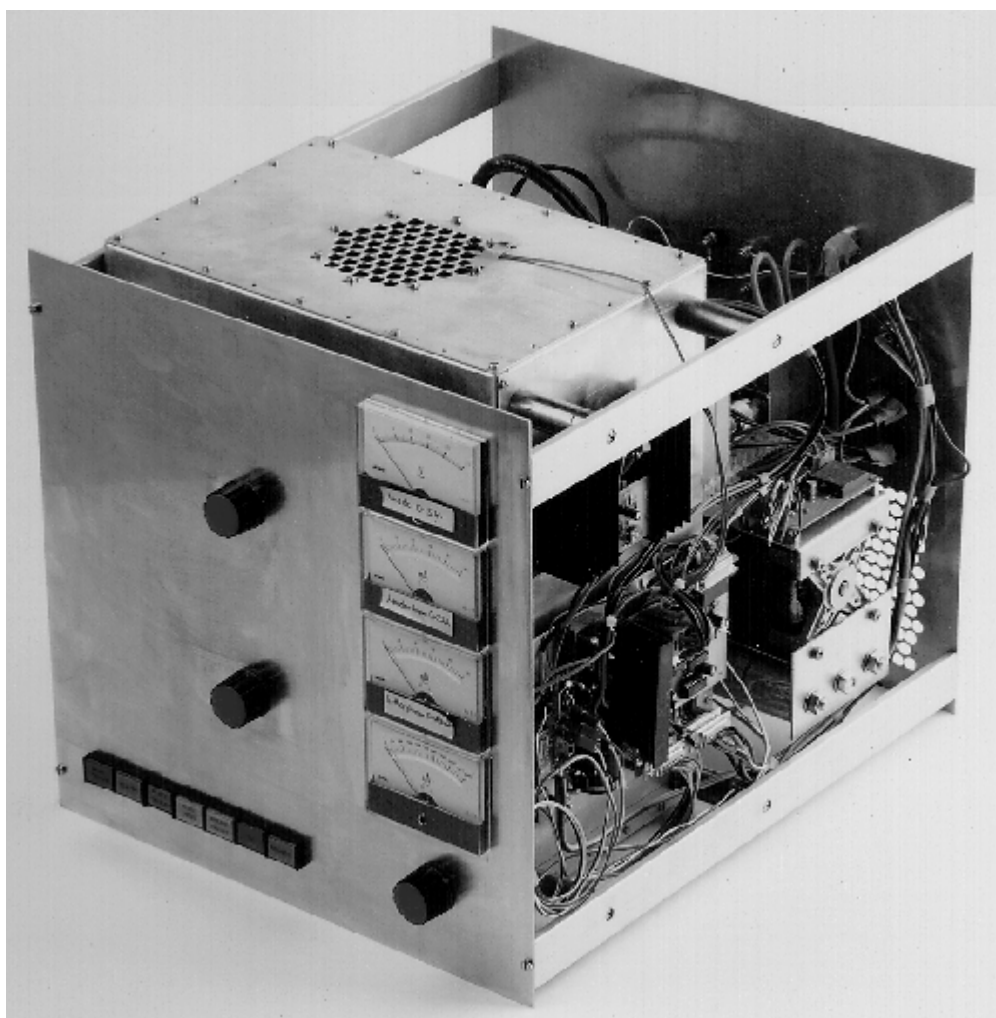
Günter Köllner, DL4MEA

Am Rain 24

D-85256 Vierkirchen

Email: dl4mea@yahoo.de

Last Update: 08.02.98



Picture 1: Gesamtansicht / Overall View

Inhaltsverzeichnis / Table of Contents

1 Vorwort	5
1.1 Bisherige Projekte	5
1.2 Röhre oder Transistor.....	5
2 Ein Leistungsverstärker für 144MHz mit GS35b A power amplifier for 144MHz using a GS35b ...	7
2.1 Daten der verwendeten Röhre GS35a/b / Tube Datasheet of GS35a/b.....	9
2.2 Gehäuse	10
2.3 HF-Schaltung.....	12
2.3.1 Schaltplan und Teileliste:.....	12
2.3.2 Anodenresonator	14
2.3.3 Eingangsschaltung	18
2.4 Luftführung.....	19
2.5 Gleichstromverschaltung	21
2.5.1 Steuerungs- und Überwachungsschaltung	22
2.5.2 Gittervorspannungserzeugung	25
2.6 Röhrensockel / Tube Socket	26
2.7 Abstimmung (Tune) - C5 Assembly	27
2.8 Auskoppelung (Load) - C6 Assembly.....	31
2.9 Tiefpaßfilter.....	33
2.10 Stromversorgung	33
2.10.1 Trafo-Einschaltverzögerung	34
2.11 Leistungsdaten	35
2.11.1 Wärmeverhalten	35
2.11.2 Abstimmung	35
2.11.3 Gemessene Leistungen:.....	35
3 Treiberstufe mit MRF141G.....	36
4 Ein Leistungsverstärker für 432MHz mit GS35b.....	37

Teileliste / Partslist:

Cavity Chassis:

PART C 1: CAVETY - BOTTOM PART.....	12
PART C 2: CAVETY - FRONT PART.....	12
PART C 3: TUBE PODEST	12
PART C 4: CAVETY COVER.....	12

Tube Socket:

PART S 1: GRID CONTACT RING.....	26
PART S 2: CATHODE CONTACT.....	26
PART S 3: FILAMENT CONTACT	26

Anode Resonator:

PART R 1: ANODENKONTAKTSTÜCK (ANODE CONNECTOR).....	14
PART R 2: INNERES RESONATORROHR (INNER RESONATOR TUBE), 2 STÜCK - 2 PIECES.....	14
PART R 3: RESONATOR ISOLATION, 2 STÜCK - 2 PIECES	14
PART R 4: ÄUßERES RESONATORROHR (OUTER RESONATOR TUBE) , 2 STÜCK - 2 PIECES	14
PART R 5: MASSEKLEMME FÜR RESONATOR (RESONATOR GROUND CLAMP) , 2 STÜCK - 2 PIECES	15

Output Tune Capacitor C5:

PART T 1: TUNE ROTOR.....	27
PART T 2: TUNE SPINDLE SCREW CLUTCH	28
PART T 3: SPINDLE SCREW FEEDTHROUGH	28
PART T 4: SPINDLE SCREW	28
PART T 5: GROUND STRIP	29
PART T 6: TUNE STATOR	29
PART T 7: TUNE ISOLATION.....	29
PART T 8: TUNE ISOLATION HOLDER	29

Output Load Capacitor C6

PART L 1: LOAD ROTOR	31
PART L 2: OUTPUT LINE - INNER LINE	31
PART L 3: OUTPUT LINE - SHIELD	31
PART L 4: TEFLON DISTANCE RING.....	31
PART L 5: N-CONNECTOR FEMALE.....	31
PART L 6: MOUNTING FLANGE FOR OUTPUT LINE	31
PART L 7: VERSTÄRKUNG FÜR MOUNTING FLANGE	31
PART L 8: LOAD STATOR	31
PART L 9: LOAD ISOLATION	31
PART L 10: LOAD ISOLATION HOLDER, 2 PIECES.....	31

Schematics

SCHEMATIC 1: GS35B AMPLIFIER FOR 144MHz.....	13
SCHEMATIC 2: BLOWER CONTROL CIRCUIT	20
SCHEMATIC 3: CONTROL- AND SUPERVISION CIRCUIT	23
SCHEMATIC 4: GRID BIAS SUPPLY	25
SCHEMATIC 5: HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY	33
SCHEMATIC 6: POWER-ON UNIT FOR HIGH VOLTAGE TRANSFORMER.....	34

Abbildungsverzeichnis / Table of Pictures:

PICTURE 1: GESAMTANSICHT / OVERALL VIEW	1
PICTURE 2: FRONT VIEW OF THE AMPLIFIER	10
PICTURE 3: REAR VIEW OF THE AMPLIFIER	10
PICTURE 4: SIDE VIEW SHOWING CONTROL- AND SUPERVISION CIRCUITS	10
PICTURE 5: REAR WALL FROM INNER SIDE.....	10
PICTURE 6: SIDE VIEW OF THE RESONATOR	11
PICTURE 6: SAMPLE OF THE DRILL GRID USED AT AIR THROUGHLETS	12
PICTURE 7: TOP VIEW OF THE 144MHZ AMPLIFIER WITH TUBE INSERTED	15
PICTURE 8: TOP VIEW OF THE 144MHZ-AMPLIFIER WITHOUT TUBE	15
PICTURE 9: PARTS OF THE RESONATOR (WITHOUT PART R 2 UND PART R 3).....	16
PICTURE 10: VIEW OF ONE MOUNTED RESONATOR TUBE	17
PICTURE 11: 70CM INPUT CIRCUIT WITH FEEDTHROUGH CAPACITORS C9/C10 AND PROTECTION RESISTOR R1	18
PICTURE 12: CHIMNEY FOR AIR OUTLET, BACKGROUND IS THE BLOWER	19
PICTURE 13: HIGH VOLTAGE INPUT WITH VOLTAGE DIVIDER.....	21
PICTURE 14: CONTROL- AND SUPERVISION CIRCUITS	22
PICTURE 15: TOP VIEW OF THE TUBE SOCKET	26
PICTURE 16: CROSSVIEW OF THE TUBE SOCKET.....	27
PICTURE 17: TUNE ROTOR - INSIDE VIEW	27
PICTURE 18: OUTER SIDE OF TUNE, LOAD ROTOR IN THE BACKGROUND	27
PICTURE 19: VIEW OF THE TUNE ASSEMBLY	30
PICTURE 20: PARTS OF THE LOAD- AND TUNE-ROTOR	30
PICTURE 21: OUTPUT OF LOAD.....	31
PICTURE 22: LOAD ASSEMBLY MOUNTED.....	31
PICTURE 23: VIEW OF THE LOAD ASSEMBLY.....	31
PICTURE 24: OUTPUT LOW PASS FILTER.....	33
PICTURE 25: DRIVER STAGE.....	36
PICTURE 26: ZOOM OF THE DRIVER STAGE	36

1 Vorwort / Preface

D: Bevor ich mit der Beschreibung dieser Endstufe beginne möchte ich einen Überblick über Sendeleistung und deren Erzeugung geben. Die hier beschriebene Endstufe mag zwar für viele faszinierend sein, aber auf der anderen Seite zeigt meine Erfahrung, daß zwar anfangs meist viel Begeisterung vorhanden ist, auf der anderen Seite aber der Aufwand in jedem Fall unterschätzt wird.

E: At the start of this article allow me to give another overview about transmission power and its generation. Both power amplifiers which are described below might be very fascinating, but on the other side I came to the experience that most people have much enthusiasm, but don't consider the efforts in every case.

1.1 Bisherige Projekte / Previous Projects

D: Nicht immer konnte ich meine Projekte erfolgreich beenden, und ich meine daher, daß ich aus diesem Grund meine Erfahrungen berichten sollte. In der Vergangenheit habe ich folgende Projekte verwirklicht (Stand Mitte 1998):

E: As I also not always successfully finished my projects I think I should report my experience. In the past I tried following projects:

Band	Bauvorschlag Description	Bestückung Tube	Bauzeit time effort	Kommentar / Comment:
144 MHz	DK1OF	4CX250	1,5 Jahre	Nie erfolgreich abgeschlossen Never finished successfully
432 MHz	K2RIW	2 x 4CX250	2 Jahre	über lange Zeit erfolgreich eingesetzt used with success for a long time
1296 MHz	UHF-Unterlage	2 x 2C39	2 Jahre	im Einsatz zwei Module gekoppelt -> 400W in use, 2 modules coupled give 400W
144 MHz	W6PO	GS35b	1 Jahr	im Einsatz, hier beschrieben in use, described here
432 MHz	DL4MEA	GS35b	¾ Jahr	im Einsatz, siehe Anhang in use, described here
1296 MHz	CT1DMK	GI7b	½ Jahr	in Erprobung under test

1.2 Röhre oder Halbleiter? / Tube Or Solid State?

D: Beim Berichten über eine Röhrenendstufe erhält man oft begeisterte Kommentare. Aber ich möchte hier noch einmal darauf hinweisen, daß es beim heutigen Stand der Technik nicht zwingend nötig ist auf eine Röhre zurückzugreifen. Transistoren sind heute schon sehr weit fortgeschritten, und können eine enorme Leistung erzielen. Und als Einsatzgrund für Transistoren ist deren deutlich einfachere Handhabung in den Vordergrund zu stellen: Eine einzige, niedrigere, ungefährliche Betriebsspannung, kein Vorheizen, einfachere und leisere Kühlung. Daher halte ich es für angebracht hier eine Tabelle zu veröffentlichen, welche Leistungen man heute problemlos mit Transistoren erzeugen kann:

E: When publishing about a tube power amplifier most of the comments are always exciting. But let me again note, that there is no urgent need for tube power amps at the current state of development. Transistors are far developed and can handle large amounts of power. A second reason for working with solid state amps is for shure their much easier handling. There is mostly only one and safe operating voltage, there is no pre-heating and an easier and more silent cooling. Since I believe in this, I will supply you with this table, where I show which power can be reached on solid state without problems and without paying large amounts of money.

Band	Steuerleistung Drive Power	Ausgangsleistung Output Power	Bauvorschlag Description	Betriebsspannung Operating Voltage
2 - 50 MHz	10 W	1000 W	2 x MRF154/MRF157 Motorola AR176/AR347	50 V
2 - 30 MHz	6 W	600 W	4 x MRF150 Motorola EB104	50 V
10 - 150 MHz	ca. 5 - 10 W	300 W	MRF141G Motorola AR313	28 V
10 - 175 MHz	ca. 5 - 10 W	300 W	MRF151G Motorola AR305	50V
432 MHz	10 W	200 W	MRF275	28 V
1296 MHz	2 W	80 W	4 x M..... (Moduln)	12 V

D: Bis auf 23cm habe hier jeweils die einfache Leistung einer Applikation angegeben. Die Kopplung von zwei oder vier Moduln ist jeweils ohne Probleme machbar. Auch wenn man im direkten Preisvergleich (bei dem man für die Halbleiter bitte nicht die Preise in Deutschland, sondern in USA betrachten soll) möglicherweise noch Vorteile für eine Röhre sieht, läuft bei einer Betrachtung des gesamten Aufbaus (Resonator, Kühlung, Steuerung, Netzteil, Betriebssicherheit) alles auf eine Transistor-Endstufe hinaus. Übrigens gibt es für alle die hier genannten Vorschläge sehr detaillierte Bauanleitungen (siehe ¹) manchmal sogar Bausätze, angeboten. Der Vollständigkeit halber möchte ich aber darauf hinweisen, daß einige Applikationen mit 28V oder sogar 50V betrieben werden müssen.

E: Except for 23cm I always gave the power of a single device. Coupling two or even four devices with RF couplers seems to be possible up to 13cm without great problems. When comparing the prices (take the prices for the semiconductors in USA, not in Germany) you may still think that a tube is cheaper, but you must think about the complete efforts, including the power supplies, cavity, cooling, control and safety. If you don't need the final kick, the solid states are shure in front. But note, that most of the designs which I mention here are running on 28V or even higher, for a better power output and not a least for a better signal.

2 Ein Leistungsverstärker für 144MHz mit GS35b **A power amplifier for 144MHz using a GS35b**

D: Nachdem ich einige GS35b-Röhren erhalten hatte stellte ich im Datenblatt die nahe Verwandtschaft zur amerikanischen 8877-Röhre fest. Meine erste erfolgreiche Röhren-Selbstbauaufahrung habe ich mit einer heute noch angewendeten 70cm-K2RIW, also mit 2 Tetroden 4CX250, erhalten. Danach mußte ich beim Bau von 2*2C39-Endstufen für 23cm feststellen daß das Handling von Trioden in Grounded-Grid-Schaltung wesentlich einfacher ist als das von Tetroden, da alle Anforderungen an Gitterspannungen sich nahezu von selbst erledigen. Damit war für mich genügend Anreiz gegeben eine Endstufe mit GS35b in Grounded-Grid versuchen aufzubauen.

Da mir zu dieser Zeit (Anfang 1995) noch keine anderen Vorschläge für eine Endstufe mit dieser Röhre vorlagen war mein Gedanke einen Vorschlag zu finden der für die 8877 geschaffen sich aber auch dazu eignet die mechanisch etwa doppelt so große GS35b aufzunehmen. Nach einiger Suche stieß ich auf den Vorschlag von W6PO², der mir geeignet schien. Nicht zuletzt ist bei W6PO einiges berücksichtigt was die Effizienz und Lebensdauer positiv beeinflussen soll. In diesem Vorschlag sitzt die Röhre auf einem Podest und bestimmt damit nicht direkt die Lage des Anodenresonators (s.a. die Probleme, die CT1DMK in DUBUS 4/96 auf 70cm erwähnt ³).

Eine Lektüre des Original-Artikels ist auf alle Fälle empfehlenswert.

Als Materialien habe ich hauptsächlich Aluminium für das Gehäuse und Kupfer bzw. Messing für alle anderen Teile verwendet. Alle Schrauben sind aus V2A oder Messing (V2A ist mechanisch stabiler, aber manchmal waren aus vorhergehenden Projekten Messingschrauben übrig). Die HF-führenden Teile sind bislang noch nicht versilbert. In den meisten Fällen laufen die Schrauben in Gewinde, die ins gegenüberliegende Blech geformt wurden, lediglich mechanisch stark belastete Verbindungen und die Befestigung des Gitterrings auf dem Podest sind mit Muttern ausgeführt. Zur Herstellung der Gewinde lohnt sich der Kauf eines spanlosen Gewindeformers anstelle der sonst bekannten Gewindeschneider. Damit werden die Gewinde in Aluminium wesentlich stärker belastbar. Die großen Löcher lassen sich am einfachsten mit einem Lochschneider bohren oder auch wie ich es tat mit der Laubsäge sägen.

Bei genauem Hinsehen wird auffallen, daß zwischen den Fotos und Zeichnungen teilweise kleine Unterschiede bestehen. Dies deshalb, weil ich in diese Beschreibung schon Erfahrungen eingearbeitet habe, die ich beim Bau dieser und dem Versuch einer weiteren GS35b-Endstufe für das 70cm-Band erhalten habe.

E: After I got some russian GS35b tubes I noticed their close proximity to the american 8877 (3CX1500). Nearly all datas were equal. I got my first successful experience with homebrewing of tube power amps with an until last year used 70cm K2RIW using 2 times 4CX250. After finishing this project, I found that working with triodes is much easier when building a 2 x 2C39 for 23cm, since nearly all efforts for grid voltage are self-solved when the tube is operating in ground-grid mode. This was the trigger for me to try to build an amp with the GS35b working in grounded-grid mode.

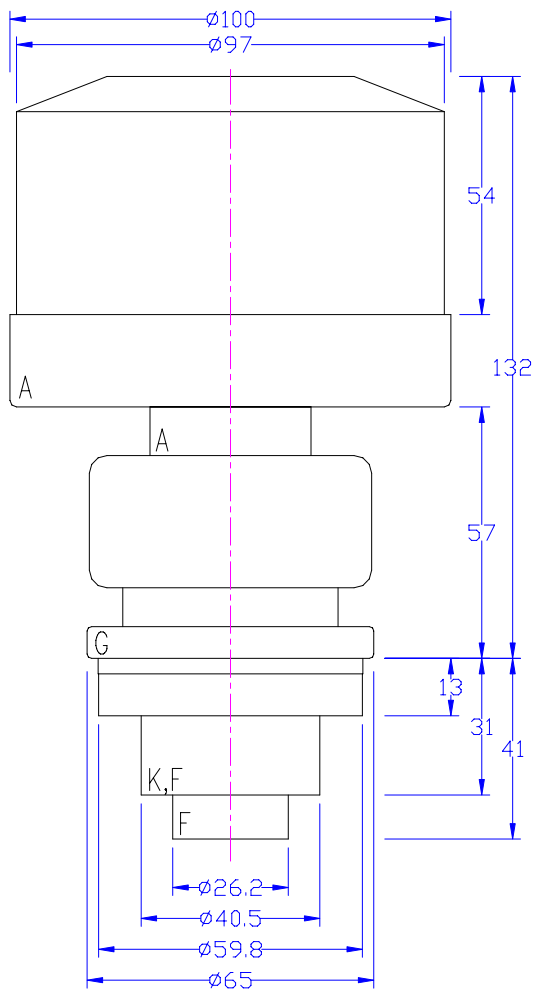
At that time there were no other descriptions using a GS35b published or known, and so I searched for a description which was made for an 8877, but able to carry the nearly double-sized GS35b. After doing some search I found the amplifier which was designed by W6PO². That seemed to be suitable, because the tube did not a stripline's position and also there were some items which should increase efficiency and life time. The tube is mounted on a pedestal and the resonating lines are at the side of the tube parallel to it. The problems solved by doing so can also be compared to the problems mentioned by CT1DMK in DUBUS 4/96 ³.

I suggest anytime to have a look at the original description.

I mostly used aluminium for the cavity and copper or brass for all the other parts. All screws are made from stainless steel, only some due to availability are brass types (stainless steel screws are mechanically also more stable than brass ones). All RF guiding parts are not silver plated. In most times the screws are directly fed into –gewinde- which were formed into the sheet metal opposite. Only the mechanically forced screws and the grid contact ring are screwed using nuts opposite. Its useful to buy a –spanlos- -gewinde- tool and not to use those well known cutters. The -gewinde- will become much better when using this tool and will withstand higher forces. All large holes were cutted on a drill or were sawed using a hacksaw and cleaned by file.

When looking carefully to the pictures below you will recognize that there are differences between some drawings and the photos. This is because some photos were easier taken at the 70cm amp where many experiences and improvements of the 144MHz were used. All drawings are at least the reference.

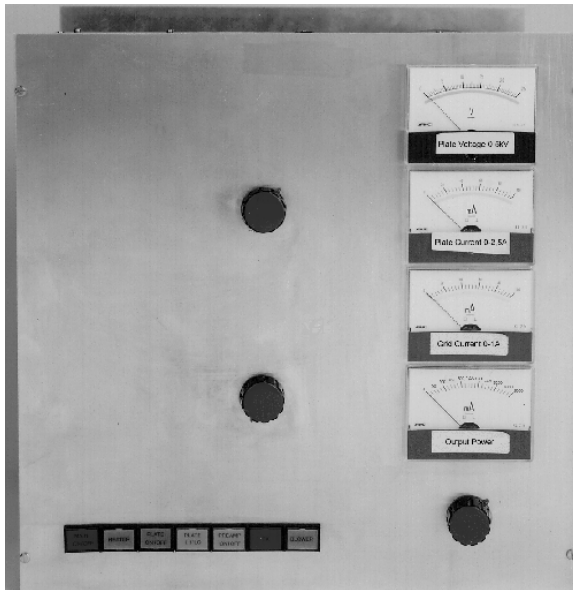
2.1 Daten der verwendeten Röhre GS35a/b / Tube Datasheet of GS35a/b



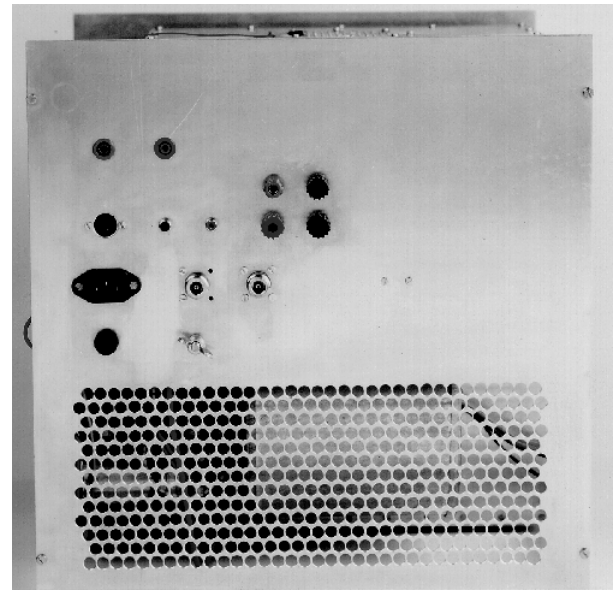
Picture 2: Abmessungen der GS35b
Dimensions of the GS35b

<u>Typical Operation:</u> $U_F = 12,6\text{ V}; U_A = 2,5\text{ kV}, I_A = 400\text{ mA}$					
Filament Current		$I_H =$	$2,95 \pm 0,3\text{ A}$		
Max. Cathode-Pulse Current (at $U_A = U_G = 600\text{V}$)		$I_K =$	15 A		
Grid Voltage		$I_G =$	$-9 \pm 3\text{ V}$		
Transductance (at $U_G = 1\text{V}$)			$30 (+10/-5)\text{ mA/V}$		
Plate Dissipation (CW) (at $f = 500\text{MHz}; I_A = 700\text{mA}$)		$P_A \geq$	800 W		
Plate Dissipation (CW) (at $f = 1000\text{MHz}; U_A = 2,2\text{kV}; I_A = 800\text{mA}$)		$P_A \geq$	350 W		
Capacitances:	Input		$21 \pm 3\text{ pF}$		
	Output		$4,5 (+0,5/-0,7)\text{ pF}$		
	Throughput		$\leq 0,12\text{ pF}$		
<u>Maximum Ratings:</u>					
Cathode Current		$I_K =$	$1,4\text{ A}$		
Filament Voltage		$U_F =$	$11,9 - 13,3\text{ V}$		
Anode Voltage		$U_A =$	3 kV		
Grid Voltage		$U_G =$	-400 V		
Anode Voltage (Pulse Operation)		$U_A =$	6 kV		
Grid Voltage (Pulse Operation)		$U_G =$	120 V		
Plate Dissipation	GS35a	$P_A =$	2 kW	Water Cooling	Weight: 850 g
	GS35b	$P_A =$	$1,5\text{ kW}$	Forced Air Cooling	Weight: 2,8 kg
Grid Dissipation		$P_G =$	26 W		
Anode Temperature		$T_A =$	$200\text{ }^\circ\text{C}$		
Grid, Kathode Temperature		$T_G; T_K =$	120°C		

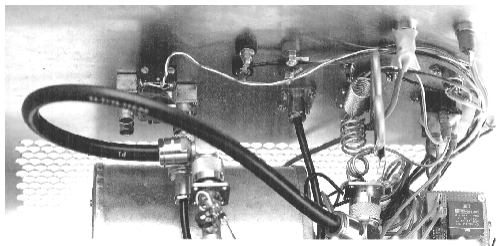
2.2 Gehäuse



**Picture 3: Front view of the amplifier
Vorderansicht der Endstufe**



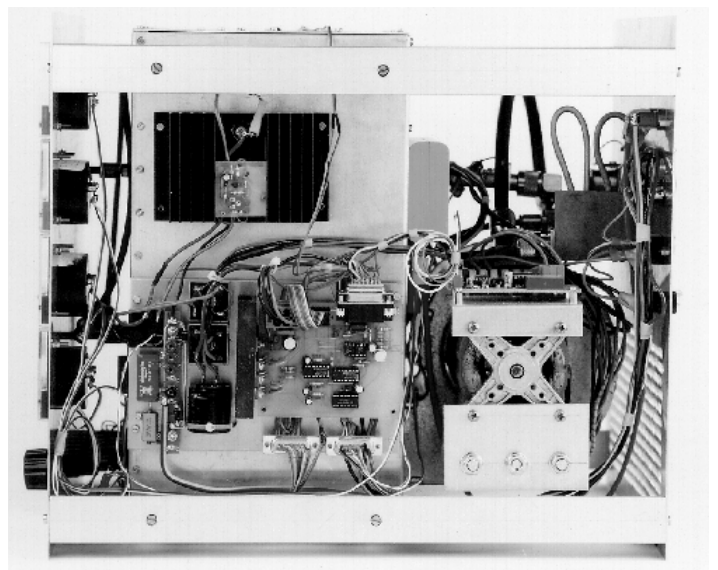
**Picture 4: Rear view of the amplifier
Rückwand der Endstufe**



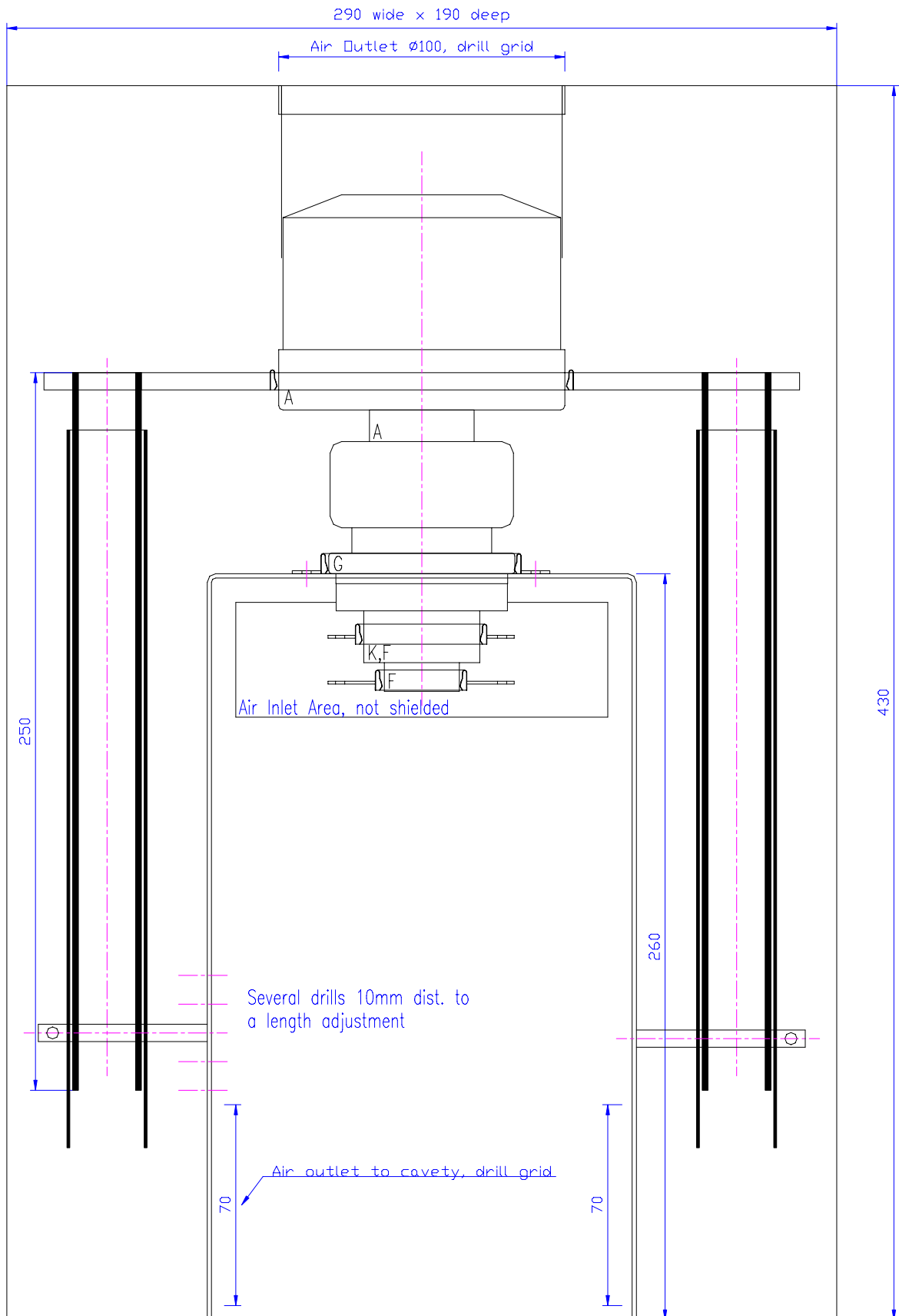
**Picture 6: Rear wall from inner side
Rückwand von innen**

D: Das Gehäuse des Resonators ist 430 mm hoch, 190 mm tief und 290 mm breit. Es besteht aus drei zu biegenden Teilen und einem Deckel aus jeweils 1,5mm dickem Aluminiumblech. Hierfür liegen nur Handzeichnungen vor, nach denen mir ein metallverarbeitender Betrieb die Teile gebogen hat (). Die Stoßstellen sind mit M3x8-Schrauben verschraubt, welche gleichmäßig verteilt alle ca. 30mm eine Verbindung herstellen. Eine andere Möglichkeit sind selbstschneidende Blechschrauben 3mm x 8mm. Die Schrauben müssen aus Edelstahl oder Messing sein um magnetische Effekte auszuschließen.

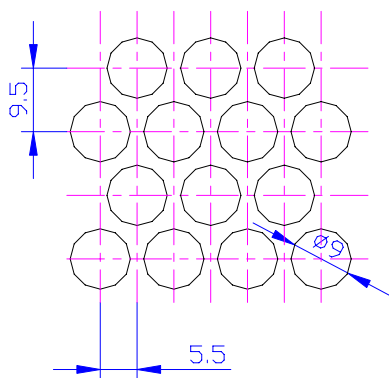
E: The cavity cabinet is 430 mm high, 190 mm deep and 290 mm wide. It consists of three parts which are already bent to have the lips at it where the screws opposite is threat. I used 1.5 mm thick sheet aluminium. I only have hand-sketches of these parts, a sheet metal worker bent the parts for me. These drawings can be found on my web page. On the interconnections screws are used every 30mm, but even when using only a third of them the amp works stable. There is another possibility to use self cutting screws 3mm x 8mm. But always remember that these screws must be from brass or stainless steel to avoid any magnetic effects.



**Picture 5: Side view showing control- and supervision circuits
Seitenansicht mit Steuer- und Überwachungsschaltung**



Picture 7: Side view of the resonator
Seitenansicht des Resonators



Picture 8: Sample of the drill grid at air throughlets
Beispiel des Lochgitters an den Luft-
durchlässen

- Part C 1:** **Cavity - bottom part**
Gehäuse-Unterteil
- Part C 2:** **Cavity - front part**
Gehäuse-Vorderteil
- Part C 3:** **Tube Pedest**
Röhren-Podest
- Part C 4:** **Cavity Cover**
Deckel

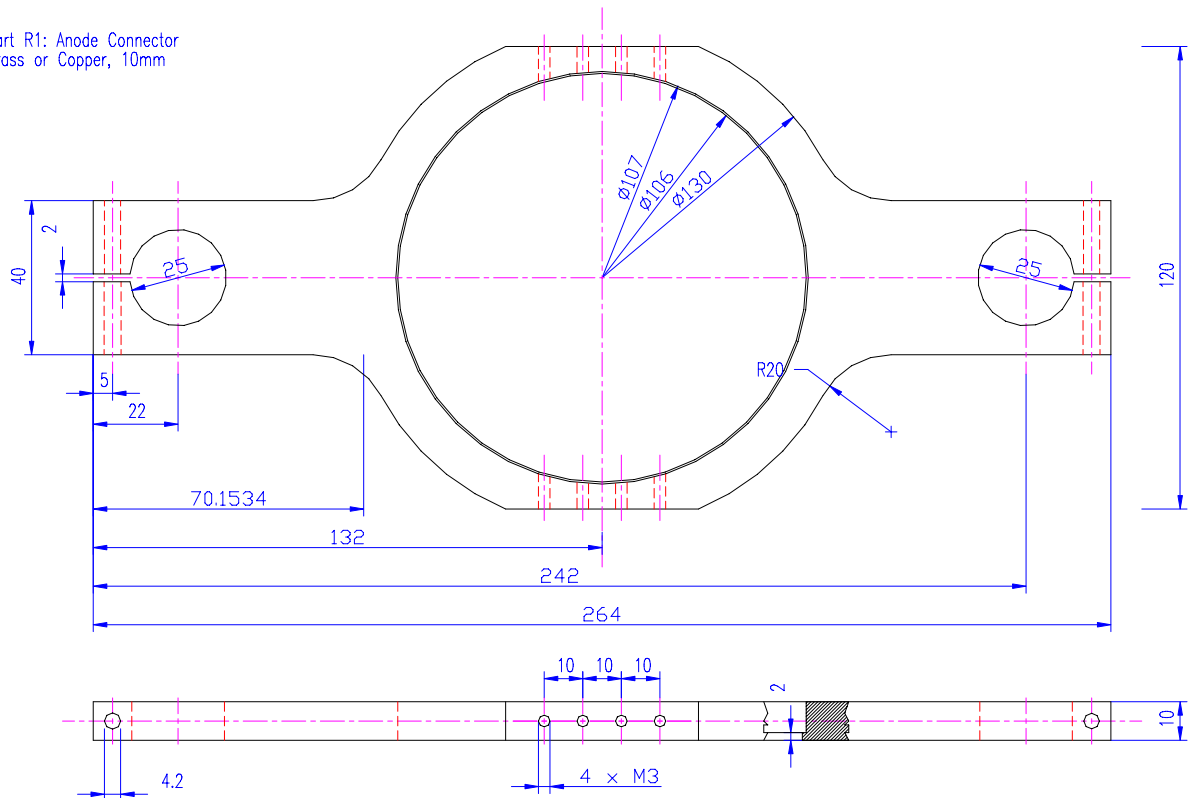
2.3 HF-Schaltung

2.3.1 Schaltplan und Teileliste:

C1:	1000pF/1kV	L2:	4 turns 1.5mm CuAg, 12mm dia, 20mm long,
C2:	25pF air variable / Luftdrehko	L3, L4:	10 turns 1.5mm CuL, bifilar wound, 16mm dia, 30mm long
C3, C4:	Anode resonator, see text (chapter 2.3.1, page 12)	L5, L6:	Anode resonator, see text (chapter 2.3.1, page 12)
C5:	tune capacitor, see text (chapter 2.7, page 27)	L7:	7 turns, 1.5mm CuAg, 16mm dia, 35mm long
C6:	load capacitor, see text (chapter 2.8, page 31)	L8, L10:	3 turns, 2mm CuAg, 10mm dia, 15mm long
C7:	1000pF/7.5kV feedthrough	L9:	4 turns, 2mm CuAg, 13mm dia, 15mm long
C8:	2 x 100pF, 2 x 220pF, 2 x 470pF, 2 x 1nF across filament and cathode	L11:	20 turns 1.5mm CuAg, 16mm dia, 40mm long (safety against HV arco- vers to the output)
C9, C10:	1000pF/1000V feedthrough	P1:	1k Poti
C11:	1nF feedthrough	R1:	10k/10W, safety resistor, mounted direct at the chassis output of C10
C12, C13:	18pF built from 50Ohms teflon coax cable 18cm long, both cable ends connected to coil, take care on distance between inner conductor and ground	R2:	Shunt resistor, extends range of M1 to 1A
C13:	4700µF/25V	R3:	Shunt resistor, extends range of M2 to 1.5A
D1-D4:	1000V/3A diode	R4:	200Ohms/10W, safety resistor
D5:	HP2600 shottky diode	R5-R18:	14 times 357k/0.25W 1% resistors
D6:	bridge rectifier 100V/5A	R19:	2 times 100Ohm/1W carbon resistor
D7, D8:	10V/1.3W zener diode		
L1:	5 turns 1mm CuAg, 12mm dia, 10mm- 20mm long (adjustable)		

2.3.2 Anodenresonator / Plate Resonator

Part R1: Anode Connector
Brass or Copper, 10mm



Part R 1: Anodenkontaktstück (anode connector)

Part R 2: Inneres Resonatorrohr (inner resonator tube), 2 Stück - 2 pieces

Kupfer- oder Messingrohr, Außendurchmesser 25mm x 250mm
Außendurchmesser beim Kauf prüfen!

Copper or brass tube OD 25mm x 280mm long
check OD when buying the tube!

Part R 3: Resonator Isolation, 2 Stück - 2 pieces

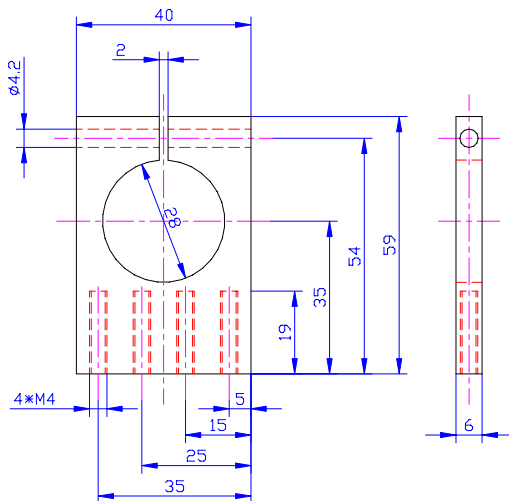
Hostafanfolie 0.25mm dick, 280mm x 160mm, zweimail um Part R 2 gewickelt

Hostafan foil or similar, 0.25mm thick, 280mm x 160mm, wraps 2 times around Part R 2

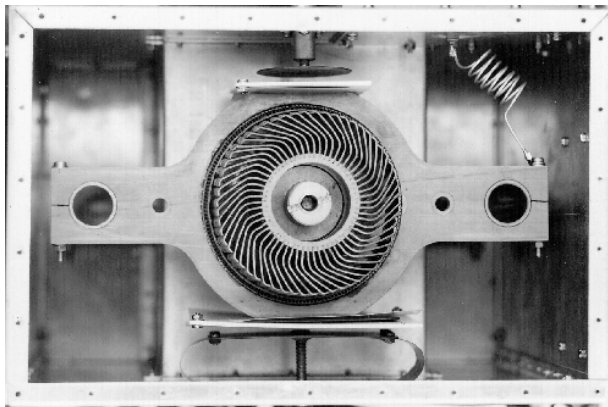
Part R 4: Äußeres Resonatorrohr (outer resonator tube) , 2 Stück - 2 pieces

Kupfer- oder Messingrohr, Innendurchmesser 26mm x 250mm
Innendurchmesser beim Kauf prüfen!

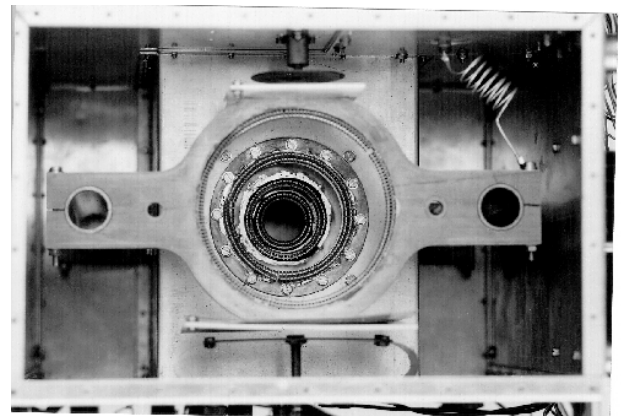
Copper or brass tube ID 26mm x 280mm long
check ID when buying the tube!



Part R 5: Masseklemme für Resonator (resonator ground clamp) , 2 Stück - 2 pieces



**Picture 9: Top view of the 144MHz amplifier with tube inserted
Draufsicht der 144MHz-Endstufe mit eingesetzter Röhre**



**Picture 10: Top view of the 144MHz-amplifier without tube
Draufsicht der 144MHz-Endstufe ohne Röhre**

D: Anders als im Original habe ich den Resonator mit koaxialen Kondensatoren aufgebaut. Ein Frästeil aus 10mm dickem Messing (Part R 1) kontaktiert die GS35b in der Mitte über eingelötetes Fingerstockmaterial und spannt an den beiden Enden je ein Kupferrohr (Part R 2) ein. Dieses Kupferrohr bildet zusammen mit zwei Lagen 0.25mm dicker Hostafan-Folie (Part R 3) und einem weiteren Rohr (Part R 4), dessen Innendurchmesser um 1mm größer ist als der Außendurchmesser des inneren Rohrs, den Koppelkondensator. Hostafan-Folie hat im Vergleich zu Teflon gleichwertige, vielleicht sogar bessere, elektrische und thermische Werte, fließt aber nicht unter mechanischer Belastung (und ist bei mir in großer Menge vorhanden). Das innere Rohr wird zur leichteren Montage am unteren Ende mit Radius R2 abgerundet und die Oberfläche poliert. Sonst besteht die Gefahr daß beim Ineinanderpressen der Rohre die Folie beschädigt wird. Am leichtesten lassen sich die Rohre montieren indem man die Folie etwa 2-4 mm kürzer als der doppelte Umfang abschneidet, dann die Folie aufwickelt und ins äußere Rohr einführt und danach das innere Rohr durch ständiges Drehen gegen die Wickelrichtung der Folie langsam einschiebt.



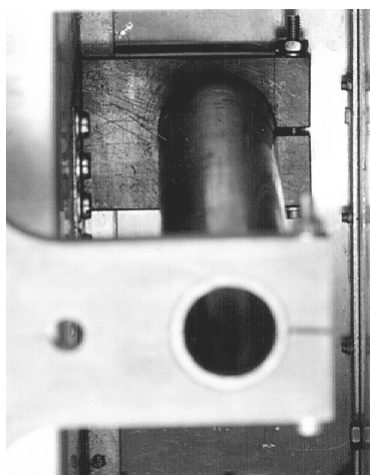
Picture 11: Parts of the resonator (without Part R 2 und Part R 3)
Einzelteile des Resonators (ohne Part R 2 und Part R 3)

Ich möchte aus eigener Erfahrung darauf hinweisen daß man die Durchmesser dieser Rohre beim Kauf kontrollieren sollte. Ich bin mehrfach darauf reingefallen und hatte Kombinationen, die keinen 1mm breiten Luftspalt frei ließen. Auch andere Durchmesserkombinationen sind natürlich möglich, allerdings müssen dann die Klemmteile ebenfalls ange-

passt werden.

E: As a difference to the original I did not use the doorknob capacitors but built my resonator using coaxial capacitors. A milled part made from 10mm thick brass holds the GS35b in the middle where soldered finger stock is used to contact the tube. At its ends there are two milled holes where a copper tube is mounted. Together with a 0.25mm thick Hostafan sheet, which is wrapped two times around the inner conductor and another tube, which fits exactly on the Hostafan wrapped around, a capacitor is built. Hostafan is electrically equal or even better than Teflon, but has much better mechanic characteristics, in special, it does not flow. Also, I have large amounts of it. For an easier mounting and to avoid damages there must be a rounding with R2 at the lower end of the inner tube. Then roll the Hostafan sheet and feed it into the outer tube. While slightly rotating the inner tube against the rolling direction of the Hostafan feed the inner tube it into the combination. For easier monting cut the Hostafan just around 2-4mm shorter than the double circumference.

I want to note from my experience that you should check the diameters of the capacitor tubes since they not always leave an 1mm gap. Tolerances are very high there. Its of course also possible to use other diameter combinations, but be shure to adapt the other milled parts then, too.



**Picture 12: View of one mounted resonator tube
Resonatorrohr im montierten Zustand**

D: Das masseseitige Ende der beiden Resonatorrohre wird wieder über ein Frästeil (Part R 5) mit dem Röhrenpodest verschraubt. Dieses Teil kann entlang des Resonators und Podests in 10mm-Schritten versetzt werden und bestimmt grob die Eigenresonanz des Kreises. W6PO beschreibt im Original die genaue Vorgehensweise.

Alle Verschraubungen wurden über viele Schrauben vorgenommen, oder es wurden direkte Passungen ausgearbeitet, um Übergangswiderstände so klein wie möglich zu halten.

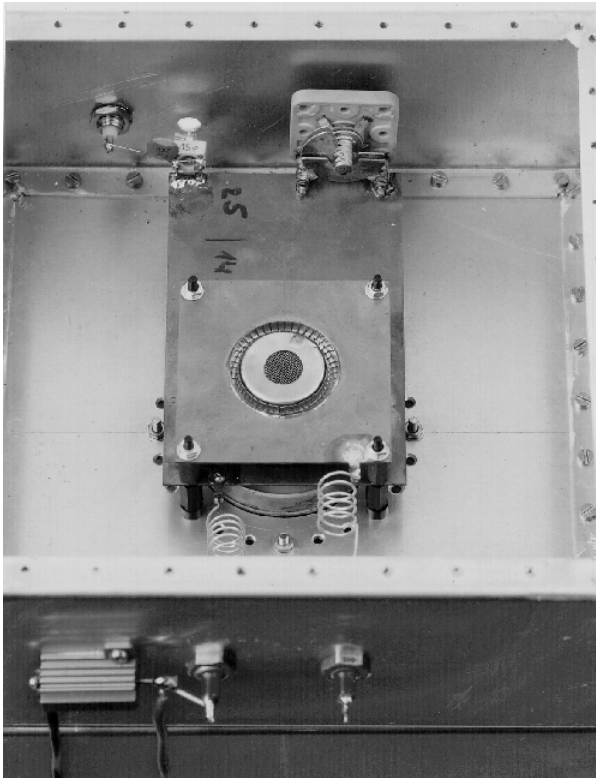
Endstufe um 80mm kürzer. Übrigens war mein Fehler daß ich bei der Länge meines Resonators die Anschlußschleife bis zu den Tonnenkondensatoren nicht berücksichtigt hatte und mein Resonator daher anfangs zu kurz war. Ich mußte bei meinem Aufbau den Resonator bis in den Luftdurchlaß unten am Podest verlängern, hier in der Beschreibung ist diese Verlängerung bereits eingearbeitet.

E: One side of the resonator's tubes is connected to ground at the podest using a precise milled part (Part R 5). This part can be moved in 10mm steps along the tube and therewith sets roughly the resonance frequency. This part of alignment can be found in W6PO's description in detail.

All connections are made using many screws or precise matches to reach as low as possible resistances between the parts.

Of course it is possible to built a resonator equal to W6PO's original. The resonator tubes then will become 80mm shorter than shown here. By the way, it was an mistake I made not to consider the length of the loop connecting the doorknob capacitors to the tube in the original, and therewith my resonator became too short for the first tries. Just after lengthening mine down across the air holes made it resonating on 144MHz. Here in this description that experience is already included.

2.3.3 Eingangsschaltung / Input Circuit



Picture 13: 70cm input circuit with feedthrough capacitors C9/C10

D: Die Eingangsbeschaltung habe ich mit einer Ausnahme vom Original übernommen. Zuerst habe ich die Spule L1 wie von W6PO vorgeschlagen mit einem Kern abgleichbar gemacht, dort aber schon Probleme mit dem genauen Wert mangels Vergleichstyp bekommen. Zudem wurde der Kern bei Vollaussteuerung zu heiß und der Spulenträger schmolz. Da aber die Anpassung stimmte, maß ich die Induktivität mit einem Grid-Dipper und wickelte eine Luftspule aus 1mm CuAg, deren Länge ich von außen mit einem Holzstäbchen, durch dessen Ende ein Ende der Spule läuft, abgleichen kann. Damit ist die Eingangsanpassung SWR 1:1. Ebenfalls möglich ist aber die Eingangsschaltung nach DJ9RE⁴. Wichtig erscheint mir der Trennkondensator C1 (1nF/1kV) direkt am Eingang, der die Steuerstufe gegen irgendwelche DC schützt.

Die Heizspannung wird über zwei ineinander (bifilar) gewickelte Spulen L3 und L4 zugeführt. Zwei Durchführungskondensatoren blocken gegen Masse ab. Wichtig ist auch hier Kondensatoren mit einigermaßen Spannungsfestigkeit zu verwenden. Mir ist es passiert daß nach einem Hochspannungsüberschlag einer der Kondensatoren einen Thyristoreffekt zeigte, damit die von außen abgleichbare Gittervorspannung nicht mehr wie vorgesehen wirkte und ich mir mehrere Wochen lang das DC-Verhalten der Endstufe nicht mehr erklären konnte.

Direkt am Ausgang des Durchführungskondensators, der an die Kathode angeschlossen ist, sichert ein 10k/10W-Widerstand die Gitterspannung gegen unbeabsichtigtes Hochlaufen, z. B. bei defekter Gitterspannungsstabilisierung oder auch nur Kabelbruch, ab.

Picture 13 zeigt die Lösung der 70cm-Version (übrigens eine Kopie der von CT1DMK vorgeschlagenen Speisung). Wenn man sich die Streifenleitung wegdenkt und stattdessen beide Bleche quadratisch macht, erhält man die für die 144MHz-Version vorgeschlagene Lösung. Die HF-Zuführung geschieht wie im Schaltplan angegeben.

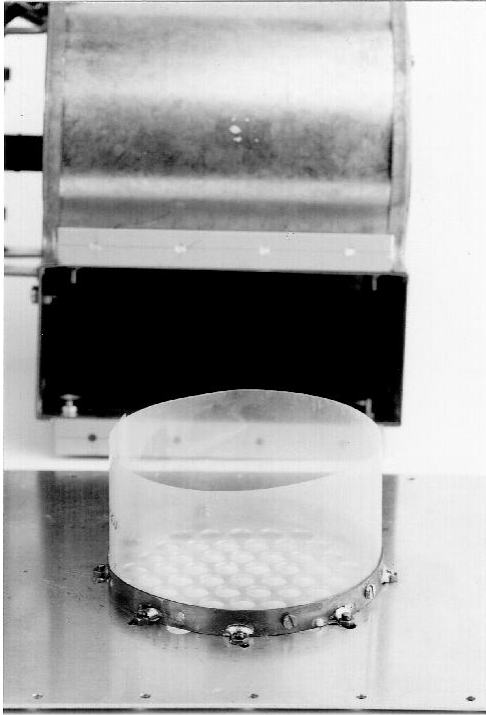
E: The input circuit was copied from the original with one exception. First I used a alignable input coil L1 as suggested by W6PO with a ferrite core, but I did not find an exact replacement. The replacement I found nevertheless became too hot when driven high, and so the coil's body melt. But because I had a good input SWR I measured the inductance of L1 and wound an air coil from 1mm CuAg. This coil is fixed on one end, and the second end is feed through a wooden stick, so its length can be aligned from outside of the cavity. With this shape of L1 it does not become warm, and reaches an input SWR of again 1:1. But it seems to be possible to use also the input design suggested by DJ5RE¹. The only important fact is to keep on a good capacitor C1 (1nF/1kV) directly at the input to protect the driver from any DC voltage anyway.

The filament voltage is feed through two inside each other (bifilar) wound coils L3 and L4. Two feedthrough capacitors are used to block the power against ground. Its also important to use high voltage parts here. In my case it happend that during an arc-over high voltage appeared across them and one of these also arced over. It showed a kind of thyristor effect after that, and so the outside set grid voltage did no longer show an explainable behaviour for several weeks.

Straight at the output of the grid blocking feedthrough you will find a 10k/10W resistor which prevents the grid from raising in case of any failure in the grid circuit or cableing outside.

In Picture 13 you can see the solution made for the 70cm version (by the way, it is a copy of CT1DMK's input stripline). For the 144MHz version you must just think both sheets are squares. The input power is then feed like shown in the circuit diagram.

2.4 Luftführung / Cooling Air Flow



Picture 14: Chimney for air outlet, background is the blower
Kamin am Luftausgang, im Hintergrund das Gebläse

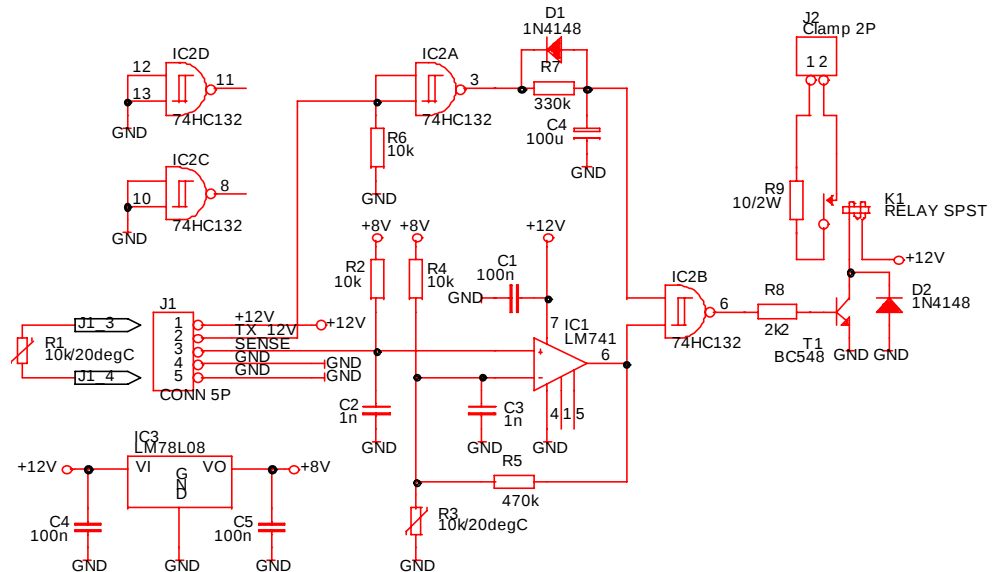
D: Die GS35b ist eine Röhre, die sich nach meiner Erfahrung ganz anders verhält als ich das von der 4CX250 kenne. Die 4CX250 erzeugt einen sehr heißen Abluftstrom ohne lange Verzögerung nach Sendebeginn. Dagegen besitzt die GS35b eine sehr große thermische Trägheit, d.h. die Wärme wird erst einige Zeit später (etwa 15-30sec) an die Kühlluft abgegeben. Vorteilhaft ist daß man durch die GS35b sehr viel Luft blasen kann. In meinem Fall verwende ich ein Radialgebläse mit 15cm Breite und 17cm Durchmesser. Das thermische Verhalten der GS35b muß bei der Kühlung berücksichtigt werden. In meiner Endstufe gibt es zwei Lüfterstufen, einmal für Standby ein leichter Luftstrom, und dann beim Senden volle Luftleistung, wobei diese zum einen mit 30s Nachlauf beim Zurückschalten auf Empfang und zusätzlich durch eine Temperaturmessung abgesichert ist. Die Lüftersteuerschaltung (Schematic 2) berücksichtigt diese Punkte.

Wichtig ist zu erwähnen daß man zwischen den Konus des Röhrenkörpers der GS35b und dem Kühlkörper etwas Wärmeleitpaste einbringen sollte.

E: A GS35b is a tube which behaves much different to the well known 4CX250. The 4CX250 delivers a very hot air output without a large delay after start of transmission. In opposite, the GS35b has a long thermic delay, which means that the heat is delivered to the cooling air long (around 15-30sec) after start of transmission. It is an advantage of the GS35b that it has a low airflow resistance and therewith you are able to blow very much air through it. I am using a blower with 15cm width and 17cm diameter. The blower is driven using two steps, first a low power during reception and a high power during transmission. The thermic delay is considered as far as the blower keeps 30sec on high power after the end of the transmission and it also measures the temperature difference between input and output. The blower control circuit is responsible for that (Schematic 2).

It is important to mention that heat compound should be used to improve heat transfer from the tube's body to the radiator at the mounting cone.

D: Mit Hilfe des NTC-Widerstands R1 und IC1 wird die Ablufttemperatur überwacht. R3 gibt einen Referenzwert der Umlufttemperatur und erlaubt damit eine gewisse Differenztemperaturmessung. Zuvor ist es immer wieder vorgekommen daß bei warmer Außentemperatur der Lüfter dauernd auf hoher Stufe lief. Der PTT-Kontakt geht auf das mit R7 und C4 aufgebaute



**Schematic 2: Blower Control Circuit
Gebläsesteuerung**

RC-Glied und sorgt dafür, daß der Lüfter beim Zurückschalten auf Empfang noch ca. 30s nachläuft, um die Röhre wie oben erwähnt nachzukühlen, wenn die gesamte Wärme noch nicht abgegeben wurde.

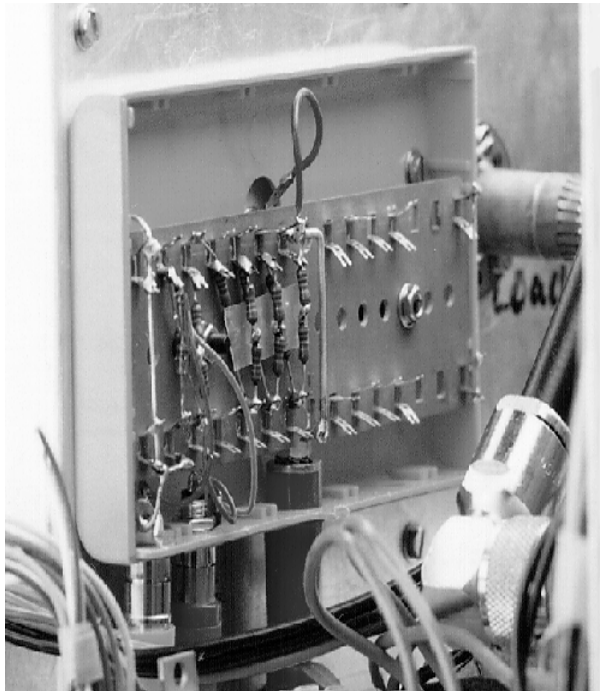
Die Luft wird vom Gebläse in das Innere des Röhrenpodests geblasen und kühlt damit zuerst die Kathode der Röhre. Durch ein durch Bohrungen realisiertes Lochblech am unteren Ende des Podests fließt die Luft weiter an den beiden Resonatoren vorbei nach oben. Durch einen Kamin zwischen Röhre und Deckel (Picture 14) wird die Luft gezwungen das Gehäuse durch den Radiator der GS35b zu verlassen. Durch diese Art der Luftführung werden alle Teile der Endstufe ständig gekühlt und auf Raumtemperatur gehalten. Dies soll das thermische Verhalten stabilisieren. Der Kamin besteht aus einem Stück Hostafan-Folie 0.25mm. Am Deckel ist er an einen zu einem Ring gebogenen Kupferblechstreifen mit 10mm Breite geschraubt, der wiederum über angelötete M3-Muttern mit dem Deckel verschraubt ist.

E: The blower control circuit is using two NTC resistors, where one is mounted on the PCB, one is mounted at the air output of the cavity. Doing so, a differential temperatur measurement happens. When using just a single NTC it often happens that the blower is continously on at warm outside temperatures. The PTT input drives the time delay circuit around R7 and C4 and is responsible for an around 30s time when the blower remains on after transmission to cool down the tube.

The air is blown into the inner side of the podest and is so first cooling the cathode. On the bottom of the podest airholes allow its entry into the anode cavity, and so the air further flows along both resonator tubes. Finally it is forced to leave the cavity through the tube's heatsink and a chimney made from Hostafan foil like shown in Picture 14. Doing so all parts of the tube are cooled well and hold on room temperature. This improves temperatur stability very much.

The chimney is made from 0.25mm thick Hostafan foil and mounted to the top cover using a copper strap which is formed to a ring. This ring has some M3 nuts soldered, which are used to screw the ring to the top cover.

2.5 Gleichstromverschaltung / DC connections



**Picture 15: High voltage input with voltage divider
Hochspannungseingang mit Spannungsteiler**

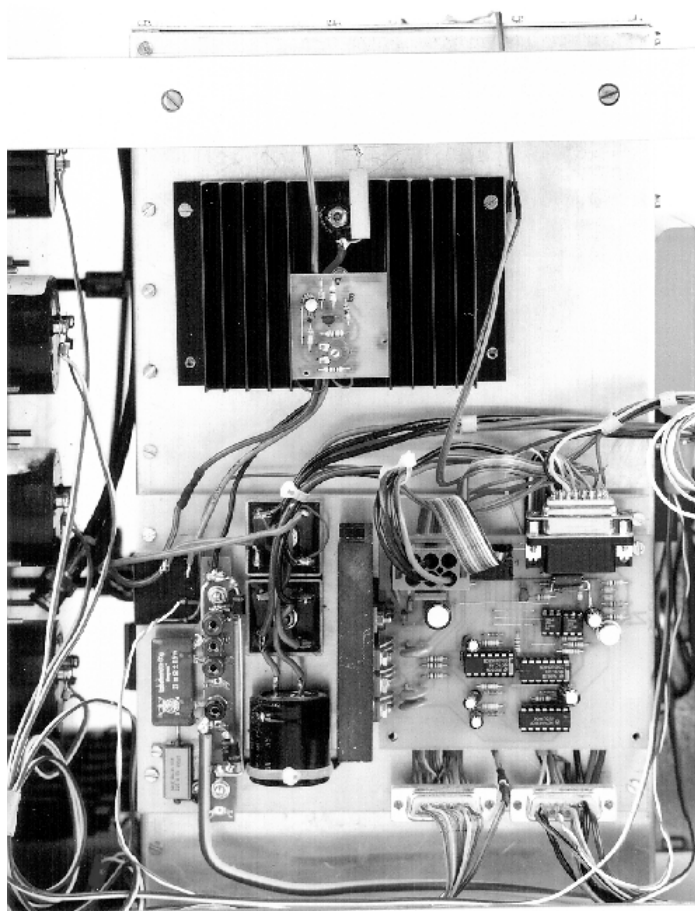
D: Einige Vorschläge für die Gleichspannungsseite der Endstufe habe ich aus K1FO's Vorschlag für eine 8877⁵ entnommen. Die Hochspannung wird wie im Schaltbild Schematic 1 gezeichnet über einen Durchführungskondensator zugeführt. Dieser ist durch ein kleines Kunststoffgehäuse (Picture 15) abgedeckt, welches einerseits zur Befestigung der DC-Eingangsbuchse J5 dient, andererseits den Spannungsteiler (R5-R18, D6, D7, J3 und J4) aufnimmt. Dieser Spannungsteiler ist so bemessen, daß er 1mA Strom bei 5000V Anodenspannung liefert und besitzt zwei Abzweigungen, um unabhängig das Meßgerät auf der Frontplatte und die Überwachung auf der Steuerungsplatine zu versorgen.

Ein kleines Kunststoffgehäuse nimmt den Spannungsteiler zur Anodenspannungsmessung auf. Dieses wird direkt über den Durchführungskondensator montiert und schützt diesen gegen Berührung. (Picture 15). Ein

großes Problem bei allen Endstufen ist immer die Hochspannungsführung. Ich habe mich mangels anderer Verfügbarkeiten für geschützte Laborsteckverbinder entschieden, auch wenn diese sicher noch nicht das absolut beste darstellen. Bis jetzt haben diese über ein Jahr problemlos funktioniert.

Die Messung des Kathoden- und Gitterstroms (Picture 16, links unten) ist so ausgeführt daß über separate Meßwiderstände R2 und R3 ein kleiner Teilstrom dem Anzeigeinstrument zugeführt wird. Damit führt ein Ausfall eines Meßinstruments oder einer Verbindung nicht unmittelbar zu - möglicherweise ernsthaften - Problemen. Alle Meßinstrumente sind über jeweils zwei antiparallele Dioden 1000V/3A geschützt. Ferner schützt ein 200Ohm/10W-Widerstand die Masseleitung der Hochspannungsversorgung gegen unbeabsichtigtes Hochlaufen. Dieser Widerstand soll daher möglichst nahe am B-minus-Eingang auf Masse angeschlossen sein.

2.5.1 Steuerungs- und Überwachungsschaltung



**Picture 16: Control- and supervision circuits
Steuer- und Überwachungsschaltung**

hen, ein davon abgezwigter Querstrom von ca. 1mA versorgt den Optokoppler IC8. Die Ausgänge der Optokoppler werden über IC2B bzw. IC2A gefiltert und D1 sowie D10 AND-verknüpft. Sind beide vorhanden gehen die Ausgänge von IC2B und IC2A nach High und über R23 und R24 lädt sich der Kondensator C14 auf. Erreicht dieser die Schaltschwelle von IC3B und ist gleichzeitig der zweite Eingang des AND-Gatters high, d.h. Anodenspannung eingeschaltet, wird über T3 die Anodenspannung zugeschaltet.

Von der Anodenspannung wird ein bei 1mA Querstrom abgezwigt und IC6 zugeführt. IC2C filtert den Ausgang. Mit IC2D werden alle überwachten Spannungen zusammengefaßt und bilden das *Ready*-Signal, welches die prinzipielle Betriebsbereitschaft anzeigt. IC5F invertiert das Signal und treibt gleichzeitig die LED für den *Standby*-Zustand.

Das PTT-Signal kann aus mehreren Quellen stammen. Zum einen ist der Anschluß einer HF-Vox vorgesehen. Diese zieht bei Aktivierung den Eingang von IC5D auf Low. C8 ist dazu vorgesehen bei SSB-Betrieb diesen Low-Zustand eine gewisse Zeit zu halten um ein Klappern der Relais zu verhindern. Die Haltefunktion ist mit Hilfe von T1 abschaltbar. Wenn die VOX die Endstufe aktiviert, zeigt eine LED am Ausgang von IC5D an.

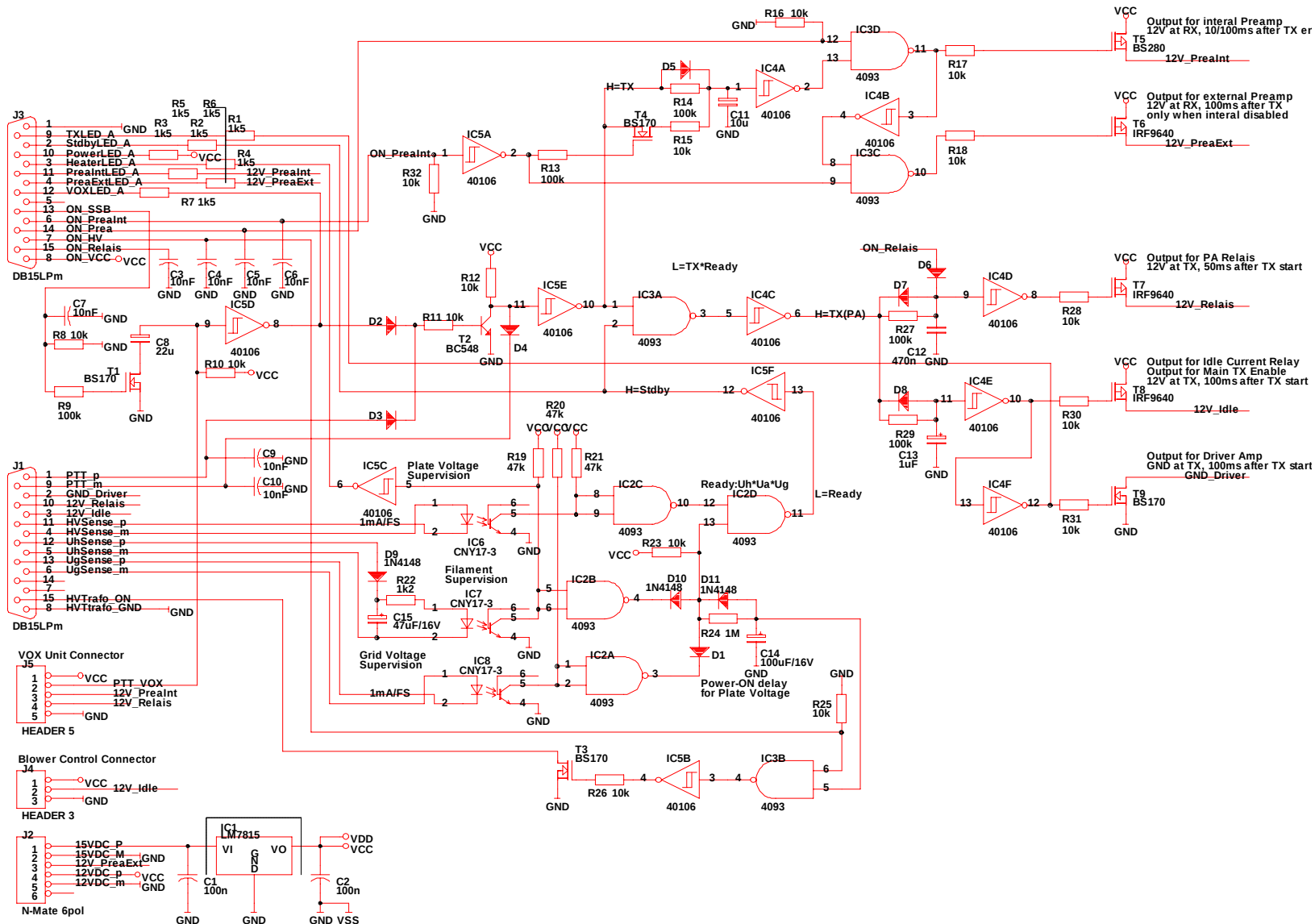
Das PTT-Signal kann ferner aus einer direkt zu speisenden Spannung stammen, welches über D3 dem VOX-Signal parallelschaltet wird. Dieses Positivsignal wird mit T2 invertiert, dem entstehenden Negativsignal kann ein Schaltsignal mit PTT=Low über D4 parallelschaltet werden. IC5E filtert das Ausgangssignal.

Um möglichst unabhängig zu werden wollte ich in diese Endstufe alle Teile einbauen, die für den Betrieb nötig sind, so z. B. Einschaltverzögerung, RX/TX-Sequencer und Vorverstärkeransteuerung. Zu diesem Zweck entwarf ich eine Schaltung und löste eine Leiterplatte auf. Dies war zwar viel Aufwand, der sich aber bei allen Schritten der Inbetriebnahme und des täglichen Gebrauchs bewährt hat.

Das steuernde Funkgerät ist so modifiziert daß ein getrennter Eingang für das Empfangssignal vorhanden ist (externer RX-Eingang über eine SMA-Buchse). Damit reicht ein Koaxrelais direkt nach der Antenne aus, empfangsseitig folgt dann der Vorverstärker und ein Kabel direkt in das Gerät. Sendeseitig folgt nach dem Funkgerät die Treiberendstufe (hier MRF141G) und die beschriebene GS35b-Endstufe. Bis auf Übersprechen auf dem Koaxrelais kann daher nie Sendeleistung in den Vorverstärker gelangen. Aus den Zeiten der ersten Versuche kann ich einen ausgebrannten SSB-Elektronik-Vorverstärker vorweisen...

Funktion der Steuer- und Überwachungsschaltung:

Die Kombination aus D9/C15 richtet die Heizspannung gleich und versorgt den Optokoppler IC7. IC5C treibt den Strom für eine LED, die den Heizzustand anzeigt. Für den Betrieb mit Tetroden ist IC8 vorgesehen.



Schematic 3: Control- and supervision circuit
Kontroll- und Überwachungsschaltung

Das gefilterte PTT-Signal wird nun am Gatter IC3A mit dem Standby-Signal verknüpft und kann damit die Endstufe auf Sendung schalten. IC4C sorgt für ein High bei Sendung. Über das RC-Glied aus R27 und C12, Filterung auf IC4D sowie Verstärkung auf T7 werden 50ms nach Beginn die PA-Relais umgeschaltet. Über die Diode D6 kann eine Spannung ein Schaltsignal die PA-Relais auf Dauerbetrieb schalten, falls diese eingebaut sind und nur zeitweise in Betrieb sind. Das RC-Glied aus R29 und C13, IC4E und T8 schalten die Endstufe nach 100ms zum eigentlichen Betriebszustand. Gleichzeitig wird über IC4F das Signal invertiert, die LED für den Sendezustand angesteuert. Mit dem Transistor T9 wird eine möglicherweise vorhandene Treiberendstufe aktiviert.

Für den Vorverstärker sind zwei Lösungen vorgesehen, sowohl der Betrieb mit einem integrierten Vorverstärker als auch der eines externen Vorverstärkers. Das Signal ON_Prealnt von J3 schaltet die beiden Modis um. Beim Betrieb mit internem Vorverstärker wird dann über T4 und R15 die Einschaltverzögerung beim Beginn des Empfangs um den Faktor 10 verkürzt. Das PTT-Signal wird über ein RC-Glied R14/C11 beim Beginn des Empfangs verzögert und IC4A gefiltert. An IC3D wird das Einschaltsignal für den Vorverstärker von der Frontplatte verknüpft. T5 verstärkt das Signal und versorgt den internen Vorverstärker. Über die Folge ON_Prealnt=Low, IC5A(2)=High, IC3C(9)=High kann falls der interne Vorverstärker abgeschaltet ist auch der externe Vorverstärker versorgt werden.

Durch die hauptsächlich eingesetzten Schmitt-Trigger-Bausteine und die großzügige Abblockung zeigt die Steuerschaltung keine störenden HF-Einflüsse.

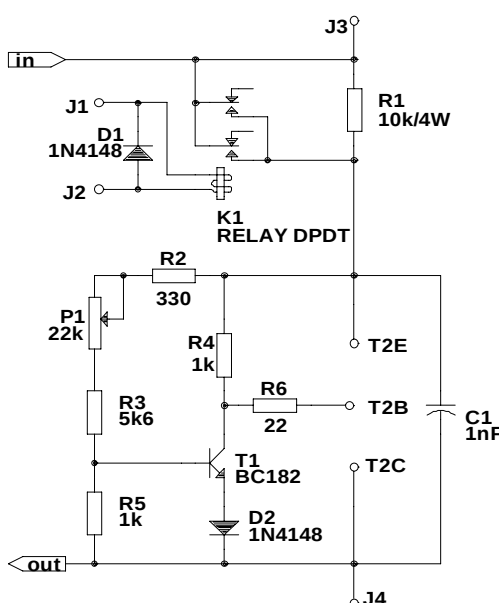
Table 1: Steckerbelegung J1

1	PTT_p	In	Positive Schaltspannung zum Senden	Positive Voltage for transmission
2	GND_Driver	Out	Low-Ausgang zur Treiberstufe	Low-Output for driver stage
3	12V_Idle	Out	Versorgung des Idle-Relais	Supply of the idle current relay
4	HVSense_m	In	1mA-Schleife der Hochspannungsüberwachung, Minuspol	Neg. pin of 1mA loop from high voltage supply
5	UhSense_m	In	Eingang der Heizspannung	Input of filament voltage
6	UgSense_m	In	Eingang der G2-Spannung, Minuspol	Neg. pin of 1mA loop of screen grid supply
7	n.c.			
8	HVTrafo_GND	Out	GND des Einschaltsignals zum Hochspannungsversorgung	Ground for the switching signal for the high voltage supply
9	PTT_m	In	Ground-Schalteingang zum Senden	Ground for transmission
10	12V_Relais	Out	Versorgung der PA-internen Relais	Supply for the PA internal bridge relay
11	HVSense_p	In	1mA-Schleife der Hochspannungsüberwachung, Pluspol	Pos. pin of 1mA loop from high voltage supply
12	UHSense_p	In	Eingang der Heizspannung	Input of filament voltage
13	UgSense_p	In	Eingang der G2-Spannung, Pluspol	Pos. pin of 1mA loop of screen grid supply
14	n.c.			
15	HVTrafo_ON	Out	Schaltsignal für Hochspannungsversorgung	Switching Signal für the high voltage supply.

Table 2: Steckerbelegung J3

1	GND	-	Anschluß für alle LED-Kathoden	Connection of all LED cathodes
2	StdbbyLED_A	Out	LED für Standby	LED for standby
3	HeaterLED_A	Out	LED für Heizung	LED for filament
4	PreaExtLED_A	Out	LED bei externem Vorverstärker	LED for external Preamp
5	n.c.			
6	ON_Prealnt	In	Schalter für internen Vorverstärker	Switch for internal Preamp
7	ON_HV	In	Schalter für Hochspannungsversorgung	Switch for high voltage supply
8	VCC	-	Zweiter Anschluß aller Schalter	Second connection of all switches
9	TXLED_A	Out	LED für Sendung	LED for transmission
10	PowerLED_A	Out	LED für Betriebsspannung	LED for valid power supply
11	PrealntLED_A	Out	LED für internen Vorverstärker	LED for internal preamp
12	VOXLED_A	Out	LED für Sendung aufgrund VOX	LED when transmission due to VOX
13	ON_SSB	In	Schalter für SSB/FM-VOX	Switch for SSB/FM vox behaviour
14	ON_Prea	In	Schalter für externen Vorverstärker	Switch for external Preamp
15	ON_Relais	In	Schalter für Dauerbetrieb der PA-Relais	Switch for continous operation of the PA relays

2.5.2 Gittervorspannungserzeugung



**Schematic 4: Grid bias supply
Gittervorspannungserzeugung**

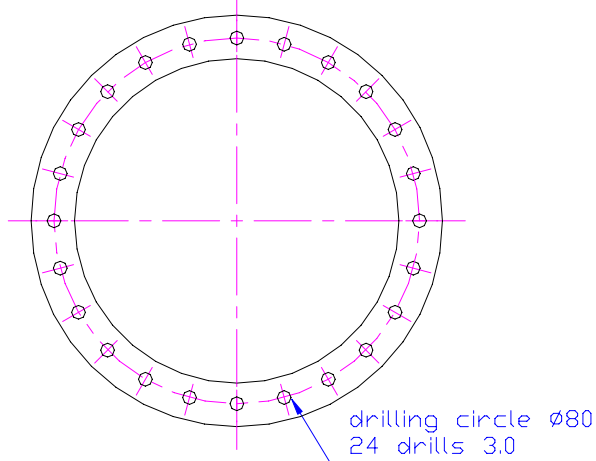
Die Gitterspannung wird über eine aktive, einstellbare, Schaltung erzeugt (siehe Schematic 4 und Picture 16 oben). Sie wurde von einer kommerziell erhältlichen Schaltung für 2C39-Röhren⁶ abgeleitet. Die neu aufgelöste Schaltung besitzt bereits ein Relais zur Überbrückung des Vorwiderstands beim Senden, welches auf den Fotos noch extern angeschlossen ist.

In der Schaltung nicht gezeichnet ist ein extern an die Punkte T2E, T2B und T2C angeschlossener PNP-Leistungs-Darlington MJ4032 in TO3-Gehäuse. Dieser wird auf einen Kühlkörper montiert, der so dimensioniert sein muß, daß 50W Dauerleistung problemlos verarbeitet werden können. Ggf. erlauben zwei Bohrungen hinter dem Kühlkörper daß eine geringe Luftmenge aus dem Anodenresonator den Kühlkörper zusätzlich kühlt.

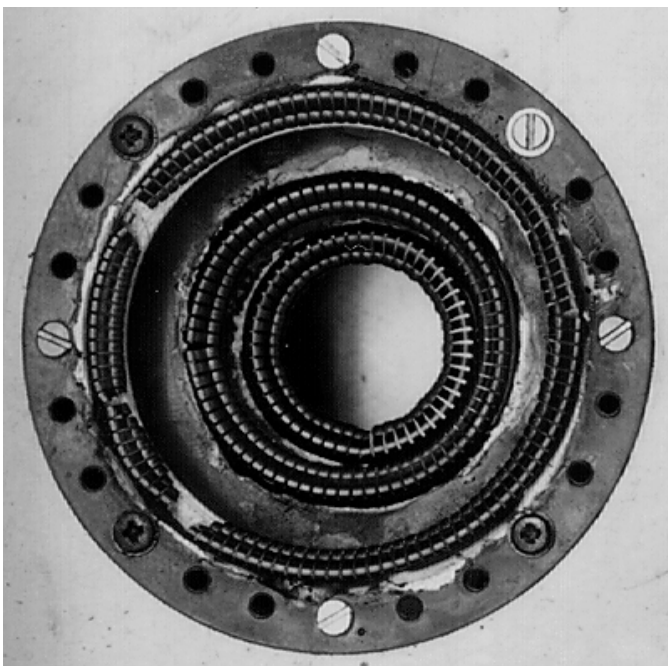
Der Widerstand R3 kann verwendet werden um den Bereich der Gitterspannung grob vorzubestimmen, ein größerer Widerstand führt auch zu einer höheren Gitterspannung.

2.6 Röhrensockel / Tube Socket

Copper 1mm, ID 71mm, OD 90mm

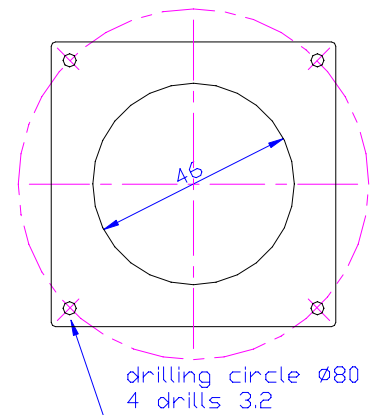


Part S 1: grid contact ring
Gitterkontaktring



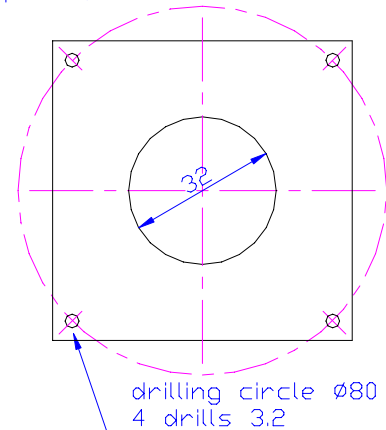
Picture 17: Top view of the tube socket
Draufsicht auf den Röhrensockel

Copper 1mm, 65mmX65mm



Part S 2: Cathode Contact
Kathodenkontaktring

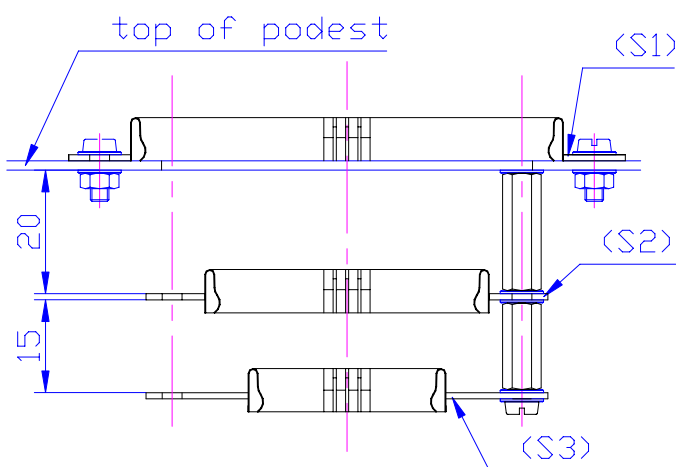
Copper 1mm, 65mmX65mm



Part S 3: Filament Contact
Heizkontaktring

Wichtig bei einer Endstufe in Grounded-Grid-Schaltung ist eine gute Masseverbindung des Gitters. Aufgrund ihres mechanischen Aufbaus erlaubt die GS35b am Gitter eine Trennung der mechanischen Fassung und elektrischen Kontaktierung. Die GS35b sitzt mit einem Wulst in einem Loch mit 60.2mm Durchmesser fest auf dem Podest und wird elektrisch über Fingerstock kontaktiert. Dazu dient ein Ring aus Kupferblech mit Außen- $\varnothing 90$ mm und Innen- $\varnothing 72$ mm, an den innen Fingerstock angelötet ist (Part S 1). Anders als bei den beiden anderen Kontaktblechen ist hier der Fingerstock am unteren Ende bündig angelötet. Dazu wird der Kupferring auf eine ebene, hitzebeständige, Fläche gelegt (z. B. eine Keramikfliese) und der Fingerstockstreifen eingelegt. Dann beginnt man mit dem Löten in der Mitte des Streifens

und arbeitet sich langsam auf die Enden zu. Es ist so wenig Zinn wie möglich zu verwenden. Der Ring wird mittels 24 Schrauben M3x10, die einen Lochkreis Ø80mm bilden, mit dem Podest verschraubt. Auf der Gegenseite der Schrauben sitzen wegen der größeren mechanischen Festigkeit Muttern.



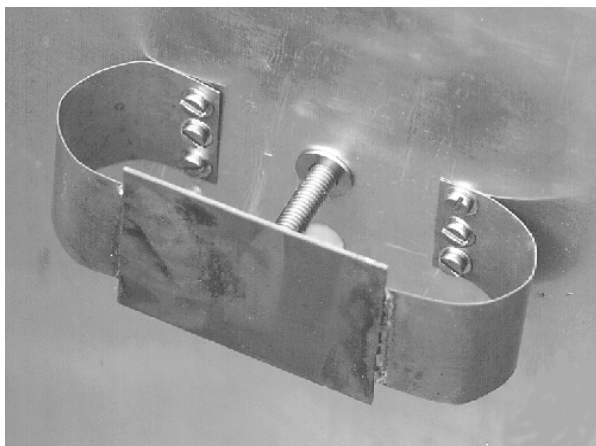
Picture 18: Crossview of the tube socket
Querschnitt des Röhrensockels

Die Kathode wird mit einem quadratischen Kupferblech 65mm x 65mm kontaktiert (Part S 2). Der Fingerstockstreifen wird mittig auf das Blech gelötet. Vor dem Bohren/Sägen des großen Loches ist ein Lochkreis Ø80mm für die vier Befestigungslöcher in den Ecken anzuzeichnen.

Analog zur Kathode wird der Anschluß für die Heizung ausgeführt (Part S 3).

Der Kathodenkontaktring wird mit vier 20mm langen Kunststoff-Distanzbolzen M3 (Gewindestützen / Gewindebuchse) an den vier passenden Bohrungen des Gitterkontaktrings angeschraubt, und darauf mit weiteren vier 15mm langen Distanzbolzen der Heizkontaktring geschraubt.

2.7 Abstimmung (Tune) - C5 Assembly



Picture 19: Tune Rotor - Inside View



Picture 20: Outer side of tune, Load Rotor in the background
Außenansicht des Tune-Kondensators, im Hintergrund Load-Rotor

Part T 1: Tune rotor

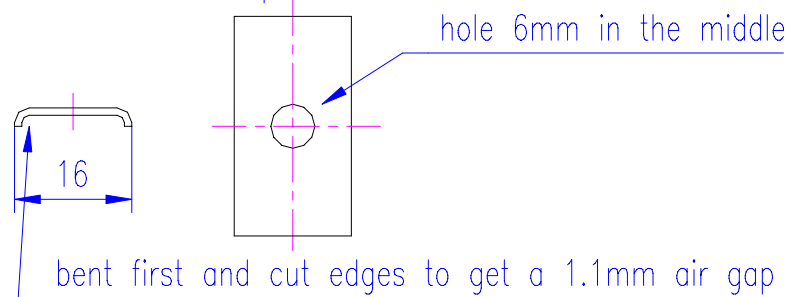
Kupferblech 1 mm dick, 60 mm x 100 mm

Copper sheet, 1 mm thick, 60 mm x 100 mm

Copper, 1mm thick

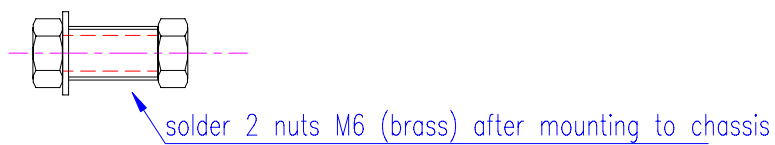
side view

top view



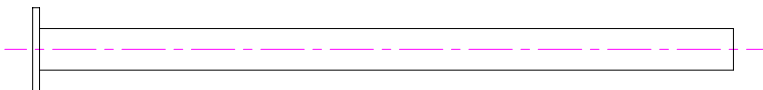
Part T 2: Tune spindle screw clutch
Kupplung für Tune-Abstimmsschraube

6mm axis feedthrough



Part T 3: Spindle Screw Feedthrough
Achsdurchführung

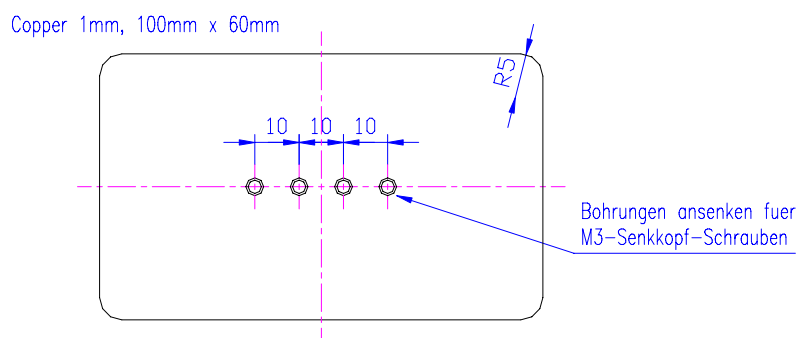
Screw M6x80 (V2A) with head cut down to 1mm



Part T 4: Spindle Screw
Spindelschraube



Part T 5: Ground strip
Massekontaktstreifen



Part T 6: Tune stator

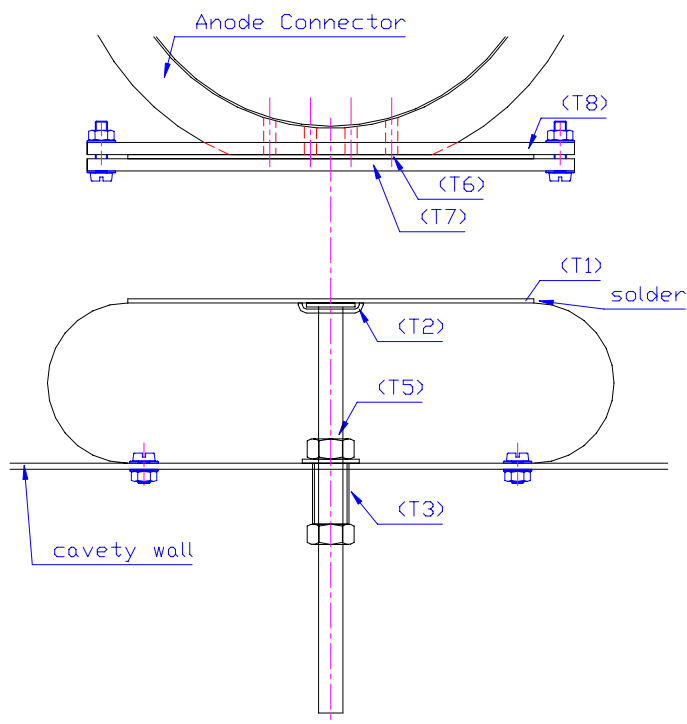
Part T 7: Tune isolation
 Teflon sheet, 120 mm x 80 mm

Part T 8: Tune isolation holder; 2 Stück - 2 pieces
 Teflon sheet, 120 mm x 35 mm

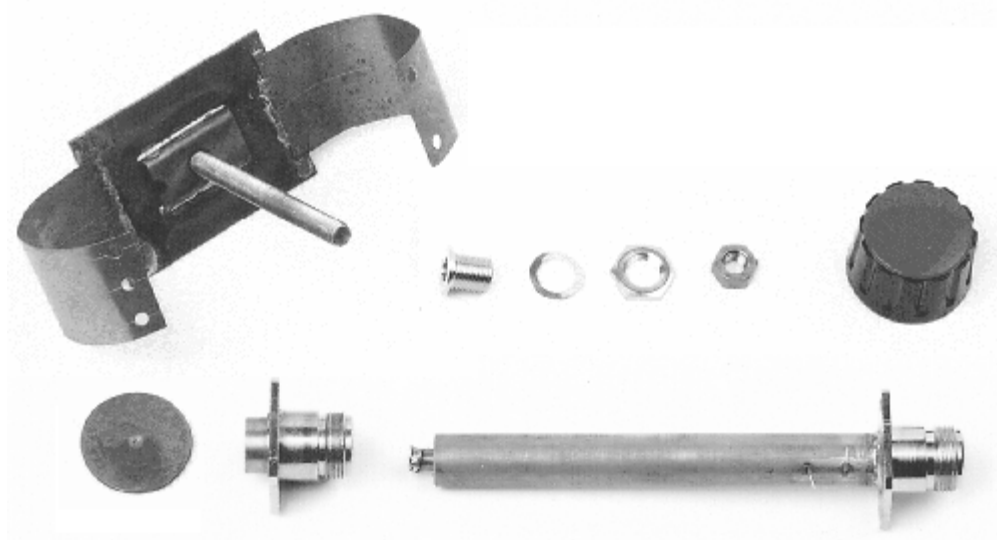
Der Abstimmkondensator C5 zwischen Anodenresonator und Masse erschien mir schon im Original zu kompliziert. Ich versuchte diesen zu vereinfachen und gelangte zu der in den Fotos erkennbaren Version.

Für die 70cm-Version und hier für die Dokumentation der 2m-PA habe ich diesen noch weiter vereinfacht, vor allem hat mich das am Rotor hervorstehende Ende der Betätigungsschraube gestört. Diese habe ich dann hinter das Rotorblech verlagert und gelangte zu der dokumentierten Version. Die Federblechstücke (Part T 5) haben zwei Aufgaben: Sie kontaktieren den Rotor gegen Masse und spannen die Abstimmungsschraube vor, zu letzterem sind sie ggf. etwas zurechtzubiegen. Das Statorblech (Part T 6) ist mit vier Senkkopfschrauben am Anodenkontaktstück (Part R 1) befestigt, dazu sind die Bohrungen am Blech und ggf. auch am Frästeil entsprechend tief anzusenken.

An der Tune-Abstimmung gab es anfangs einige Hochspannungsüberschläge. Daher habe ich auf den Stator von C5 eine 3mm dicke Teflonplatte (Part T 7) montiert, die die Ränder des Kondensators um 10mm überragt. Seitdem treten keine Überschläge mehr auf.

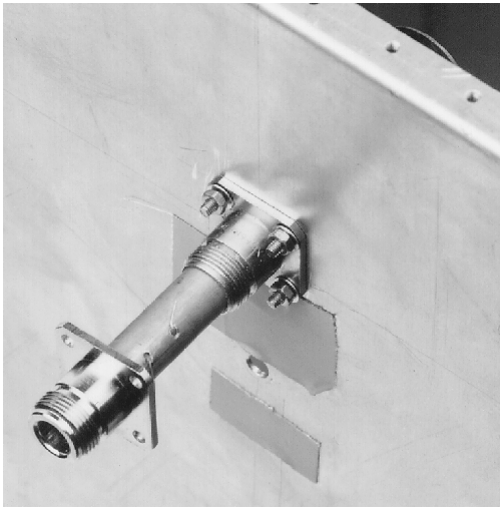


Picture 21: View of the tune assembly
Ansicht der Tune-Abstimmung

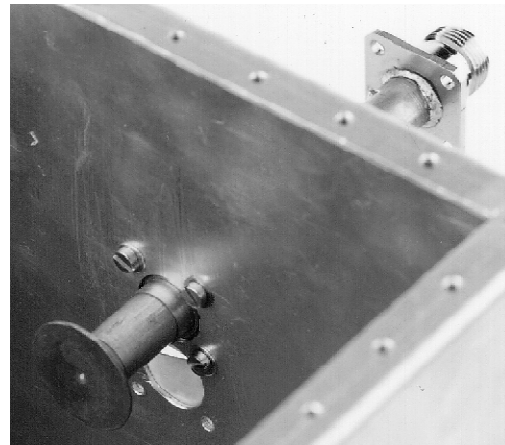


Picture 22: Parts of the Load- and Tune-Rotor
Einzelteile des Load- und Tune-Rotors

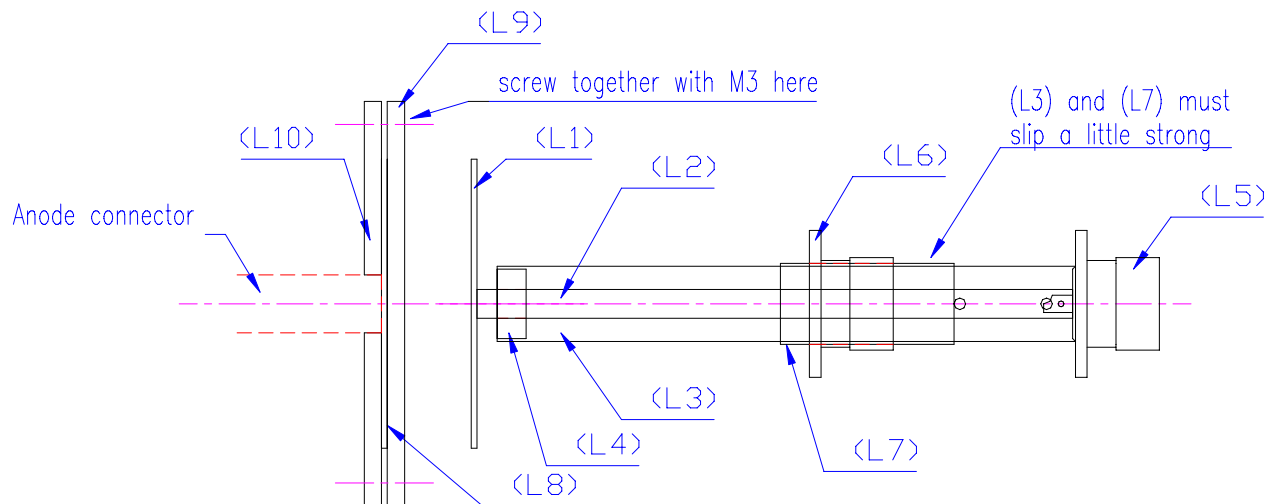
2.8 Auskoppelung (Load) - C6 Assembly



Picture 23: Output of load capacitor
Außenansicht des Load-Kondensators

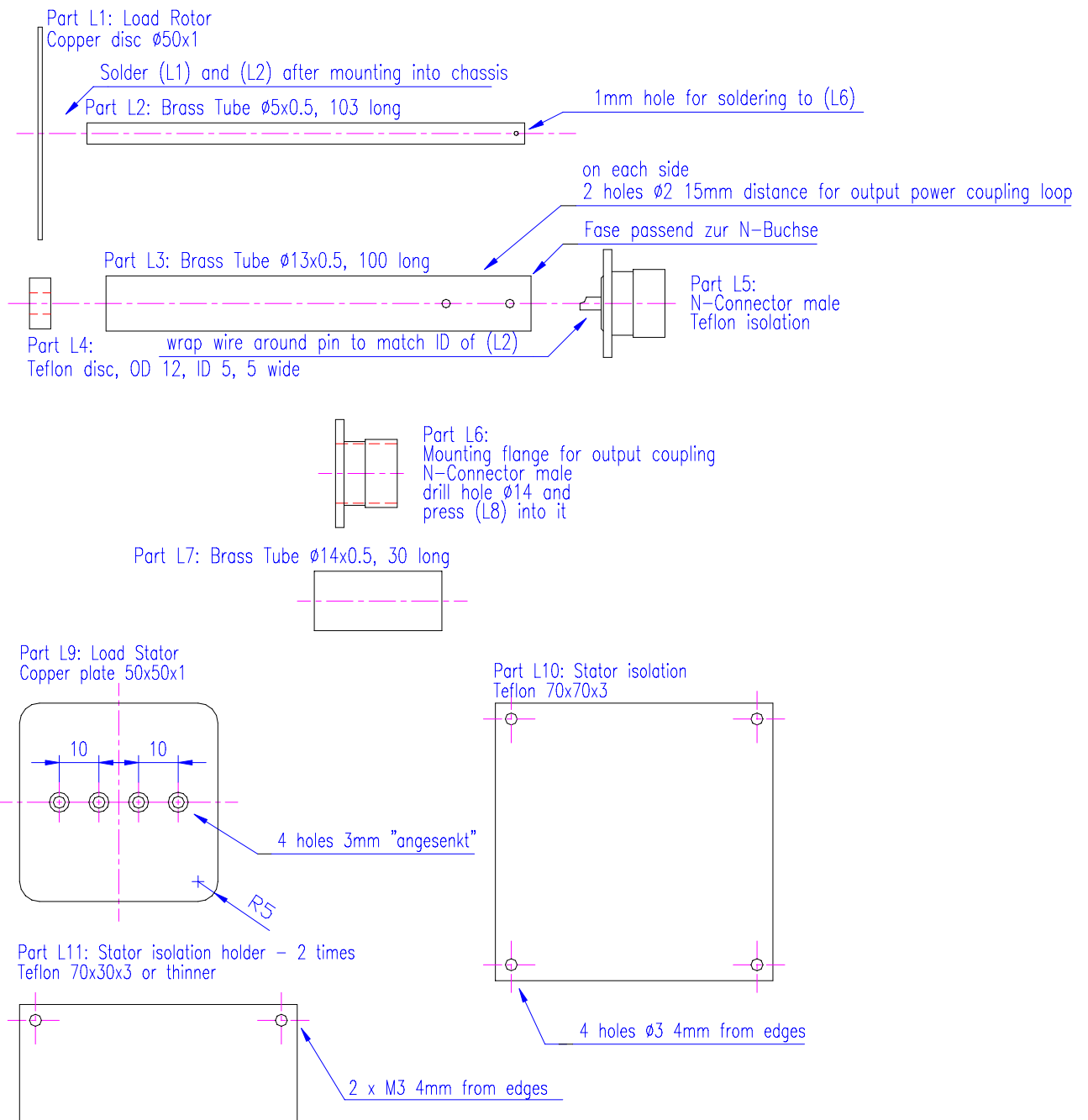


Picture 24: Load assembly mounted
Load im montierten Zustand



Picture 25: View of the load assembly
Ansicht der Load-Abstimmung

Part L 1:	Load Rotor	Part L 5:	Teflon-Distanzscheibe	Part L 7:	Verstärkung für mounting flange
Part L 2:	Output line - inner line Ausgangsleitung - Innenleiter	Part L 6:	N-Connector female N-Buchse	Part L 8:	Verstärkung für Montageflansch
Part L 3:	Output line - shield Ausgangsleitung - Außenleiter			Part L 9:	Load Stator
Part L 4:	Teflon distance ring			Part L 10:	Load isolation Load isolation holder, 2 pieces



Die Auskoppelung geschieht über ein 10cm langes Stück selbstgebauter 50Ohm-Leitung, an dessen äußeres Ende zwei kleine Richtkopplerschleifen zur Messung Ausgangsleistung und reflektierten Leistung montiert sind. Die Leitung wird über eine zu einem Flansch umgebauten N-Buchse gehalten. Das Statorblech (Part L 8) wird wie beim Tune-Kondensator mit vier Senkkopfschrauben am Anodenkontaktstück (Part R 1) befestigt.

Im Betrieb ist es nicht nötig die Auskoppelung nachstimmbar zu haben, diese wird bei der ersten Inbetriebnahme einmal abgestimmt und alles weitere über den Tune-Kondensator vorgenommen.

Auch hier ist zum Schutz gegen Hochspannungsüberschläge vor den Stator eine 3mm dicke Teflonplatte montiert.

Bei der Montage dieser Einheit sollte vor dem Auflöten des Innenleiters auf die Buchse um den Anschluß der N-Buchse ein dünner, nicht isolierter, Draht gewickelt werden, damit dessen Außendurchmesser mit dem Innendurchmesser des Innenleiters übereinstimmt und damit dieser zentrisch sitzt.

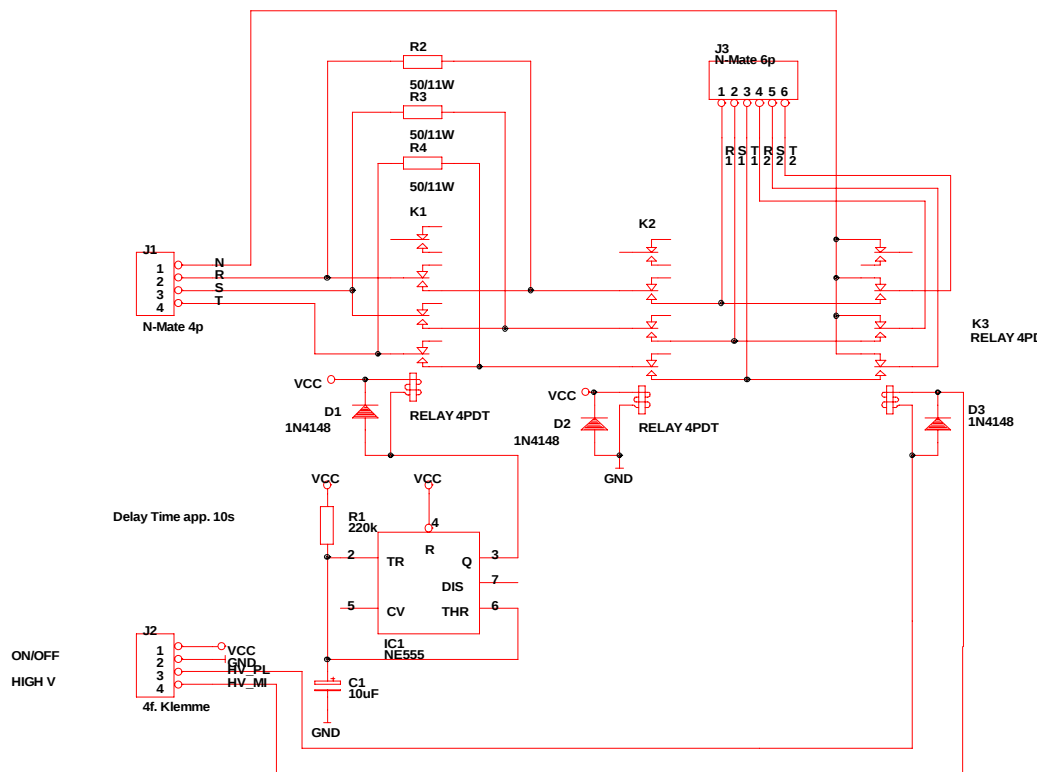
densator einen Entladewiderstand vorsieht, der diesen innerhalb von ca. 2 Min entladen kann. Ganz wichtig ist, daß dieser separat an die Pins des Kondensators angeschlossen sein soll. Der hohe Strom nach einem Überschlag hatte bei mir einmal alle Leiterbahnen der verwendeten Platine aufgelöst, und die damals noch dort angeschlossenen Entladewiderstände waren außer Funktion. Seitdem schließe ich die Entladewiderstände separat an.

Am Minuspol der Hochspannung sorgt ein 50Ohm/50W-Widerstand für eine Strombegrenzung im Fall eines Kurzschlusses oder Überschlags. Da zwischen Minus und Gehäuse nur eine geringe Spannungsdifferenz herrscht, kann der Widerstand zur besseren Kühlung an die Gehäusewand geschraubt werden.

Aufgrund der doch recht hohen Verlustleistung innerhalb des Netzteils, allein der Trafo wird im Betrieb ca. 60° warm, sorgt ein leise laufender Lüfter für eine leichte Kühlung des Gehäuses.

Teuer bezahlt habe ich eine Erfahrung, daß man das Gehäuse des Netzteils und das der Endstufe mit einem dicken Kabel (mind. 16qmm) verbinden muß. Dieses wird nicht gesteckt, sondern über M6 oder M8-Schrauben geschraubt. Im Falle eines Überschlags kann dann ein Ausgleichsstrom über diese Kabel und nicht über andere Wege fließen. Über diese anderen Wege gingen bei mir zwei PCs, ein Funkgerät und möglicherweise auch ein MRF141G der Treiberstufe defekt.

2.10.1 Trafo-Einschaltverzögerung



Schematic 6: Power-ON unit for high voltage transformer
Einschaltverzögerung für Hochspannungstrafo

2.11 Leistungsdaten

2.11.1 Wärmeverhalten

Nach inzwischen vielen Einsätzen kann ich bestätigen daß es sich bei der GS35b um eine sehr robuste Röhre handelt. Die Endstufe zeigt bei mir keine Wärmedrift. Selbst bei längeren Sendedurchgängen oder im Metorscatter-Betrieb gibt es keine Schwankungen der Ausgangsleistung. Ebenfalls richtig erwies sich die Lüfterschaltung, die die Röhre nach einem Sendedurchgang nachkühlt um die thermische Trägheit auszugleichen.

2.11.2 Abstimmung

Die Endstufe ist beim Abstimmen absolut unkritisch und kam selbst bei offenem Eingang oder Ausgang sowie bei vertauschten Anschlüssen noch nie ins Schwingen. Sie benötigt lediglich bei Frequenzwechsel über 300kHz, z.B. vom CW ins SSB-Segment geringfügiges Nachstimmen des Anoden-Tune. Load oder der Eingang mußten nie abgestimmt werden. Lediglich beim Wechsel der Anodenspannung muß Anoden-Load nachgestimmt werden, was aufgrund der Änderung der Ausgangsimpedanz der Röhre ja auch erklärbar ist.

Neutralisationsmaßnahmen habe ich keine vorgenommen.

2.11.3 Gemessene Leistungen:

Die Verstärkung der Endstufe wurde bei zwei Anodenspannungen (zuerst Hochspannungstrafo primär in Sternschaltung, dann in Dreieckschaltung) gemessen. Am Eingang war ein DJ2000 Wattmeter angeschlossen, am Ausgang ein DJ9BV-Wattmeter mit einem EME2326-Koppler. Beide Wattmeter wurden vor Beginn der Meßreihe auf Gleichlauf verglichen.

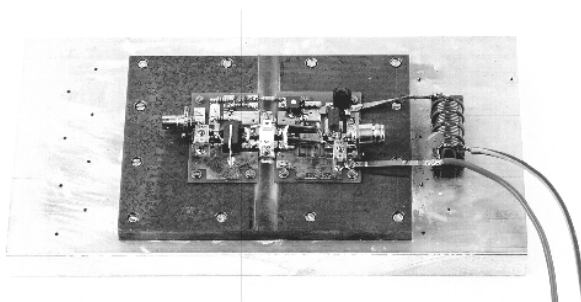
Output power at low plate voltage $U(\text{Anode0})=2800\text{V}$, $I(\text{Anode0})=150\text{mA}$							
Input Power	Anode Current	Anode Voltage	Grid Current	Output Power	Power Gain	DC Input Power	Efficiency
20 W	400 mA	2600 V	60 mA	450 W	13,5 dB	1040 W	43%
50 W	550 mA	2500 V	180 mA	850 W	12,3 dB	1375 W	62%
100 W	700 mA	2450 V	260 mA	1200 W	10,8 dB	1715 W	70%
150 W	900 mA	2400 V	450 mA	1500 W	10,0 dB	2160 W	69%

Output power at high plate voltage $U(\text{Anode0})=4500\text{V}$, $I(\text{Anode0})=150\text{mA}$							
Input Power	Anode Current	Anode Voltage	Grid Current	Output Power	Power Gain	DC Input Power	Efficiency
20 W	450 mA	4400 V	0 mA	400 W	13,0 dB	1980 W	20%
50 W	550 mA	4350 V	80 mA	1200 W	13,8 dB	2393 W	50%
100 W	750 mA	4300 V	200 mA	1900 W	12,8 dB	3225 W	59%
150 W	1000 mA	4200 V	250 mA	2500 W	12,2 dB	4200 W	60%
200 W	1200 mA	4200 V	300 mA	3250 W	12,1 dB	5040 W	64%

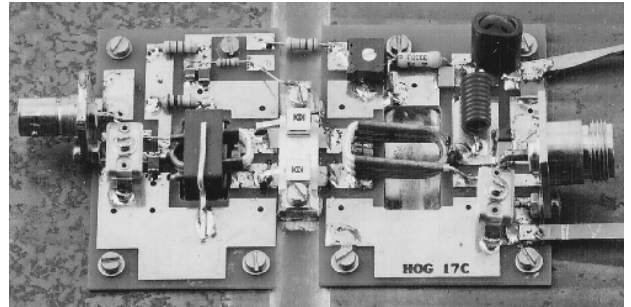
Der Sprung in der Verstärkung (bei $P_{\text{in}}=50\text{W}/U(\text{A})0=4500\text{V}$) ist nicht auf Unlinearitäten oder sonstige Nebeneffekte zurückzuführen, sondern darauf, daß ich versucht habe bei jeder Messung den Ausgangskreis auf das Optimum einzustellen. Dies gelang eben einmal besser, einmal schlechter.

3 Treiberstufe mit MRF141G

Zur Ansteuerung der Endstufe ist eine relativ hohe Leistung nötig. Damit das Signal sauber bleibt sollte man hierzu keine Schaltung verwenden, die gerade noch die GS35b ansteuern kann sonder genug Reserven haben. Ich entschied mich für einen MRF141G mit 28V Betriebsspannung und max. 350W Output bei 15W Input. Eine bessere Lösung wäre sicher noch der MRF151G gewesen, der mit 50V Betriebsspannung arbeitet, da ich aber schon ein passendes 28V-Netzteil hatte, fiel die Wahl auf die niedrigere Betriebsspannung. Eine weitere Röhre aus Steuerstufe wollte ich wegen der damit verbundenen zusätzlichen Abstimmung und des komplizierteren Designs nicht verwenden.



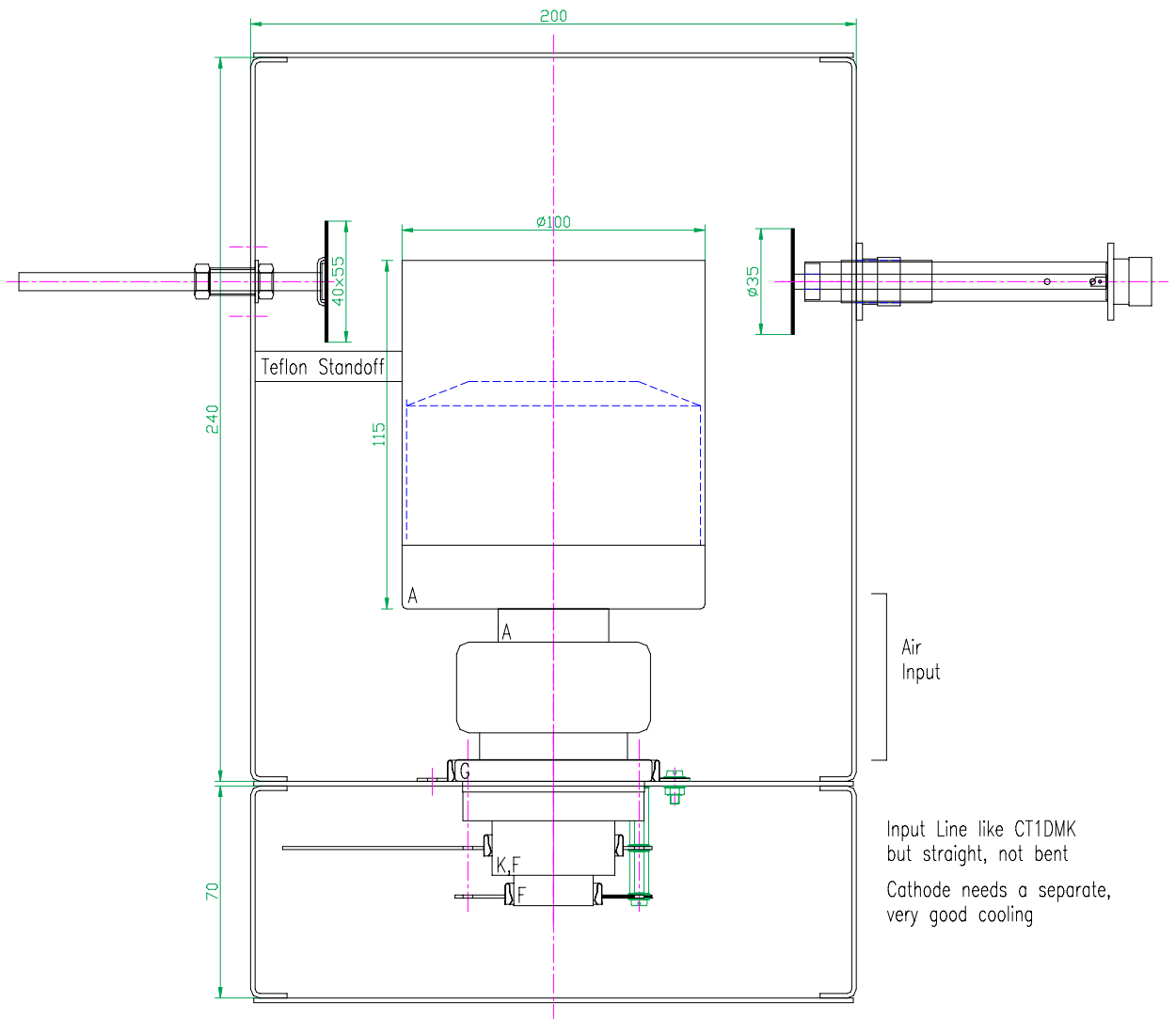
**Picture 27: Driver Stage
 Treiberstufe**



**Picture 28: Zoom of the driver stage
 Detail der Treiberstufe**

Der MRF141G wird in der Standard-Applikation mit zwei 1:9-Semi-Rigid-Transformatoren betrieben. Damit ist Endstufe später auch im Kurzwellen oder 50MHz-Bereich verwendbar. Erfahrungen habe ich aber bislang lediglich auf 144MHz gemacht. Die Steuerstufe ist stabil und zuverlässig. Auch im Standalone sind schon bequem Verbindungen möglich.

4 Ein Leistungsverstärker für 432MHz mit GS35b



Da nun alle Einzelheiten für den Bau der 144MHz-Endstufe genannt wurden, ist der Aufbau eines entsprechenden 70cm-Verstärkers einfach. Ich bekam einen Vorschlag aus Rußland, dessen genaue Quelle ich heute nie fand. Warum in diesem Vorschlag aber der Resonator 200mm lang beschrieben war, und ich letztendlich bei 115mm Länge ein Optimum fand, ist mir noch mehr unerklärlich. Letztgenannte 115mm hat kurz nach meinem erfolgreich verlaufenen Erstversuch PA3CSG verifiziert und als gut befunden.



Am Eingang benutzt dieser Aufbau dieselbe Stripline wie sie CT1DMK beschrieben hat. Lediglich ist die Stripline gerade und nicht gebogen. Ausgangsseitig wurde der Kühlkörper der Röhre durch Aufstecken eines Kupferrohrs (im Aufbau identisch mit einem Fallrohr einer Wasserleitung) auf 115mm verlängert und befindet sich in Lambda-Halbe-Resonanz.

Die Kühlluft wird auf der Unterseite neben der Röhre in den in den Resonator geblasen und verläßt diesen nach oben durch einen Kamin. Die Kathode muß separat und ausgiebig gekühlt werden. Quer zum Luftstrom im Kathodenraum befindet sich eine aus Hostafan-Folie gefertigte Maske, die die Luft nur an der Röhre vorbeifließen läßt. Diese Endstufe besitzt bei Vollast eine geringe Anfangsdrift, je nach Betriebstemperatur ändert sich die Anodenabstimmung. Allerdings kann man für den jeweiligen Betriebsfall eine Stellung finden, die im Betrieb das Optimum aus dem Kreis herausholt.

Genaue Leistungsdaten kann ich hier lediglich soweit nennen, daß die Verstärkung etwa 13-14dB bei einem Wirkungsgrad von etwa 50% beträgt. Der Gitterstrom ist gering und ist etwa 10-15% des Kathodenstroms. Das Eingangs-SWR ist hervorragend, die einzige Abstimmung im Betrieb muß mit Plate-Tune vorgenommen werden.

Für den Nachbau empfehle ich eine genaue Betrachtung aller Fotos der 144MHz-Endstufe, denn einige davon sind aufgrund leichterem Zugang bei dieser 432MHz-Version aufgenommen worden.



¹Communication Concept Industries,

²Robert I. Sutherland, W6PO, "high performance 144-MHz power amplifier", Eimac amateur service newsletter W6SAI, ham radio, august 1971 or "A High Performance 2-Meter Power Amplifier", William I. Orr, W6SAI, Radio Handbook, Twenty-third Edition, 1995, s.a. <http://web.wt.net/~w5un/8877-1.htm>

³Luis Cupido, CT1DMK, "Yet Another KW Amplifier for 432", DUBUS 4/1996, p. 13-20

⁴Thomas Höppe, DJ5RE, "144 MHz Leistungsverstärker mit der Triode GS35b", DUBUS 4/1996

⁵Steve Powlishe, K1FO, "A 1500W Output amplifier for 432", The ARRL UHF/Microwave Projects Manual, Volume 1, 1994

⁶Ch. Joachims, DL4KH, Ruhestromeinheit für 2C39 Röhrenendstufen, Ch. Joachims, Lindenstraße 192, 52525 Heinsberg

⁷ON5FF, Amplifier with 2x3CX800, DUBUS 3/85