

Aufbau von Endstufen von VHF bis Ghz aus PA-Modulen. Designs, Tipps und Fallen

Jens Wagner
DH1AKY

DARC Ortsverband
X30 Ilmenau



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

Zur Person

- 1967 in Saalfeld geboren
- 1989-1994 Informatikstudium TU Dresden
- 1991 C-Lizenz (DG0OAJ), OV X26
- 1993 A-Lizenz (DH1AKY)
- Aktiv bis 1995 im Bereich FM, Packet Radio
- 1996 Umzug Großraum Karlsruhe, berufliche Pause
- 1999 Umzug nach Ilmenau, berufliche und familiäre Pause
- 2016 (spätere) Ex-XYL schenkt mir Bafoeng 5V5R zum Geburtstag, erste WSPR Experimente mit Raspberry Pi und 10mW
- Ende 2016: Ersteigerung EFE-40 Platine über eBay, Neueinstieg im OV X30
- 2017 Infektion mit QRP und FloraFauna-„Viren“ auf KW
- 2018 erste WM bei DF0HQ als Helfer und erste UKW Conteste
- 2024 OV X30 1. Platz DL UKW Pokal



Ausgangssituation



Diskussionen zu den OV Abenden

- „Wir müssten mal ...“
- „Wenn wir auf 70cm mehr Leistung hätten, dann könnte man auch CQ rufen ...“
- „Das Watt auf 2m kostet mindestens 1 Euro, das auf 70cm mindestens das Doppelte“
- „Die Module dazu habe ich schon liegen, ich komme nur nicht dazu“

Die Fragen dazu

- Warum mache ich das nicht einfach mal?
- Will ich im Contest eigentlich nur S&P Betrieb machen? Warum können andere CQ rufen?
- Ist es wirklich so? Eigentlich sollten die Preise fallen, oder? Da müsste doch was gehen
- Wo gibt's die Module?

Ausgangssituation



Die Fragen dazu

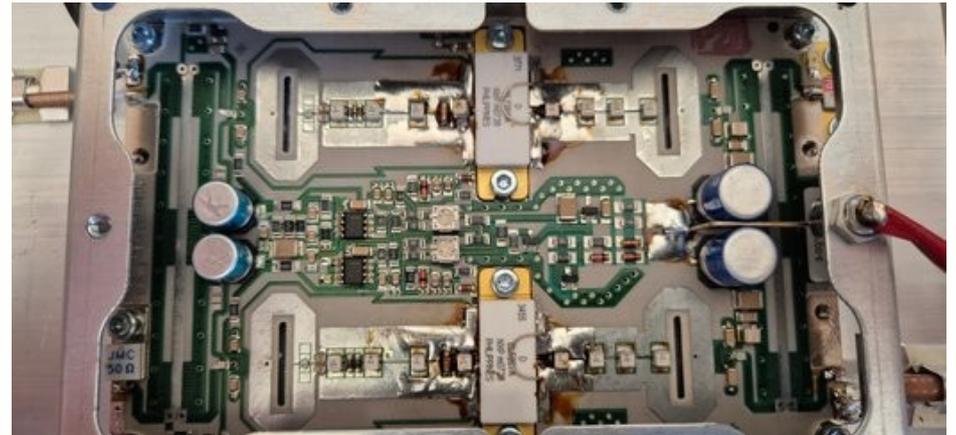
- Warum mache ich das nicht einfach mal?
- Will ich im Contest eigentlich nur S&P Betrieb machen? Warum können andere CQ rufen?
- Ist es wirklich so? Eigentlich sollten die Preise fallen, oder?
- Wo gibt's die Module?

Die Antworten

- Ich werde es einfach mal machen, egal, was alle sagen
- Natürlich würde auch ich gern CQ rufen. Es wäre cool, wenn alle im OV das auch könnten.
- Die Ansätze kommen mir zu hoch vor
- Bei den üblichen Verdächtigen: eBay, AliExpress, Banggood, ..

Motivation (250W@430MHz)

- bei eBay gefunden
- 35 Euro für 250W → genial!
- Wenige Modifikationen
- Was brauche ich noch dazu?
 - Gehäuse
 - Netzteil
 - Ablaufsteuerung/Sequenzer
 - HF-Relais >250W@70cm
 - HF-Relais ca. <50W@70cm
 - Tiefpass?



Infos dazu u.a. von DK4RC oder auch
<https://moonbounce.dk/hamradio/260w-dvbt-pa-module-for-70cm-use.html>

Der erste Bau (250W@430MHz)

- Gehäuse aus teuren Alu-Halbzeugen (Baumarkt), 100€
- überdimensioniertes Mobilfunk Basisstations-Netzteil (35€, eBay)
- PA-Modul (35€, eBay)
- Tiefpass von 60dBm.com (120€)
- Kuhne Sequenzer Platine (geschenkt)
- HF-Relais >250W@70cm und HF-Relais ca. <50W@70cm, eBay (zus, ca. 120€)
- überdimensionierte Kühlkörper (40€, eBay)
- Arduino Nano, Nextion Display (70€)
- Kleinteile, Lüfter und N-Stecker (50€)

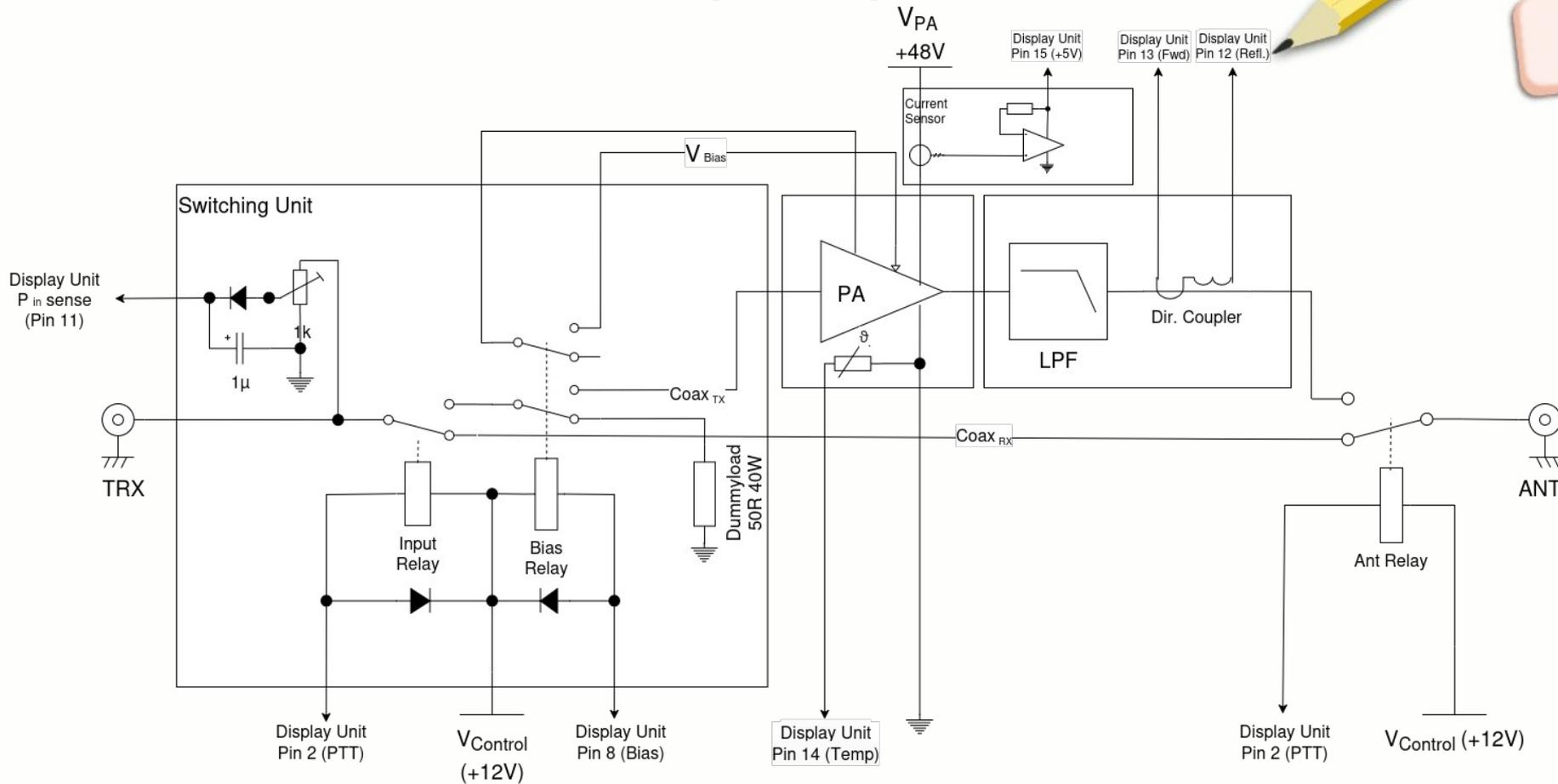


Das erste Ergebnis - Erkenntnisse

- 250W Leistung bei Material ca. 550€
- ca. 50 Stunden Bauzeit
- ca. 50 Stunden in Arduino-Programmierung, Display-Programmierung, CAT-Funktion (Elecraft-PA Protokoll)
- Arduino gestorben, funktioniert trotzdem, Display nun ohne Funktion
- bis heute im Einsatz, Kühlkörper mehr als ausreichend
- viel dabei gelernt (!)



Blockschaltbild (Beispiel 2m 1kW PA)



Der zweite Bau (1kW@144Mhz)

- eBay Fund: PA-Modul („Pallet“) 1kW@144Mhz (120€) +BLF 188 XR (220€)
- Tiefpass-Platine von 60dBm.com (120€)
- Kühlkörper 12x12x30cm → in der Mitte zersägt (40€)
- Kupferplatte 10x10x1cm als Heat-Spreader (25€)
- 19“ 3HE Gehäuse (2 Stück, 80€)
→ beste Design-Entscheidung
- Meanwell-Netzteil 1500W@48V (350€)
- CX600 Leistungs-Koaxrelais (120€)
- Steuer- und Anzeigeplatine von Roland, DK4RC, Umschalteneinheit mit Relais und Dummyload (eigenes Design, Layout DG1ATN) → beste Entscheidung
- Kleinteile, Lüfter und HF-Stecker (100€)



Der zweite (und dritte) Bau - Erkenntnisse

- PA-Modul („Pallet“): Billig-Kauf war Fehler, Originaldesign mit thermischer BIAS Kompensation nehmen
- Vorspannung → bei TX schalten spart Leistungselektronik
- BLF 188 XR → China kostet die Hälfte
- Kühlkörper 12x12x30cm → für Contest ausreichend
- Kupferplatte 10x10x1cm als Heat-Spreader → möglichst länger als Pallet, um Anschlüsse zu befestigen
- 19“ 3HE Gehäuse → beste Design-Entscheidung, auf Griffe achten (Handling)
- Meanwell-Netzteil 1500W@48V (350€) → kann QRM machen, billiger möglich, tw. gute China-Exemplare, Massepunkt nahe N-Buchsen (!)
- CX600 Leistungs-Koaxrelais (120€) → bewährt
- Steuer- und Anzeigeplatine von Roland, DK4RC → beste Entscheidung, Logik durchdacht und Contest-tauglich (sofortiger Reset nach PTT off)
- Steuerleitungen ggf. steckbar machen → Servicefreundlichkeit



Der zweite (und dritte) Bau - Details



Evolution der mechanischen Fertigkeiten

- oben: Version 1
- unten: Version 2

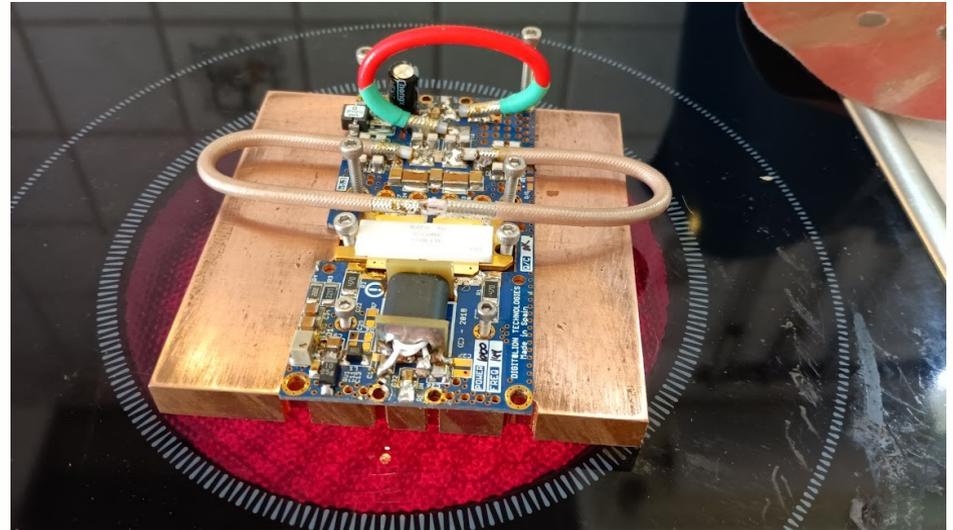


Tiefpass an Kühlkörper-Rückseite

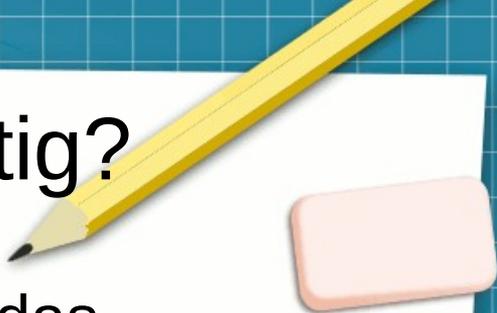
- von 60dbm.com
- mit Richtkoppler

Einlöten/Auslöten des BLF188XR

- Wärmeableitung im PA Betrieb ist essentiell, WL-Pasten sind weniger ideal, daher direkt mit Lot auf Cu-Heatspreader
- Methode Herdplatte
 - niedrigschmelzendes Lot, um guten thermischen Kontakt des Transistors zu gewährleisten
 - Ceranfeld ist ideal, kann man schnell in einen kalten Bereich schieben
 - geht nicht auf Induktionsherden



Warum wurde v2 noch nicht fertig?



- BLF 188 XR ist wiederholt ausgestiegen (vor allem bei CW)
- Vermutung: Ruhestrom ist stark abhängig von Temperatur
- Pallet hat keine (ausreichende) Temperaturkompensation
- PA-Betrieb hebt Temperatur, Ruhestrom geht steil nach oben
- Folge: LDMOS steigt aus
- Abhilfe: Vorspannung (Bias-) Spannung temperaturkompensieren

Wie kann man das vermeiden?

- Nehmt Schaltungen mit ausreichend stabiler Temperaturkompensation!

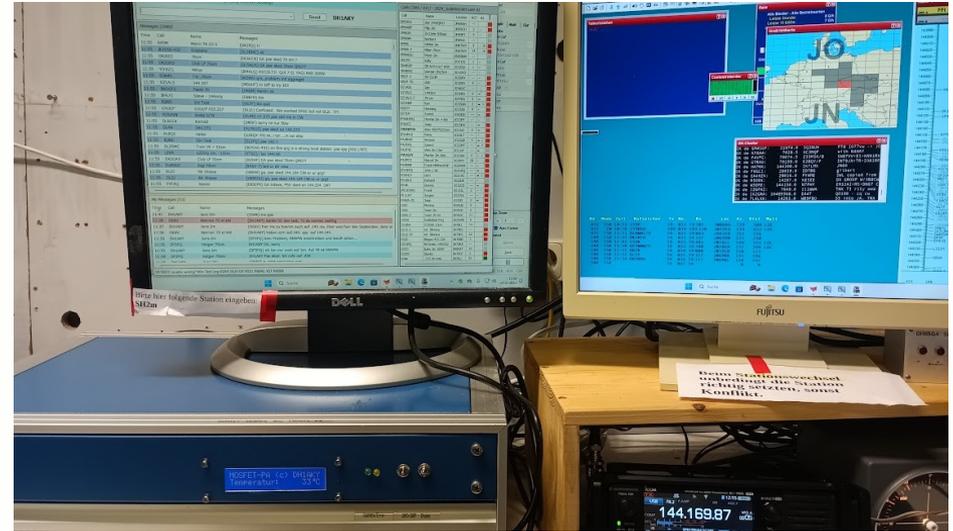
Warum?

- LDMOS sind nicht unter 100€ / Stück zu bekommen

Resultat – 2m 1kW PA



Frontansicht 2m PA v2



2m PA v1 im Contest-Einsatz

Der vierte Bau (250W@1,3GHz)

- 19" 2HE Rack-Gehäuse (40€)
- 19" 2HE Rack (Thomann, 80€)
- Meanwell-Netzteil 750W@28V
- Koax-Leistungs-Relais CX600 (120 €)
- Eingangs-Koax-Relais SMD (12€)
- Kuhne PA Modul 250W (ca. 800€)
- Zirkulator von PE1RKI (ca. 120€)
- Kuhne Kühlkörper+Lüfter (ca. 120€)
- Lüftersteuerung von Pollin (ca. 30€)
- China-Temperaturanzeige (10€)
- China-Analoganzeigen (5€)
- Kleinteile, HF-Verbinder (100€)



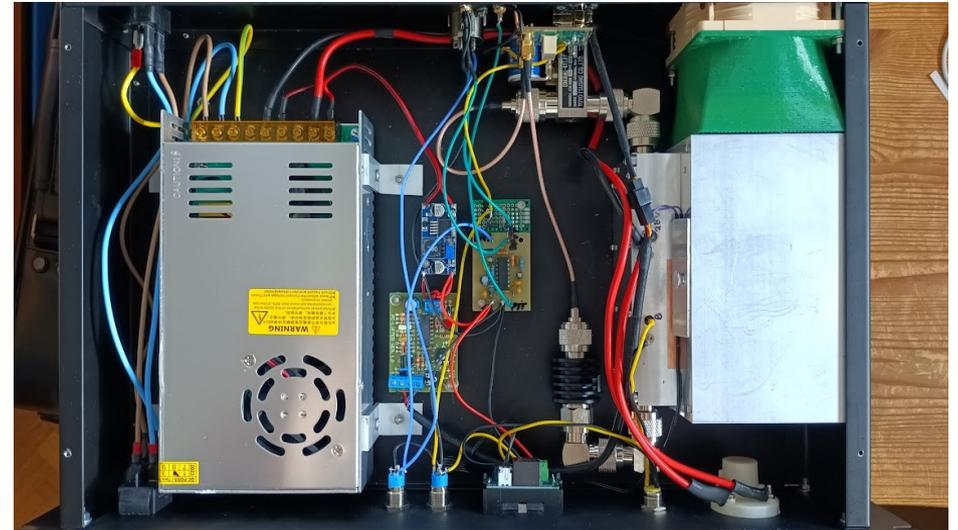
Der vierte Bau - Erkenntnisse

- 19" 2HE Rack-Gehäuse (40€) und 19" 2HE Rack (Thomann, 80€) → macht Sinn, einheitliches Design
- Meanwell-Netzteil 750W@28V → zur groß, kein Problem
- Koax-Leistungs-Relais → läuft
- Eingang-Koax-Relais → relativ preiswert und mit eigener Platine gut zu montieren
- Kuhne PA Modul 250W (ca. 800€) → zu teuer
- Zirkulator von PE1RKI (ca. 120€) → gleich mit bestellen
- Kuhne Kühlkörper+Lüfter (ca. 120€) → PC Lüfter
- Lüftersteuerung von Pollin (ca. 30€) → nett, geschaltet reicht aber auch
- China-Analoganzeigen → visuell super zu erfassen



Der fünfte Bau (170W@1,3GHz)

- 19" 2HE Rack-Gehäuse (40€)
- China-Netzteil 500W@28V (70€)
- Koax-Leistungs-Relais (CX600) (120€)
- Eingangs-Koax-Relais (SMD-Koax-Relais, 12€)
- PA Modul PE1RKI 140W mit Kupferplatte und Zirkulator (350€)
- Kühlkörper eBay + PC-Lüfter (30€ + 40€)
- Lüftersteuerung Pollin (35€)
- Temperaturabschaltung über China-Temperaturanzeige (5€)
- China-Analoganzeige (5€)
- Kleinteile, HF-Verbinder (100 €)



Der fünfte Bau (170W@1,3GHz)

- 19" Rackdesign → bewährt
- China-Netzteil 500W@28V → läuft
- Koax-Leistungs-Relais → CX600
- Eingangs-Koax-Relais → SMD-Relais
- PA Modul PE1RKI 170W mit eingebautem Zirkulator und Cu-Headspreader → sinnvolle Kombination
- Hochwertige PC-Lüfter → sind leise
- Lüftersteuerung und Temperaturabschaltung über BIAS mit China-Temperaturanzeige → robust
- China-Analoganzeige → visuell super, PA Strom reicht



PA eingebaut in Schublade bei DF0HQ

noch in Bau (90W@2,3GHz)

- 19" 2HE Rack-Gehäuse (40€) und 19" 2HE Rack (Thomann, 80€), China-Netzteil 250W@28V (40€)
- Abgesetztes Mastgehäuse von WLAN24 Shop, (65€) abgesetzter VV
- Transverter SG-Labs (250€)
- PA Modul 90W + Treibermodul 30W (300€)
- Koax-Leistungs-Relais im Vorverstärker (40€)
- Interdigitalfiler im VV, Billig-VV Modul
- RS-485 Telemetrie über Arduino geplant (50€)
- China-Analoganzeigen für Strom (5€)
- Kleinteile, HF-Verbinder (200€)
- Steuerkabel, Stromversorgungskabel (>200€)



noch in Bau (90W@2,3GHz) - Überlegungen



- 19" Bedienteil (für die Schublade)
- Abgesetztes Mastgehäuse von WLAN24 Shop
- abgesetzter VV
- Interdigitalfilter im VV, Billig-VV Modul
- RS-485 Telemetrie über Arduino geplant
- Steuerkabel, Stromversorgungskabel
- Steuergerät mehrere GHz Bänder und Außeneinheiten >1,3GHz bedienen können, Bandumschaltung per Tasten und Win-Test-Protokoll über LAN (nach DR1T)
- Abgesetzte VV/PA sind wegen Kabelverlusten Pflicht
- Interdigitalfilter sind für 23, 13 und 9cm einfach zu fertigen und wirksam, mit Billig-VV-Modulen sehr preiswert
- Telemetrie (siehe Beitrag UKW Tagung 2025 Dorsten) mit RS485 macht Sinn
- Geschirmte Steuerkabel kosten auch gut Geld

Sonstiges



70cm PA im Contest-Einsatz



19" Rack-Kiste



Relais aus Surplus



WLAN-Router-Gehäuse

Hinweise



- Vor dem Bau Konzept machen
 - Was sind die Anforderungen?
 - Womit kann ich diese umsetzen?
 - Welche Module sind verfügbar?
 - Pegelplan/Blockschaltbild
 - Gehäuse/Platzierung der Komponenten
- Während des Baus Konzept den Gegebenheiten anpassen
 - Neue Erkenntnisse einfließen lassen
- Messen
 - Messungen, auch mit einfachsten Mitteln (Multimeter, SWR Meter)
 - Rolle RG58 ersetzt teure (Leistungs-)Dämpfungsglieder
 - VNA ist hilfreich, Oszi weniger
 - Adalm Pluto (oder Clone) mit Satsagen sehr empfehlenswert

Werkzeuge



- spielfreie Ständerbohrmaschine ist Pflicht, sonst abgebrochene Bohrer im Kühlkörper
- Schraubstock, Werkbank/Tisch
- Gewindeschneider
- (automatischer) Körner
- diverse Spiralbohrer, hochwertige Schälbohrer für mittelgroße Löcher
- Feilen (große und Schlüsselfeilen)
- Mess-Schieber, Reißnadel, ...
- Geduld (Metall braucht Sorgfalt)
- Gehäusebau: Fräs-Möglichkeiten bei Freunden nutzen.
Alternativ Oberfräse mit Fräszirkel für große Löcher hilfreich.
Bohren und Feilen geht aber auch.
- Lötstation mit Heißluft (China-Modelle ca. 70€ oder besser) ist sehr sinnvoll

Fazit



- Einfach mal:
 - trauen, so etwas zu machen
 - preiswerte Module testen
 - Erfahrungen sammeln
 - Handwerkliche Fertigkeiten üben
 - im OV Erfahrungen teilen
 - andere Selbstbauer kennenlernen
- PA-Selbstbau
 - ist kein Hexenwerk
 - benötigt kein Studium
 - ist nicht besonders preiswert
 - belohnt mit Erfolgen
 - kann Mitstreiter motivieren
 - kann Contest-Erfolge liefern



Danke für eure Aufmerksamkeit