



Projekt Antennentod

Codename 2in1

Power Amplifier für HF/VHF auf Basis
moderner LDMOS-Transistoren

Vorwort

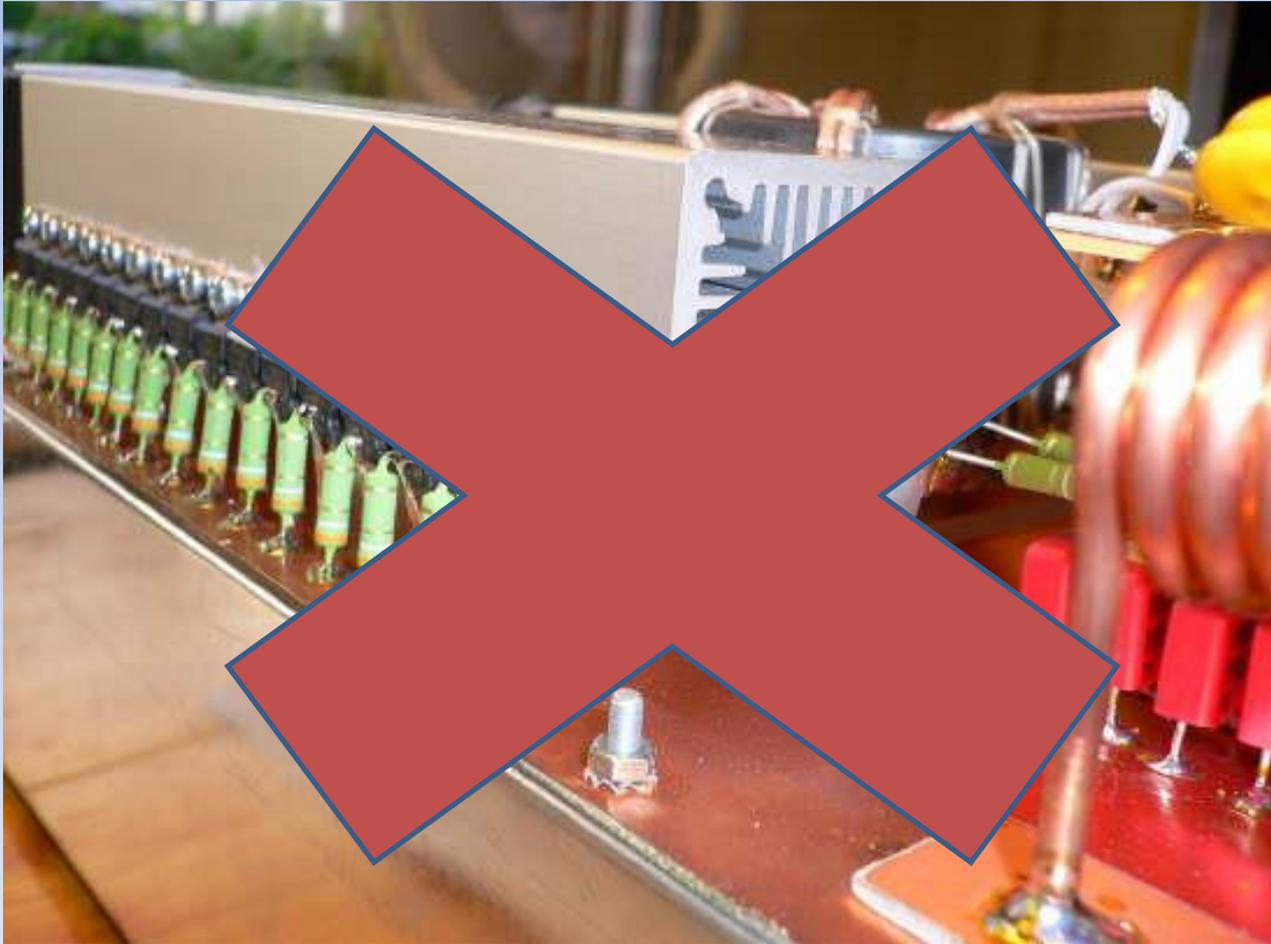
Diese Präsentation soll keine Schritt- für Schrittanleitung sein, sondern eher Konzeption und Machbarkeit in den Vordergrund stellen.

Der geübte Bastler dürfte dennoch keine Probleme haben, anhand dieser Studie eigene Projekte dieser Art zu realisieren. Ich selber habe noch keine Endstufen auf Transistorbasis gebaut-bisher habe ich solche Projekte mit Röhren realisiert. Bisher...

Rahmenparameter

- Betrieb von 2m bis 160m (!)
- Leistung $\geq 1000W$
- Kompakt
- Qualitativ gutes Ausgangssignal (Neben- und Oberwellenunterdrückung gem. den aktuellen Standards)
- Ansteuerung mit „herkömmlichen Transceivern“ der 5-100W Kategorie (25W für 2m)
- Robust/Standfest
- Solider, einfacher und „augenfreundlicher“ Aufbau
- Nachbausicher
- Materialkosten $< 500€$ (800€ inkl. 2m)
- Projektlaufzeit: Herbst 2013 (was für die länger werdenden Nächte)

Das Konzept



Das Konzept

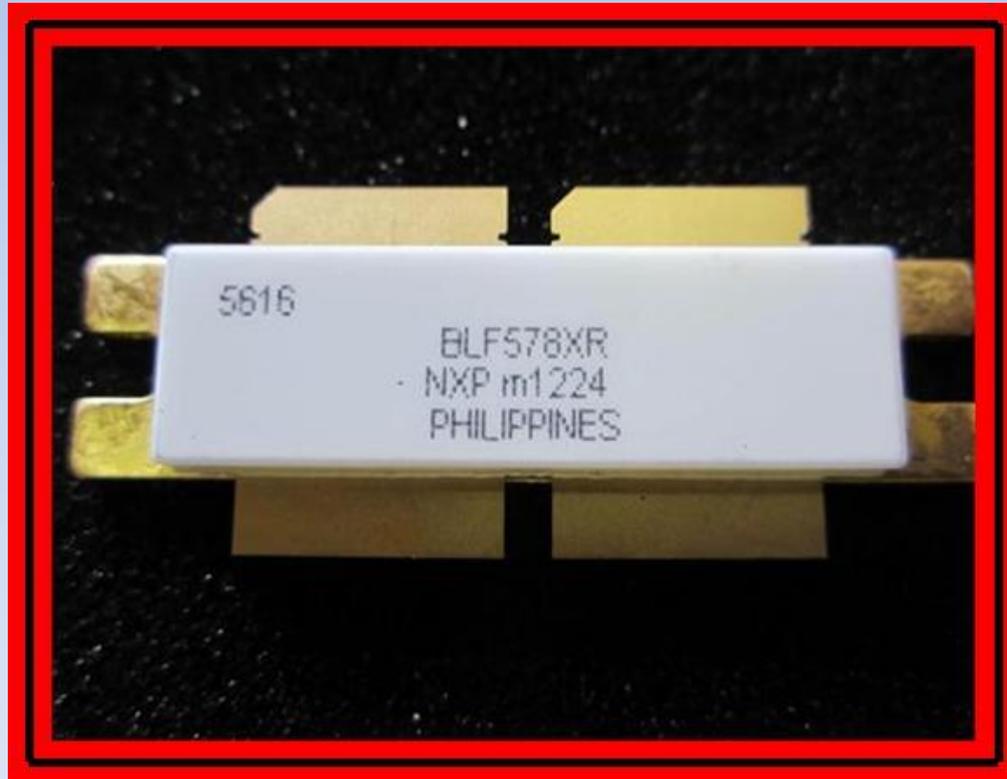
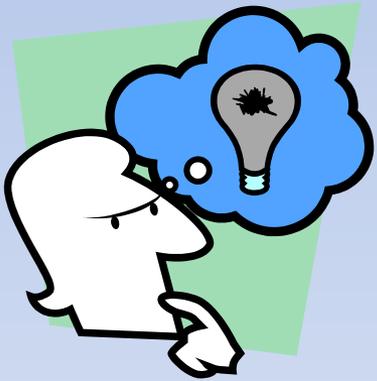
Warum nicht so, sondern anders?

- Hoher mechanischer Aufwand
- Zu hohe Eingangskapazität und somit nicht tauglich für die hohen Bänder
- Hoher Aufwand für Abgleich, Schutzschaltungen etc.
- Nicht besonders servicefreundlich (knallt eine Pille weg, folgen meist die anderen, wie die Lemminge)

Ergo: ein modernes, einfaches und verhältnismäßig kostengünstiges Konzept musste her...

Das Konzept

- Was haben wir denn da?



BLF578XR

Features and benefits

- Easy power control
- Integrated ESD protection
- Excellent ruggedness
- High efficiency
- Excellent thermal stability
- Designed for broadband operation (HF to 500 MHz)
- Compliant to Directive 2002/95/EC, regarding Restriction of Hazardous Substances

BLF578XR

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ/Nom	Max	Unit
f_{range}	frequency range		10		500	MHz
$P_{L(1dB)}$	nominal output power at 1 dB gain compression			1400		W
Test signal: Pulsed RF						
P_L	output power	$V_{DS} = 50$ V ; $f = 225$ MHz [0]		1400		W
G_p	power gain	$V_{DS} = 50$ V ; $f = 225$ MHz; $I_{Dq} = 40$ mA; $P_L = 1400$ W [0]	22	23.5		dB
η_D	drain efficiency	$V_{DS} = 50$ V ; $f = 225$ MHz; $I_{Dq} = 40$ mA; $P_L = 1400$ W [0]	65	69		%
RL_{in}	input return loss	$V_{DS} = 50$ V ; $I_{Dq} = 40$ mA; $P_L = 1400$ W [0]		-17	-13	dB



Datenblatt

BLF578XR

Alternativ können verwendet werden:

- BLF178XR (fast gleiche Werte wie der BLF578XR, ca. 29db(!) Gain und etwas mehr Wirkungsgrad)
- BLF188XR
- MRFE6VP61K25H(R6)
- MRF6VP11KH
- MRF6VP121KH (weniger Output)

BLF578XR

1400W mit einer Pille, 23.5db Verstärkung,
nahezu unzerstörbar und in moderner LDMOS-
Bauweise???

Los geht`s!



Teil 1 HF-PA



Planung und Materialbeschaffung

Was brauche ich?

- Gehäuse (10€ auf Flohmarkt)
- Kühlkörper(10€ auf Flohmarkt)
- Kupfer-Kühlplatten (15€ bei Amazon)
- BLF578XR (129€ bei E-Bay)
- Fertig aufgebautes Modul für BLF578XR (119€ bei E-Bay)
- Koaxrelais mit mind. 1500W Schaltleistung (35€ bei E-Bay)
- Bandfilter (Eigenbau, ca. 20€)
- Steuerelektronik und Spannungsregler (10€ bei E-Bay)
- Thermische Schutzschaltung (Bausatz, 4€ bei E-Bay)
- 14db Abschwächer am Eingang (Eigenbau, ca. 35€ bei E-Bay oder aus der Bastelkiste)
- 3000W Netzteil 50V 60A (HP, gebraucht, gereinigt und getestet-70€ bei E-Bay)
- Kleinmaterial (Kabel, Schalter, Buchsen, LED...ca. 35€ bei E-Bay oder aus der Bastelkiste)

Macht zusammen ca. 423-493€ - Ziel unter 500€ zu bleiben erreicht!

Die Einladung eines Freundes, welcher mir freundlicherweise die Fertigstellung des Gehäuses stark erleichtert hat, lasse ich hier mal unter den Teppich fallen...**Danke Dirk und Firma T aus H!**

Planung und Materialbeschaffung

Bevor es losgeht noch ein paar Gedanken zum Konzept:

- Endstufe in 50V Technik-stabiles Netzteil und ausreichende Querschnitte einplanen
- Kühlung ist das A und O, daher auch hier hochwertige Materialien und Technologien einsetzen (Wärmeverteilung, Spezifikationen der Bauteile, Wärmewiderstand, Wärmeleitfähigkeit & Co sind hier Faktoren, mit denen man sich als Planer einmal genauer auseinandersetzen muss). Immerhin müssen bei Vollast ca. 350W Wärme, einem Wirkungsgrad von 70-80% entsprechend, von einer Fläche von etwa 5cm² schleunigst abgeführt werden. Schließlich steht bald wieder einmal der Winter vor der Tür und ich suche noch nach einer originellen Heizung für meinen Shack...oder zumindest den Kaffee warm halten...hiermit erledigt.
- Weiterhin die Frage: vor was muss ich die Endstufe sinnvollerweise überhaupt schützen?
- Bandfilter – ach ja, die brauche ich ja auch noch in ausreichender Dimensionierung – bei Betrieb von 17m bis 10m (1. Oberwelle über 30 Mhz) tut es aber für`s Erste ein normales Tiefpassfilter welches so mancher irgendwo noch liegen hat...
- 6m bis 160m – warum nicht auch 2m? Oder doch lieber 2 Module für HF parallel? Platz ist ja im Gehäuse noch etwas da...zur Vorsicht baue ich da schon mal „Platzhalter“ und zusätzliche Buchsen auf der Rückseite ein...und das Netzteil hat auch noch Reserve...
- Was ist mit meinem TRX? Ist dieser in der Lage die entsprechende Steuerleistung stabil zu liefern oder habe ich diese verflixten Spikes weit über die eingestellte Leistung hinaus? Und wenn ja – wie gehe ich damit um? Wie messe ich hier überhaupt richtig? Pillen, die durch solche Unzulänglichkeiten bereits im Transistorhimmel gelandet sind, gibt es leider genug... Gott sei Dank nimmt einem der verwendete LDMOS das nicht ganz so übel. Dennoch Vorsicht!

Planung und Materialbeschaffung

„Nachgebohrt“:

Außen- ϕ (Nenn- ϕ)	Steigung	Kern- ϕ		Spannungs- querschnitts- fläche	Bohrer- ϕ für Kernloch	Schlüssel- weite	Innen- sechskant- Schlüssel	Durchgangslloch- ϕ		
		Außengew. (Schraube)	Innengew. (Mutter)					fein	mittel	grob
d = D	P	S (mm ²)			SW	SW	d _h			
M 01,0	0,25	0,69	0,73	0,46	0,75			1,1	1,2	1,3
M 01,2	0,25	0,89	0,93	0,73	0,95			1,3	1,4	1,5
M 01,6	0,35	1,17	1,22	1,27	1,25	03,2		1,7	1,8	2,0
M 02,0	0,40	1,51	1,57	2,07	1,60	04	01,5	2,2	2,4	2,6
M 02,5	0,45	1,95	2,01	3,39	2,05	05	02	2,7	2,9	3,1
M 03,0	0,50	2,39	2,46	5,03	2,50	05,5	02,5	3,2	3,4	3,6
M 04,0	0,70	3,14	3,24	8,78	3,30	07	03	4,3	4,5	4,8
M 05,0	0,80	4,02	4,13	14,20	4,20	08	04 (5)	5,3	5,5	5,8
M 06,0	1,00	4,77	4,92	20,10	5,00	10	05	6,4	6,6	7,0
M 08,0	1,25	6,47	6,65	36,60	6,80	13 (12)	06	8,4	9,0	10,0
M 10,0	1,50	8,16	8,38	58,00	8,50	17 (16)	08	10,5	11,0	12,0
M 12,0	1,75	9,85	10,11	84,30	10,20	19 (18)	10	13,0	13,5	14,5
M 16,0	2,00	13,55	13,84	157,00	14,00	24	14	17,0	17,5	18,5
M 20,0	2,50	16,93	17,29	245,00	17,50	30	17	21,0	22,0	24,0
M 24,0	3,00	20,32	20,75	353,00	21,00	36	19	25,0	26,0	28,0
M 30,0	3,50	25,71	26,21	561,00	26,50	46	22	31,0	33,0	35,0
M 36,0	4,00	31,09	31,67	817,00	32,00	55		37,0	39,0	42,0
M 42,0	4,50	36,48	37,13	1121,00	37,50	65		43,0	45,0	48,0
M 48,0	5,00	41,87	42,59	1473,00	43,00	75		50,0	52,0	56,0
M 56,0	5,50	49,25	50,05	2030,00	50,50	85		58,0	62,0	66,0
M 64,0	6,00	56,64	57,51	2676,00	58,00	95		66,0	70,0	74

Komponenten im Detail



Netzteil



Koaxrelais



LDMOS



Gehäuse



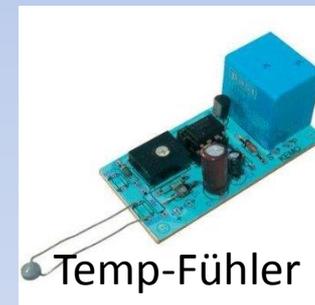
Kühlkörper



HF-Modul



Steuerung 1



Temp-Fühler



Kühlplatte



Dämpfungsglied

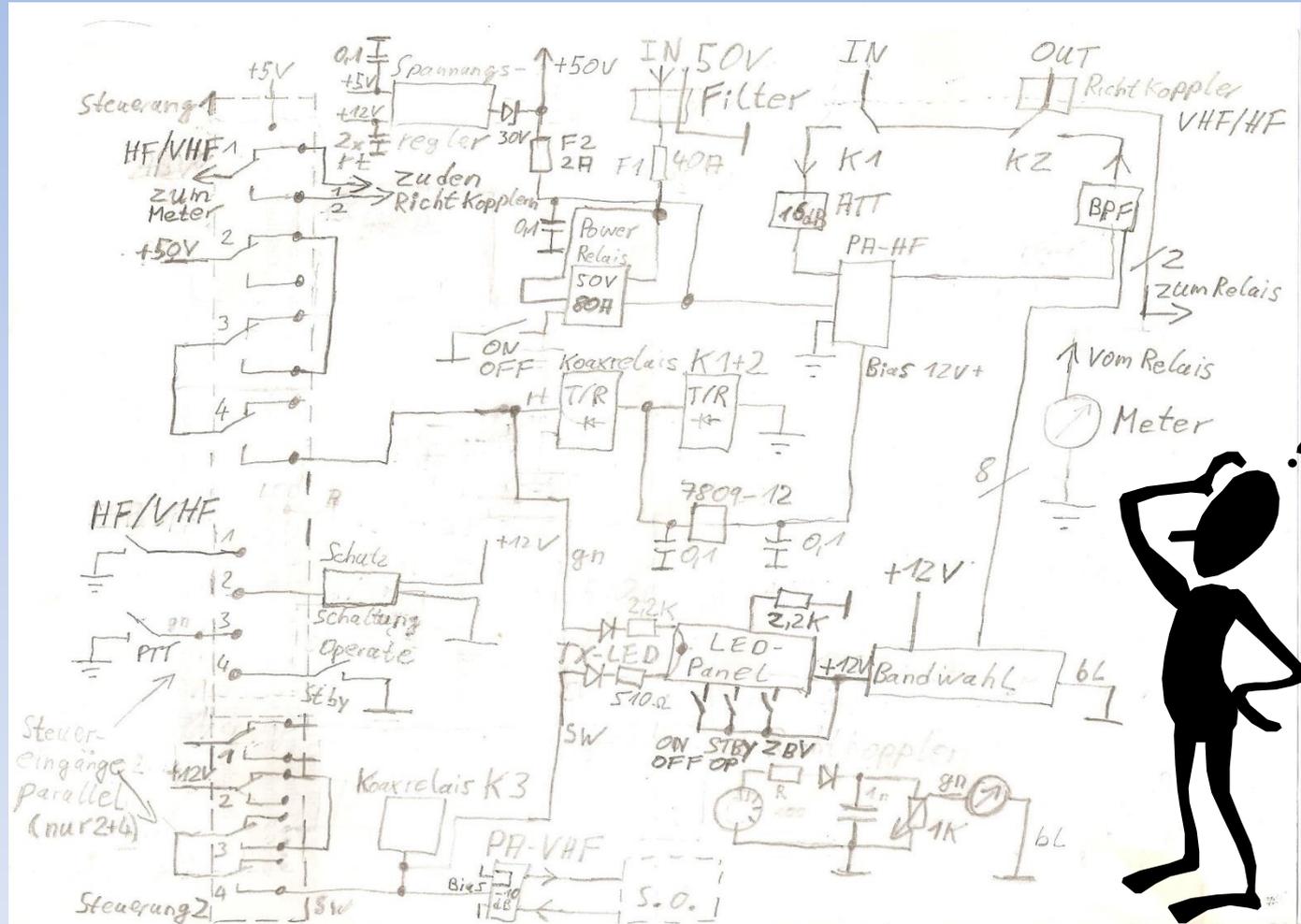
Los geht's!

- Gehäuse planen



Schaltplan/Blockdiagramm

1. Entwurf:



Einbau der Komponenten

- Das fertig vorbereitete Gehäuse:



Einbau der Komponenten

- Montage der Rückplatte:



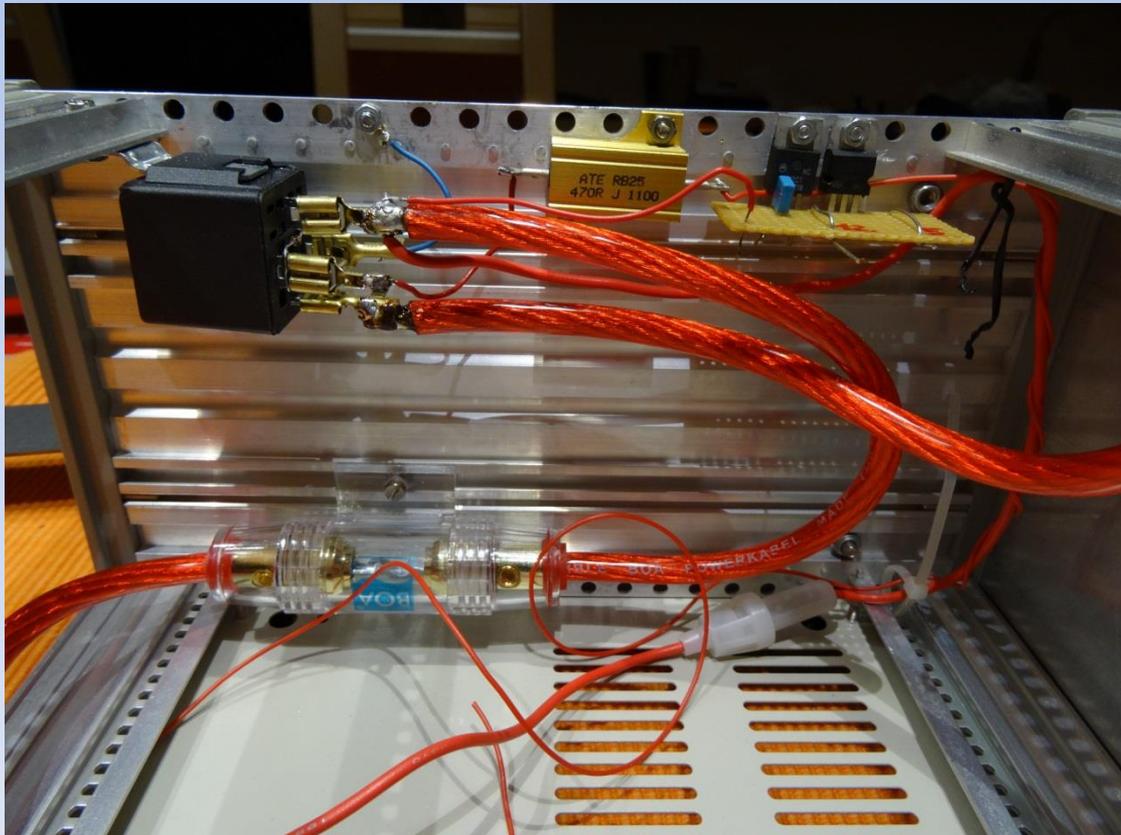
Einbau der Komponenten

- Montage des Kühlkörpers:



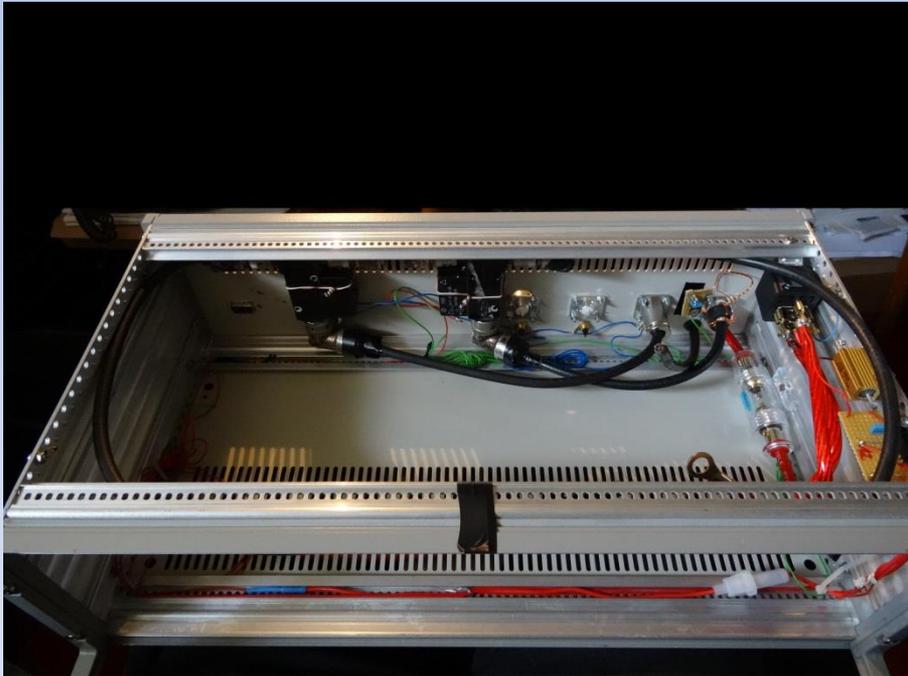
Einbau der Komponenten

- Einbau der Stromzuführung/Regler:



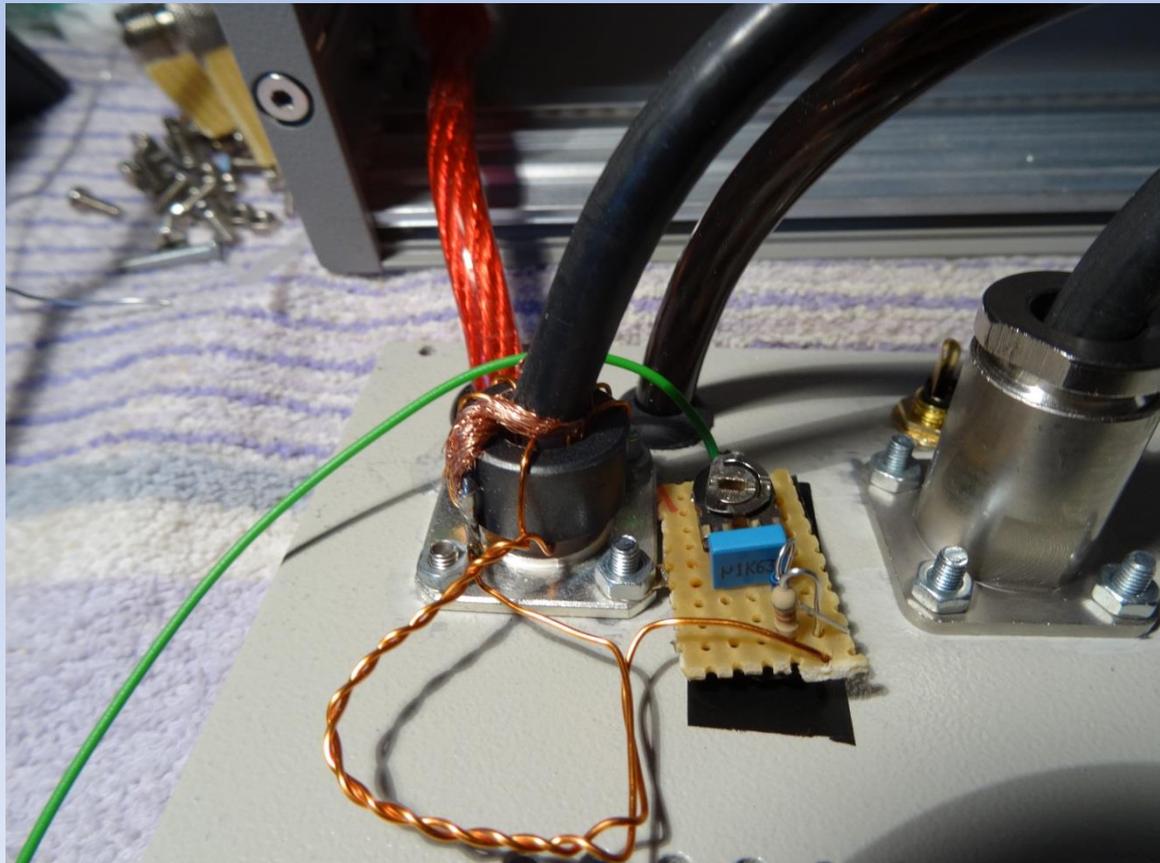
Einbau der Komponenten

- Verkabelung vorbereiten:



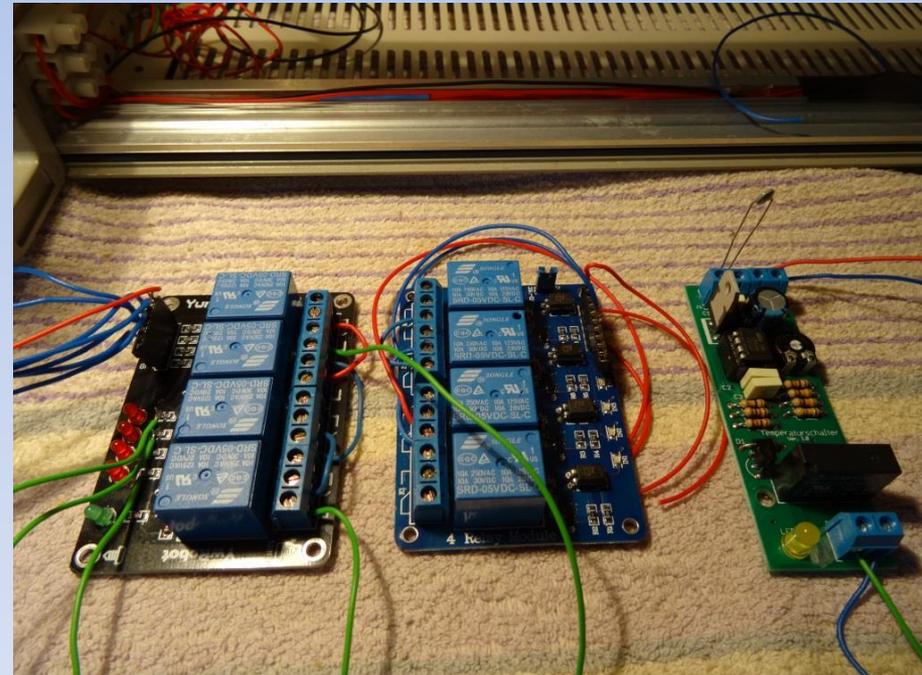
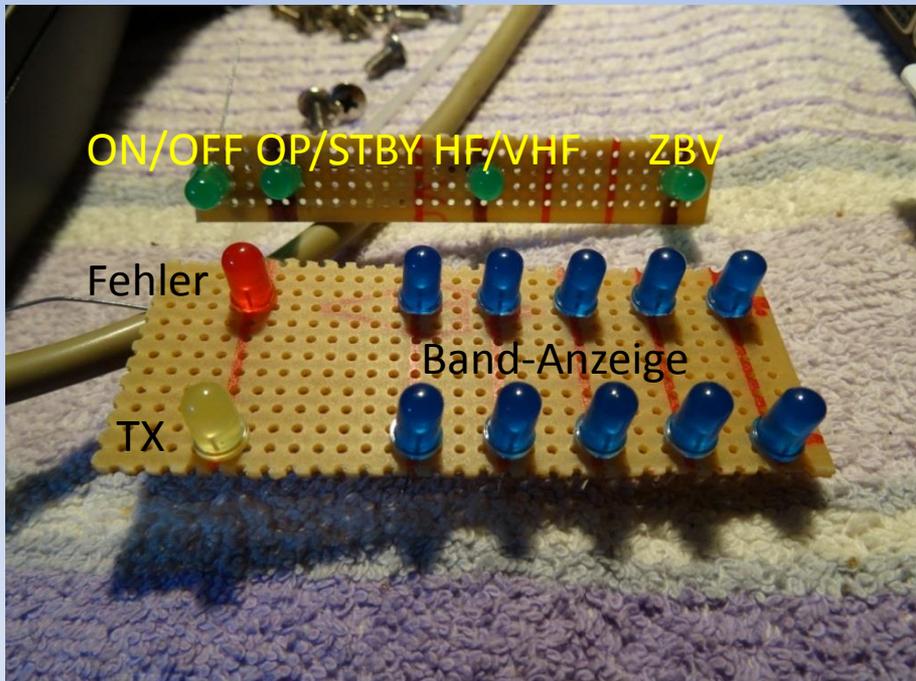
Einbau der Komponenten

- Auskopplung (lose) für die Leistungsmessung:



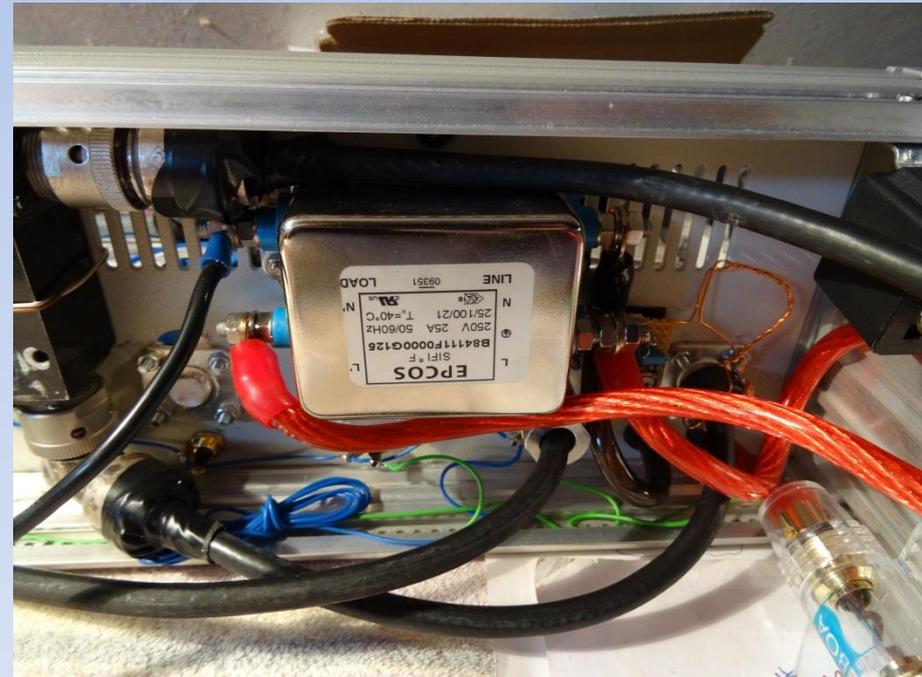
Einbau der Komponenten

- Vorbereiten der LED-panels und Steuerung:



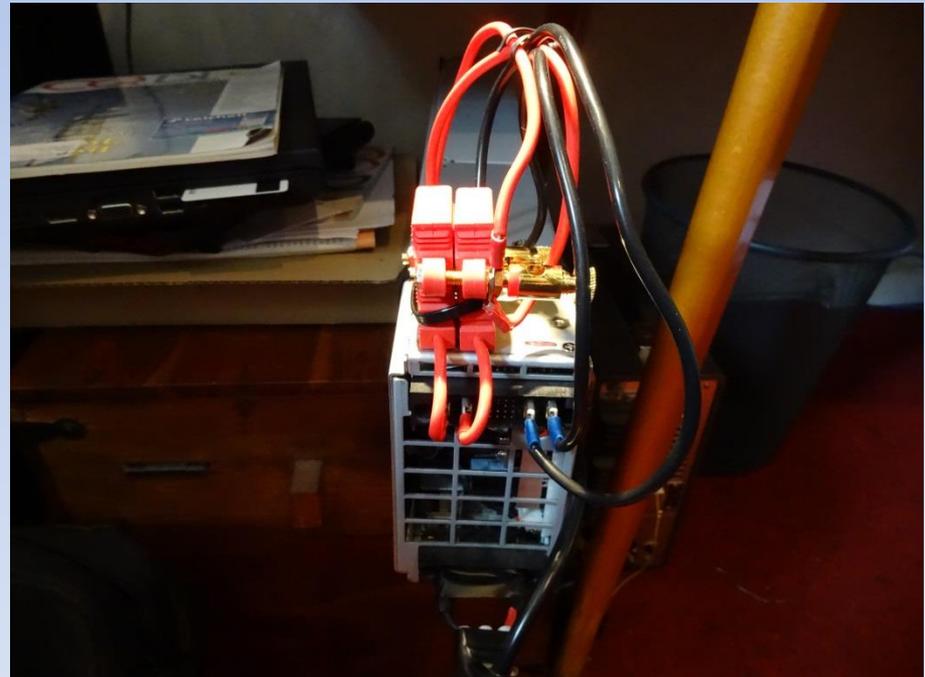
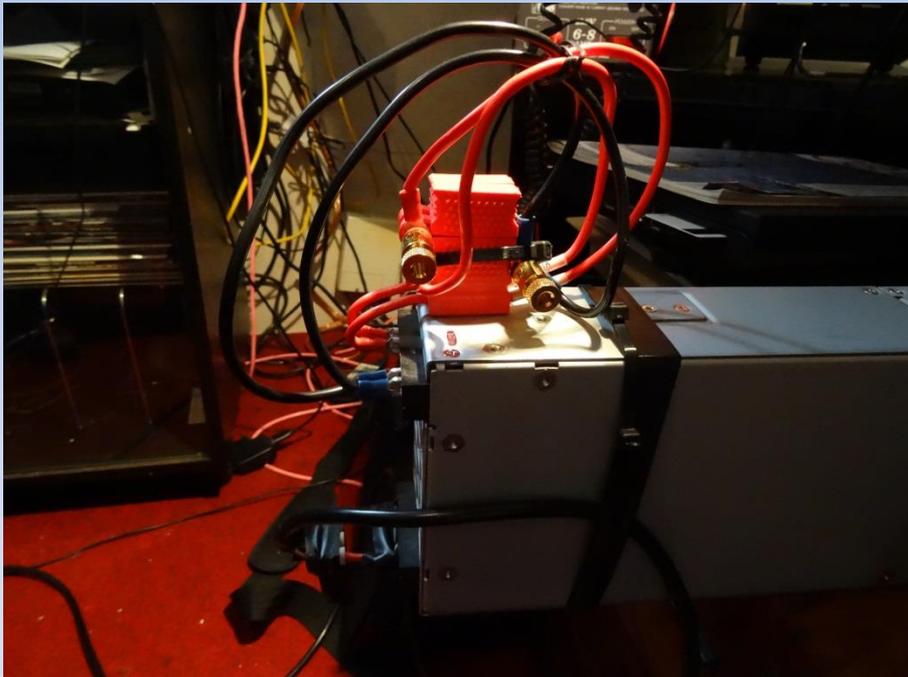
Einbau der Komponenten

- Montage der 2 Steuerungen, Temperaturfühler und Netzfilter:



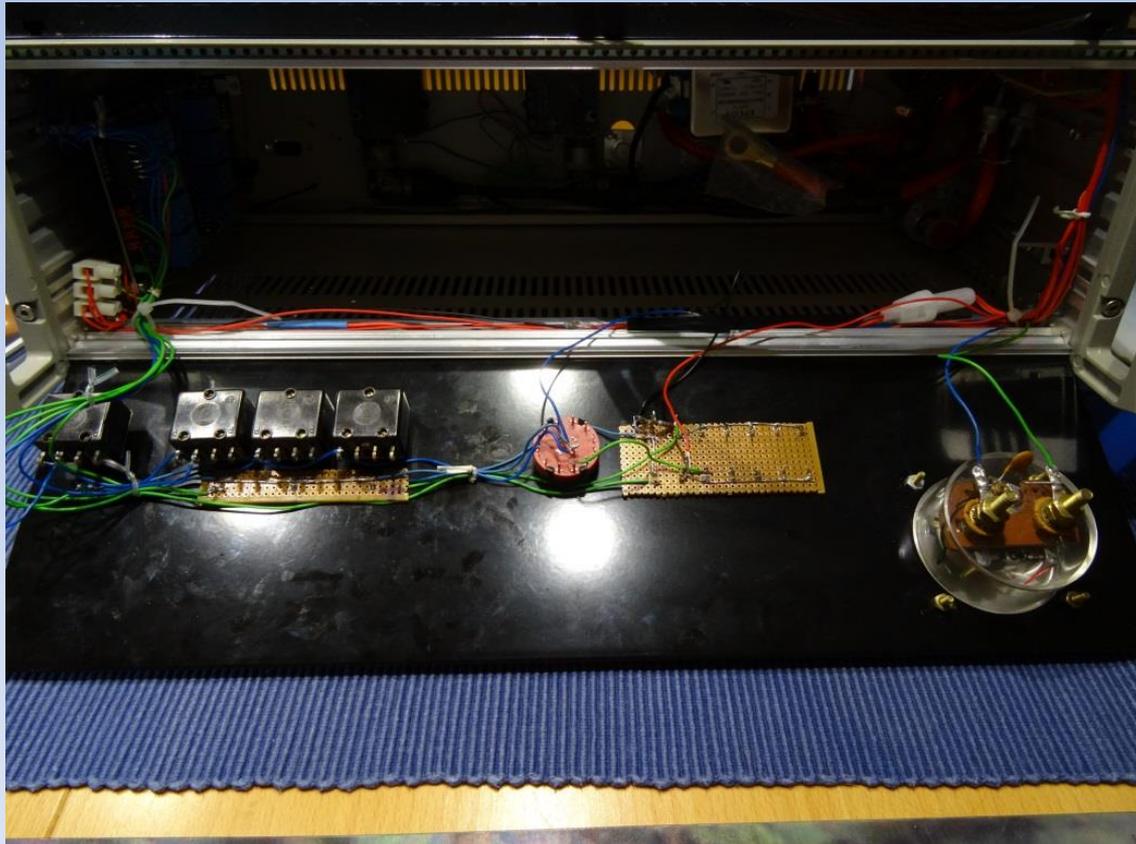
Einbau der Komponenten

- Provisorische Vorbereitung des Netzteils:



Einbau der Komponenten

- Montage der Frontplatte:



Einbau der Komponenten

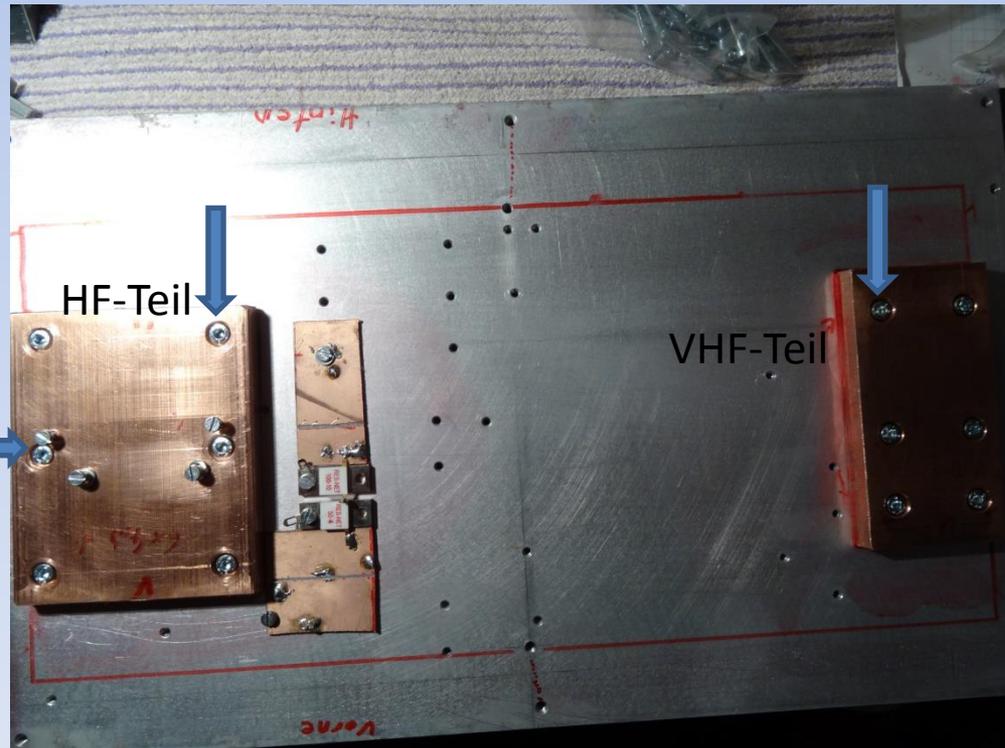
- Montage der Lüfter:



Einbau der Komponenten

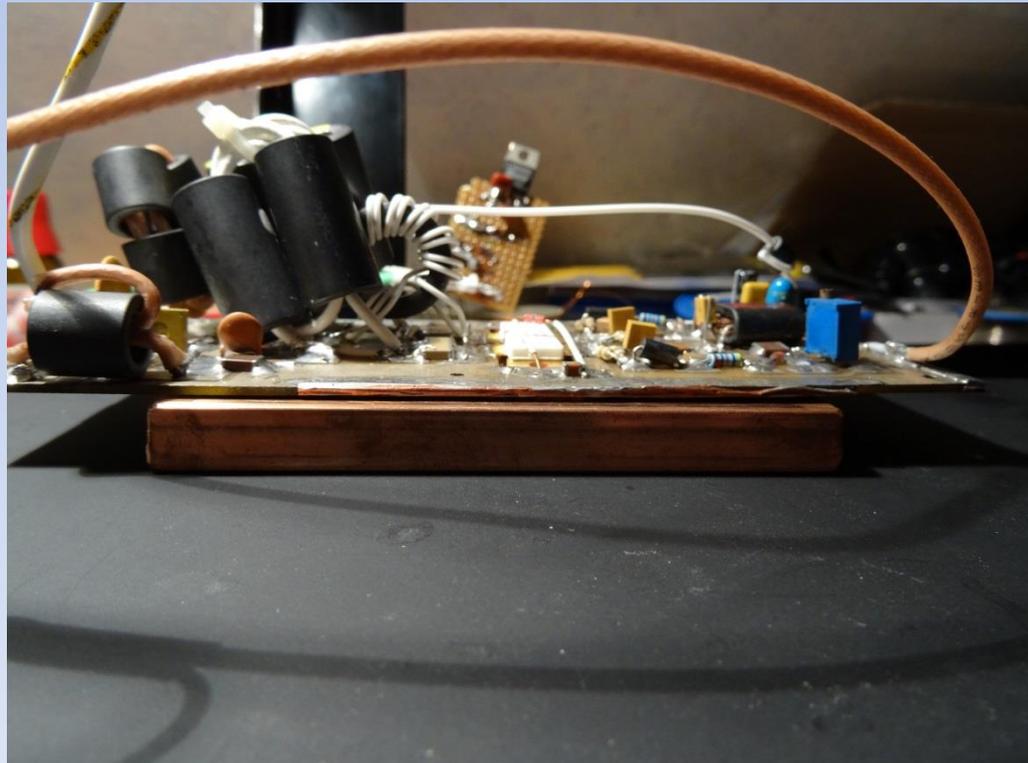
- Vorbereitung des Kühlkörpers, Kupferplatte und der Dämpfungsglieder:

Die jeweils 6 Schrauben in den Kupferplatten sind versenkt, somit entsteht eine ebene Fläche - das ist wichtig für die spätere Montage der Module.



Einbau der Komponenten

- Das fertig montierte „Herz“ der HF-PA inkl. Heat-Spreader aus Kupfer:



Einbau der Komponenten

- Tiefpassfilter:



Es handelt sich konkret um 5-polige Tiefpassfilter. Insgesamt kommen hier 8 Filter zum Einsatz: 2m, 6m, 10/12m, 15m, 17/20m, 30/40m, 80m, 160m.

Einbau der Komponenten

- Nun noch den Ruhestrom auf 2,0A einstellen, Deckel drauf und:

Fertig!



Naja, fast zumindest. Es fehlt noch der Drehknopf vom Bandschalter und die Beschriftung...

1. Test

Steuerleistung: 100mW

Ausgangsleistung auf den Bändern 160m-6m: etwa 100W +- 10% - was aufgrund der Spezifikation 10Mhz - 500Mhz und der Angabe 23,5db Verstärkung ein wenig verwundert! Egal, die PA scheint zu funktionieren und möglicherweise ist mein K3 im mW-Bereich nicht unbedingt die Referenz für die Bestimmung des Verstärkungsfaktors.

Anfänglich hatte ich Probleme mit einem weglaufenden Ruhestrom – was einer falschen Dimensionierung der Ruhestromstabilisierung geschuldet war. Nachdem ich die Schaltung neu berechnet und überarbeitet hatte, war das Problem aber überwunden und die Unterdrückung der Ober- und Nebenwellen sowie der IMD3 war im grünen Bereich. Der Hersteller der Boards hat daraufhin diese Modifikation für all seine Boards übernommen, auch für die High-Power Version (s. „Die Evolution“). Alle Boards die nach dem 15. September 2014 ausgeliefert wurden, sollten diese Modifikation bereits enthalten.

Im intermittierenden Betrieb (SSB) wurde die PA bei 700W **ohne Lüfter** nur Handwarm und ich überlege gerade diese wegzulassen...naja, für digitale Dauerstrichbetriebsarten vielleicht doch...auf jeden Fall scheint der Kühlkörper gut dimensioniert zu sein. Ich habe die Schutzschaltung nun so eingestellt, dass die PA bei etwa 50-60C° Kühlkörpertemperatur abschaltet. Die verwendeten Lüfter (140mm) laufen so leise, dass eine ursprünglich geplante temperaturabhängige Steuerung der Lüfter getrost entfallen kann.

1. Messungen

Erste Messungen ergaben eine Oberwellenunterdrückung von ca. 60db und einen Intermodulationsabstand von über 40db(!) bei 500W Output auf 28.400Mhz. Genauere Messungen folgen noch, hier werde ich auch mit dem Ruhestrom noch etwas experimentieren.

Bei 1,5W Input lagen dann am Dummy-Load über 1KW an, hier beende ich nun den 1. Test 😊 und baue nun noch ein zuschaltbares 14-16db Dämpfungsglied in 50-Ohm Technik vor dem PA-Modul ein (s. Schaltplan). Somit können **Spikes oder versehentliche Fehlbedienung** des TRX der PA nichts mehr anhaben...natürlich könnte ich auch hier die Schutzschaltung für die Eingangsleistung aktivieren. Ich weiß aber nicht, ob diese ggf. zu langsam reagiert und mir scheint der Schutz mit einem passenden Dämpfungsglied zur Zeit sicherer...

Der K3 ist (leider) einer der wenigen TRX am Markt, welcher diese **Spikes** nicht produziert und somit über eine saubere Leistungsregelung verfügt. Ebenso sinkt die Intermodulation des K3 bei reduzierter Leistung auf hervorragende Werte, was einen störungsarmen Betrieb der PA ermöglicht. Meist sorgt bei vielen Geräten die ALC dafür, dass dieses sich meist gegenläufig verhält (weniger Leistung, mehr Intermodulation)...

1. Messungen

Als Orientierung welche Werte man erwarten kann, kann folgendes Datenblatt verwendet werden:



Datenblatt-MRFE6
VP61K25H

Dieses bezieht sich zwar auf den MRFE6VP61K25H, passt aber im wesentlichen auf diese Art der Transistoren und deckt sich auch mit meinen 1. Messungen. Hier ist zu sehen, dass bei einem Class-AB Betrieb (2,5A Ruhestrom) über 40db IMD3 drin sind. Im Class-A Betrieb (4,5A Ruhestrom) sogar über 50db! Zumindest bis zum Legal-Limit in DL, danach bei bis zu 1000W noch über 30db bzw. 40db... Dieses scheint auch weitgehend unabhängig davon zu sein, ob die PA auf UKW oder HF betrieben wird. Ob das reicht oder nicht, muss jeder für sich selber entscheiden. Für SSB-Betrieb bis 750W übertrifft das jedenfalls meine Erwartungen. Ich habe den Ruhestrom nun auf 2A eingestellt, was **für mich** einen guten Kompromiss zwischen Linearität und Effizienz darstellt. Immerhin sind hier schon 100W schnell mal konsumiert...

Ausblick

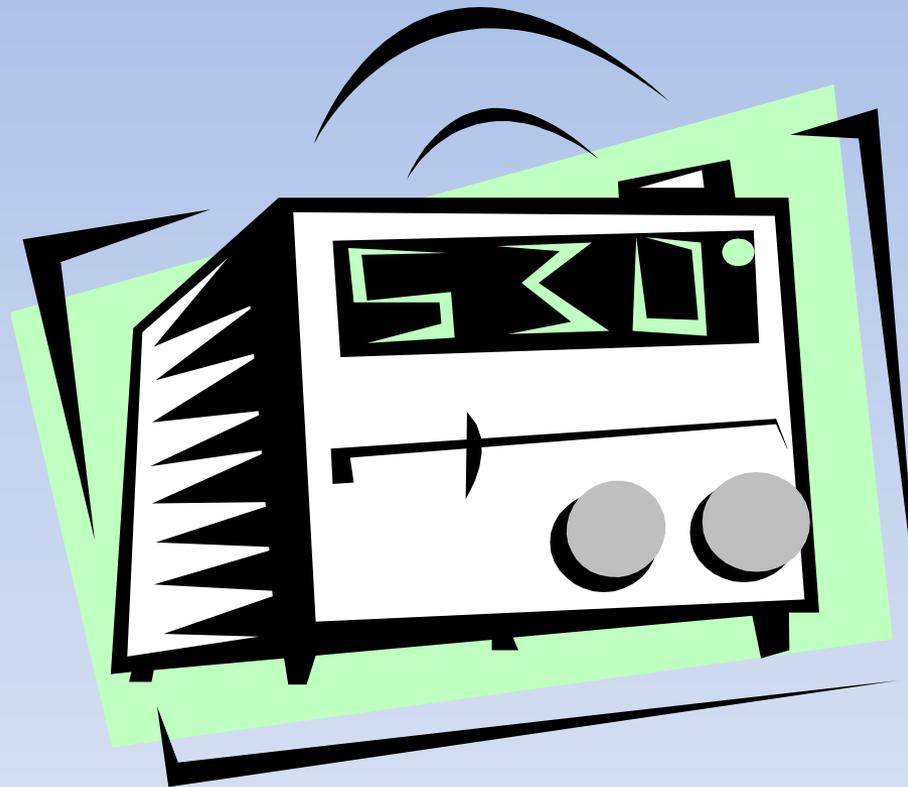
Ich habe mich für ein 2. Modul für das 2m-Band und eine automatische Bandumschaltung entschieden. Somit ist die Abdeckung dieser PA dann von 2m-160m - am Markt für Geld nicht zu kaufen. Auf die Integration des 2m-Bandes wird dann im 2. Teil eingegangen. Wer auf die Erweiterung der PA für 2m verzichten möchte, kann auf dieser Folie mit dem Lesen aufhören.

By the way: ich habe den BLF578XR nun wieder ausgelötet und gegen einen BLF178XR ersetzt. Dieser hat noch etwas mehr Gain und einen geringfügig höheren Wirkungsgrad. Den nun arbeitslosen 578er plane ich dann für das 2m-Modul einzusetzen, da dieser im Gegensatz zum 178er eine deutlich höhere Grenzfrequenz im oberen Bereich aufweist (500Mhz anstatt 128Mhz).

Ende Teil 1 HF-PA



Teil 2 VHF PA



Planung und Materialbeschaffung

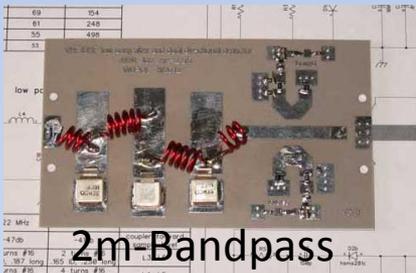
Das Modul für das 2m-Band kommt in das gleiche Gehäuse wie die HF-PA!!!

Was brauche ich noch zusätzlich zur HF-PA?

- Kupfer-Kühlplatte (15€ bei Amazon)
- BLF578XR (129€ bei E-Bay)
- Fertig aufgebautes Modul für BLF578XR (150€ bei E-Bay)
- Koaxrelais mit mind. 1500W Schaltleistung (35€ bei E-Bay)
- Bandfilter (Eigenbau oder bei E-Bay, ca. 20€)
- Zusätzliche Steuerelektronik (im Teil1 bereits im Schaltplan und Aufbau integriert-5€ bei E-Bay)
- 10db Abschwächer am Eingang (Eigenbau, ca. 20€ bei E-Bay oder aus der Bastelkiste)
- Kleinmaterial (N-Buchsen, Schrauben...)

Macht zusammen ca. 330€, somit liegt der Gesamtpreis der PA bei ca. 800€

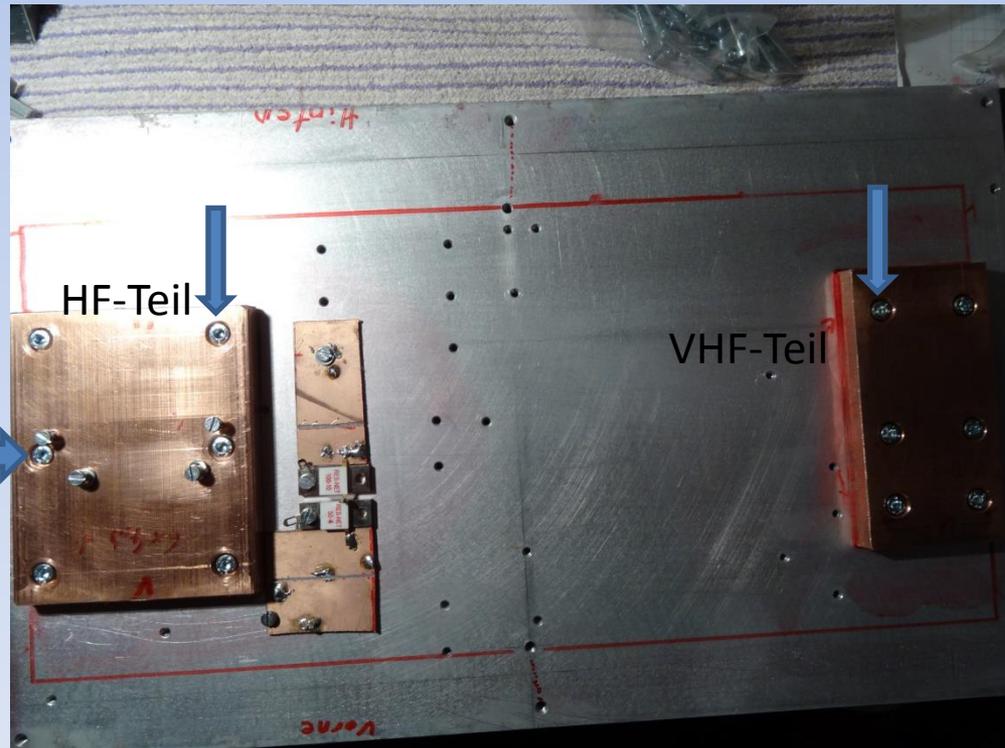
Komponenten im Detail



Einbau der Komponenten

- Vorbereitung des Kühlkörpers, Kupferplatte und der Dämpfungsglieder:

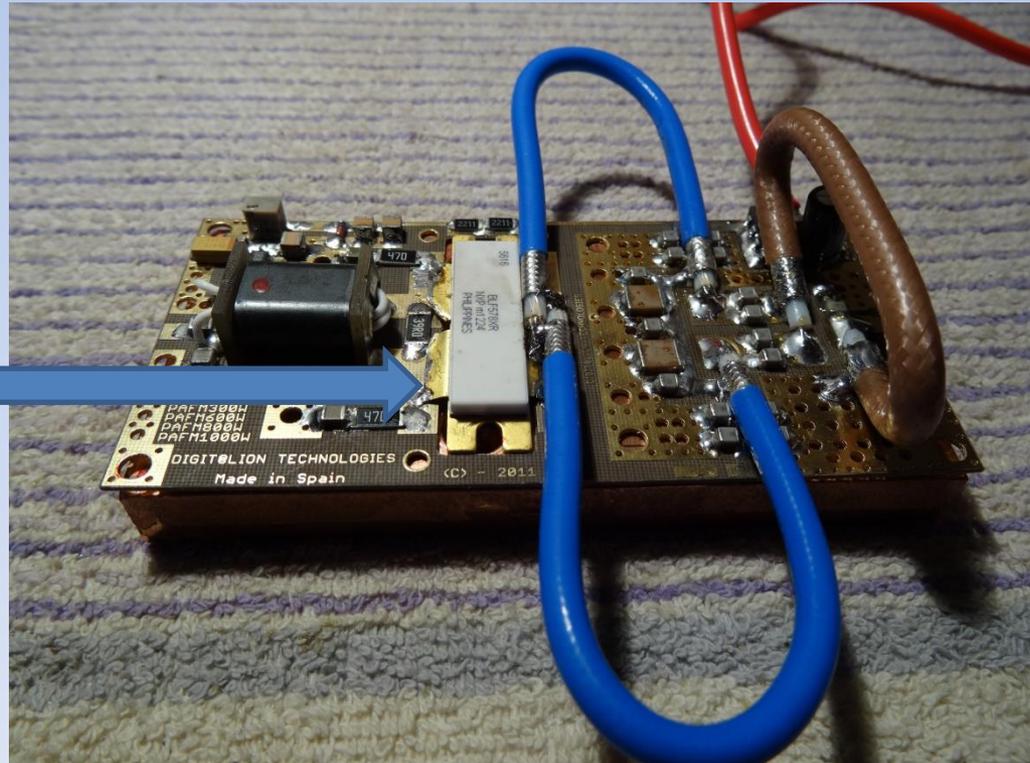
Die jeweils 6 Schrauben in den Kupferplatten sind versenkt, somit entsteht eine ebene Fläche - das ist wichtig für die spätere Montage der Module.



Einbau der Komponenten

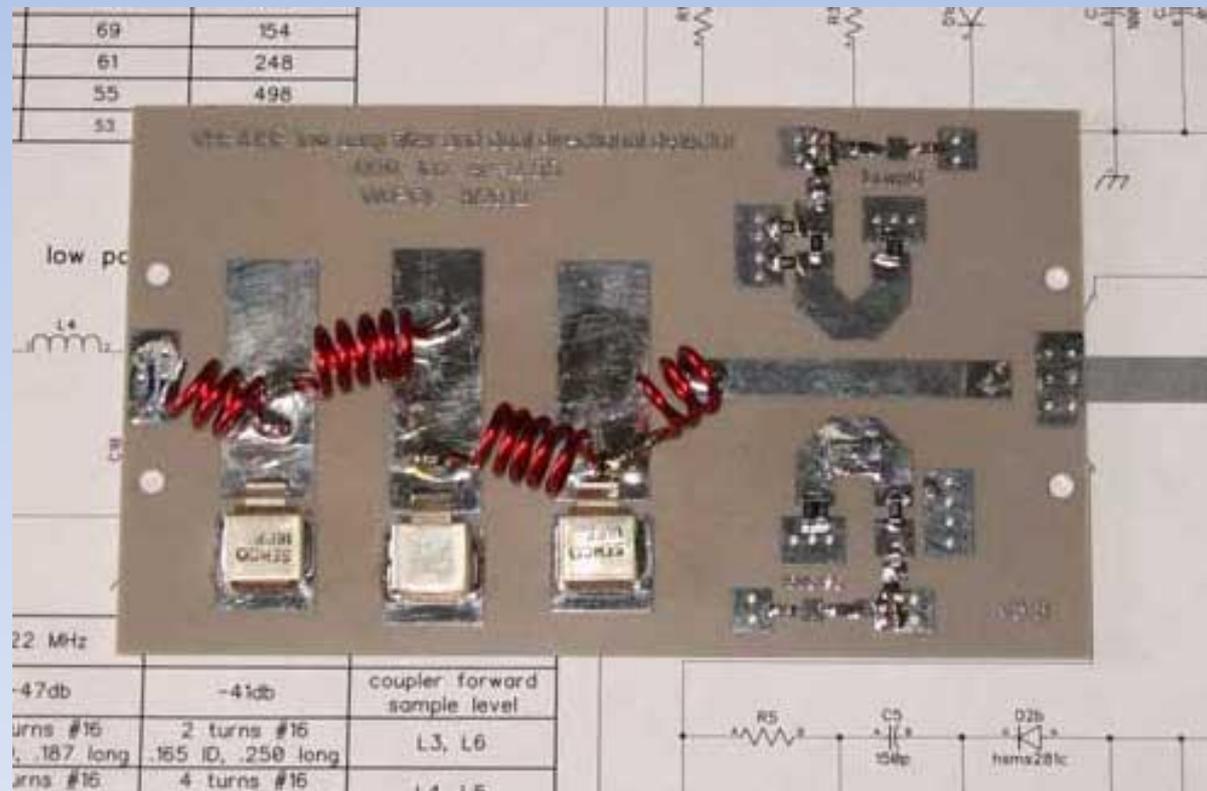
- Das fertig montierte „Herz“ der VHF-PA inkl. Heat-Spreader aus Kupfer:

Die Anschlussfahnen des LDMOS werden gaaaanz leicht nach unten abgewinkelt-somit bildet die Unterseite der Platine mit der Unterseite des LDMOS eine ebene Fläche.



Einbau der Komponenten

- 2m Bandfilter mit Richtkoppler:



Einbau der Komponenten

- Auf der Rückseite der PA hatte ich bereits zur Sicherheit 4 N-Buchsen und einen 2. PTT-Eingang eingebaut:



Einbau der Komponenten

- Nun noch den Ruhestrom auf 2,2A einstellen, Deckel drauf und:

Fertig!



Naja, fast zumindest. Es fehlt immer noch der Drehknopf vom Bandschalter und die Beschriftung 😊...

1. Test

Steuerleistung: 1W (10db Dämpfung vor dem Modul!!!)

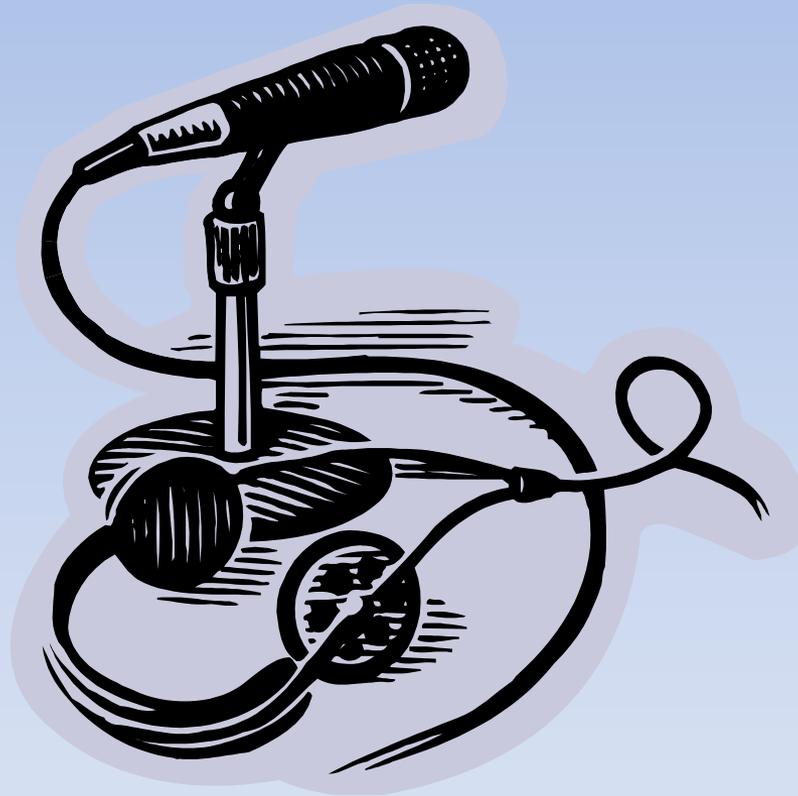
Ausgangsleistung auf 2m: etwa 50W

Bei 25W Input wird über 1KW erreicht!

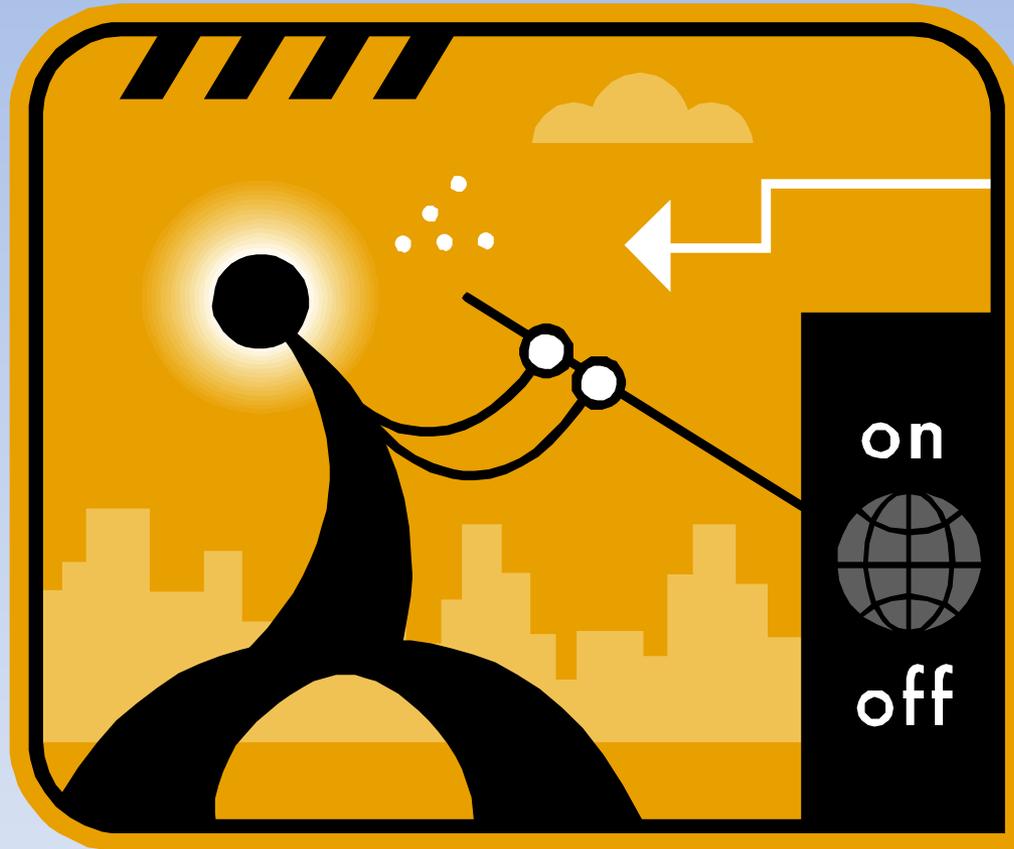
1. Messungen

Erste Messungen ergaben eine Oberwellenunterdrückung von über 60db und einen Intermodulationsabstand (IMD3) von über 40db bei 500W Output auf 145Mhz. Der Ruhestrom des LDMOS liegt bei etwa 2,2A (Class-AB).

Ende Teil 2 VHF-PA



Teil 3 Automatische Bandumschaltung



Planung und Materialbeschaffung

Was brauche ich?

- x
- y
- z
- Kleinmaterial

Die Kosten sind mehr oder minder zu vernachlässigen (<20€).

Aufbau und Arbeitsweise

Die Umschaltung wird nur für den HF-Teil benötigt, das VHF-Filter ist fix (eigener HF-Zweig). Zu diesem Zweck wird ein Mikrocontroller inkl. Treiber zur Steuerung der Relais eingesetzt.

Wie funktioniert die Umschaltung?

- Messen der Eingangsfrequenz
- Umschaltung der Filter
- Freigabe der Verstärkung der PA

Programmierung

TBD

Einbau in die PA

TBD

Fazit

Es ist für unter 500€ (unter 800€ inkl. 2m) eine Endstufe entstanden, welche es mit den kommerziell gefertigten Endstufen locker aufnehmen kann - und das zu einem Preis, der sich sehen lassen kann. Hinzu kommt der Spaß am Eigenbau und das schöne Gefühl am Ende etwas geschaffen zu haben, wo man(n) Freude dran hat und was die Zeiten überdauert (wahrscheinlich sogar mich ;-). Diese PA ist aufgrund der hohen Verstärkung u.a. perfekt geeignet zum Aufpeppen von kleinsten Leistungen, z.B. von SDR und QRP Geräten. Eine lästige und technisch gesehen suboptimale Reihenschaltung von Endstufen kann hier entfallen. Wem das nicht reicht bzw. wer noch mehr Reserve haben möchte, kann jederzeit weitere Module in die PA integrieren und über Power Splitter und Power Combiner zusammenschalten...Platz ist genug vorhanden. Oder darf es vielleicht sogar noch ein Modul für 70cm sein?

Ein interessantes Video gibt es hier:

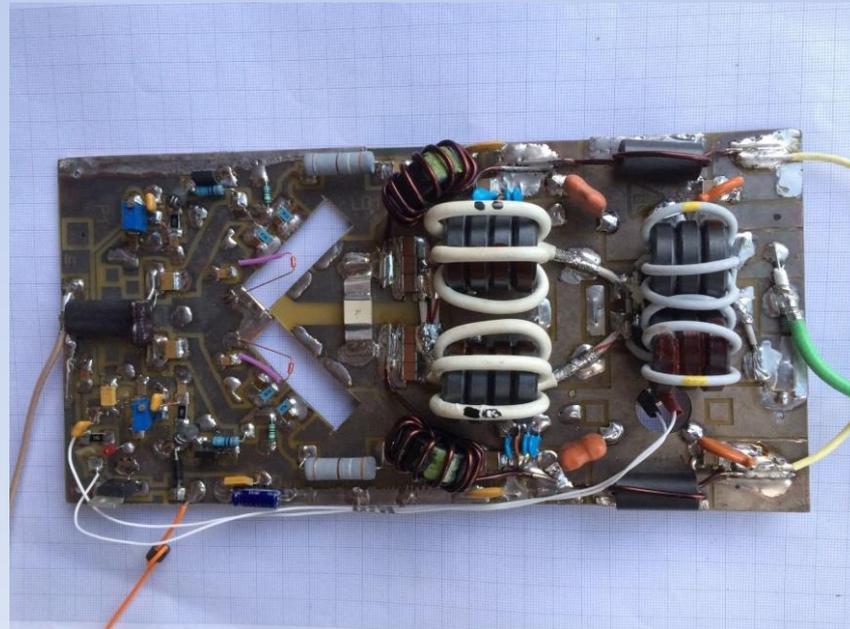
[BLF578XR-Versuch der Zerstörung](#)

Ich meine dieser Technik gehört die Zukunft - lassen wir uns mal überraschen was die LDMOS Technologie uns in Zukunft noch bringen wird. Die Technik ist im Vergleich noch relativ jung und steckt sicherlich noch in den Kinderschuhen - man darf gespannt sein!

Die Evolution

Oder aus Eins mach Zwei!

Im Mai 2014 war es dann soweit, die PA ist schon lange fertig und läuft seit fast einem $\frac{3}{4}$ Jahr störungsfrei - aber ich wollte wieder basteln! Ich habe mich bei meinem Freund Baruch mal etwas umgesehen und fand das hier:



Die Evolution

Oder aus Eins mach Zwei!

Weiterhin ist eine digitale Spannungs- und Stromkontrolle vorgesehen:



Die Evolution

Ich dachte mir wo Platz für einen LD-MOS ist, ist auch Platz für zwei!
Geändert hat sich kaum etwas, altes HF-Modul raus, neues HF-Modul rein.
Mit 2x BLF188XR kommt man theoretisch auf knapp **3KW**. Ziel ist es hier aber
1KW mit knapp 45db Intermodulationsabstand **24 Stunden am Tag, 7 Tage
die Woche** Betrieb machen zu können. Oder anders gesagt: ich lasse in FM
den Träger stehen und fahre in den Urlaub. Evtl. muss ich dann am Ende nur
den Dummy-Load zusammenfegen...

Bei 1KW Output handelt es sich für die Transistoren nur um einen "leicht
erhöhten Ruhestrom" 😊

Die BLF188XR habe ich deshalb ausgewählt, weil sie in Tests die besten IMD-
Resultate lieferten. Es können aber problemlos alle anderen Typen wie bereits
genannt verwendet werden. Ggf. bei etwas weniger an Leistung. Siehe hierzu
auch die Angaben des Herstellers vom HF-Board.

Planung und Materialbeschaffung

Das Modul für HF wird einfach nur gewechselt, das neue Board ist mit 260x130mm allerdings deutlich größer als das alte Board mit nur 152x72mm. Somit benötige ich folgendes:

- Kupfer-Kühlplatte (140x270mm, 70€ bei Amazon)
- 2x BLF188XR (mit etwas Glück ca. 300€ bei E-Bay) Achtung: bei original NXP Werksproduktion zur Zeit etwa 4 Monate Lieferzeit einplanen! Mir scheint, als wenn nun einige auf den LD-MOS Zug aufspringen...
- Fertig aufgebautes Modul für 2x BLF188XR inkl. Schutz vor zu hoher Temperatur und Ruhestromkompensation (ca. 330€ bei E-Bay)
- Spannungs- und Strommessgerät inkl. Shunt (Einbau, 10€ bei E-Bay)

Macht zusammen ca. 710€, somit liegt der Gesamtpreis der PA bei ca. 1210€ (abzüglich des alten Moduls).

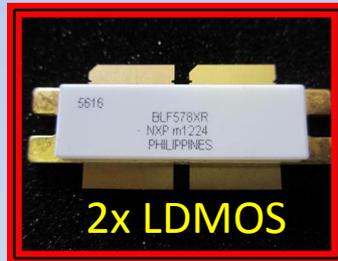
Komponenten im Detail



BLF188XR-Datenblatt
latt



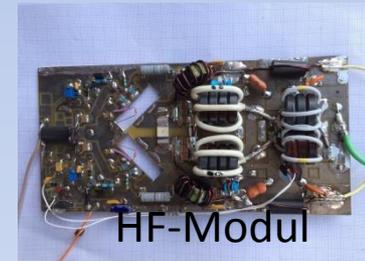
Messgerät



2x LDMOS



Kühlplatte



HF-Modul

Einbau der Komponenten

- Montage des Moduls inkl. Kupferplatte:

Kühlkörper



Kupferplatte



Dämpfungsglied

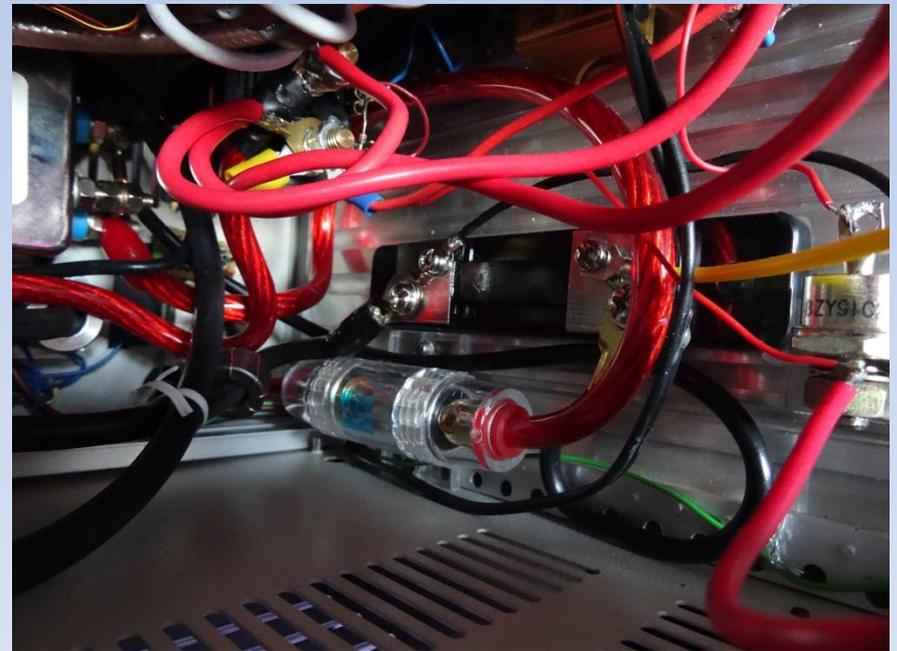
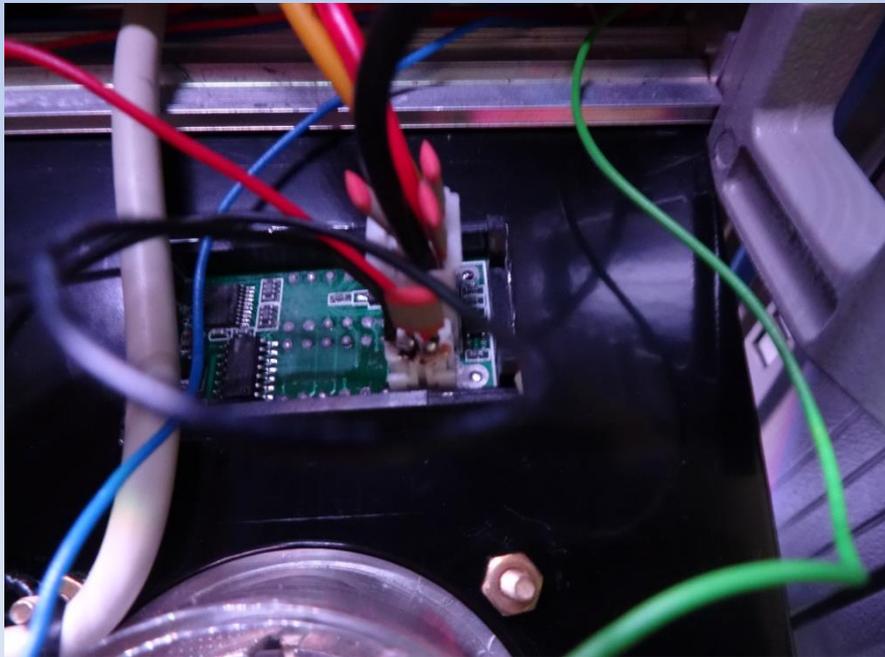


Modul

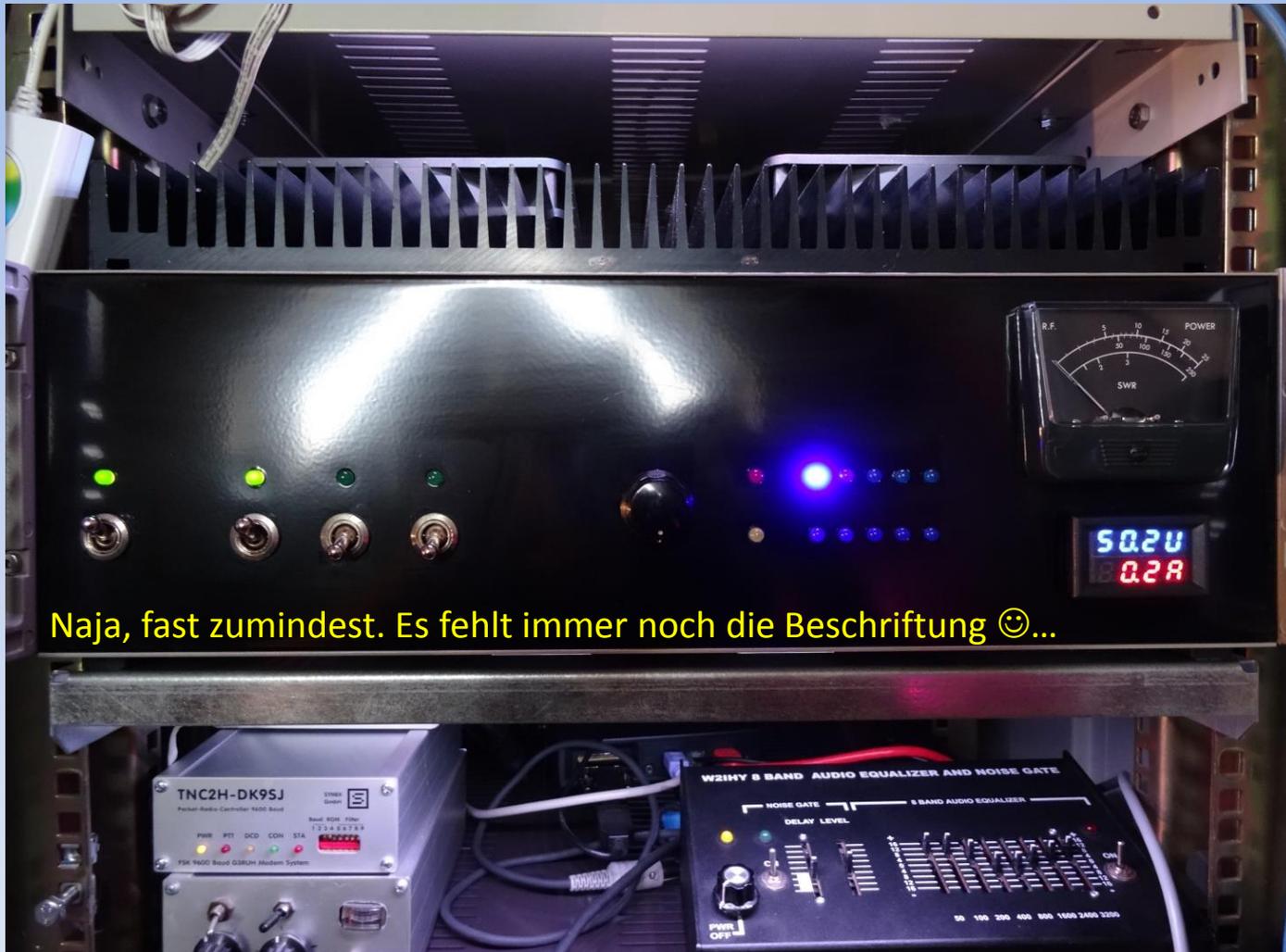


Einbau der Komponenten

- Einbau von Messgerät und Shunt:



Fertig!



Naja, fast zumindest. Es fehlt immer noch die Beschriftung 😊...

1. Test

Steuerleistung: 5W (10db Dämpfung vor dem Modul!!! Somit stehen am Eingang des Moduls 0.5W an!)

Ausgangsleistung auf den Bändern: etwa 1000W 160-30m, etwa 700W 20-10m, 500W auf 6m.

Bei 10W Input werden 1,4-2KW erreicht...**sieht so aus als könnte ich ruhig ein 20db Dämpfungsglied verwenden, dann ist man mit einem 100W TRX gut bedient.** Diese Module haben offensichtlich eine sehr hohe Verstärkung und überschreiten die Herstellerangabe von 29db Gain deutlich, speziell auf den unteren Bändern! Um auf 2KW+ zu kommen, muss auf den höheren Bändern die Steuerleistung leicht erhöht werden. Der 1db Kompressionspunkt liegt bei ca. 2400W.

Hier hat nun das von mir verwendete Netzteil (51V/60A) seine Grenzen. Hätte nie gedacht, dass es mal dazu kommt! Das hat aber auch einen Vorteil: bei einem zu hohem Strom kommt es automatisch zu einer Abschaltung 😊

Achtung!!! Wir bewegen uns nun in einer Leistungsklasse, wo die meisten Antennen sich in Wunderkerzen und Tuner in ein Tischfeuerwerk verwandeln!!! Auch RG-58 ist hier nicht mehr die 1. Wahl...Wer glaubt kurzzeitig ist das alles kein Problem, irrt hier gründlich! Die Endstufe ist mit ihren LD-MOS-XR Typen recht robust und legt **umgehend alles in Schutt und Asche was dieser Leistung nicht gewachsen ist!** Und dann ist die Trauer groß...

Selbst das amerikanische Legal Limit (1500W) ist für dieses Kaliber kein Problem. Auch bei Dauerstrich.

Das hier niemand mit Vorsatz handelt ist denke ich selbstredend, aber es kann ja mal im Eifer des Gefechtes zu einer Fehlbedienung des TRX kommen. **Von daher empfehle ich ausdrücklich, das Dämpfungsglied am Eingang des Moduls so zu bemessen, dass die jeweilige Peripherie inkl. des HF-Moduls nicht überlastet werden kann, auch nicht bei der Maximalleistung des Steuersenders!** Das die jeweiligen Bestimmungen der Länder einzuhalten sind, ist an dieser Stelle wohl kaum nennenswert ... Wer auf der sicheren Seite sein möchte, baut jetzt noch einen Schutz vor zu hohem SWR ein...

Weiterhin führt ein deutliches Übersteuern des Moduls (>10-15W Input) zur Zerstörung der LD-MOS!

1. Messungen

Erste Messungen ergaben eine Oberwellenunterdrückung von über 65db und einen Intermodulationsabstand (IMD3) von über **41db bei 1500W Output** auf 28,500Mhz. Der Ruhestrom der LDMOS liegt insgesamt bei 2,0A (Class-AB).

Ende

Alles hat mal ein Ende, auch dieses Projekt.
Nach ca. 3-4 Monaten Bauzeit kann ich nun das
Reißbrett wieder zur Seite legen. Ich hoffe ihr
hattet Spaß beim Lesen und ich konnte einen
kleinen Anreiz für eigene Versuche schaffen, 73-
hr u on the air!

