Erfahrungen mit chinesischen PA-Modulen hinsichtlich Amateurfunkanwendungen in den Bändern 23 cm bis 6 cm

71. UKW-Tagung
Weinheim, 12. September 2026

Matthias Bopp
DD1US

AMSAT-DL
Satelliten für Kommunikation, Wissenschaft und Bildung
Satellites for Communication, Science and Education

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

Agenda

- Einleitung
- 20 W PA für das 23 cm Band
- 10 W PA für das 13 cm Band
- 20 W PA für das 13 cm Band
- 50 W PA für das 6 cm Band
- Zusammenfassung

Agenda

- **Einleitung**
- 20 W PA für das 23 cm Band
- 10 W PA für das 13 cm Band
- 20 W PA für das 13 cm Band
- 50 W PA für das 6 cm Band
- Zusammenfassung

Einleitung

- In jüngster Zeit tauchen immer mehr neue und preisgünstige Leistungsverstärkermodule für diverse Mikrowellenbänder aus China auf.
- Sie verwenden in der Regel Leistungshalbleiter in LDMOS oder GaN Technologie.
- Die primären Anwendungen dieser Module sind in der Regel kommerziell, z.B. für die ISM-Bänder, oder sogar militärisch, z.B. zum Stören von Drohnen.
- Nun stellt sich für uns Funkamateure schnell die Frage in wie weit diese Module für uns Funkamateure verwendbar sind.
- In diesem Vortrag werden Messungen solcher Verstärkermodule für Amateurfunkanwendungen vorgestellt und die Eignung dieser Module incl. nötiger Modifikationen dargestellt.
- Betrachtet werden die Amateurfunkbänder 23 cm, 13 cm und 6 cm.

Agenda

- Einleitung
- **20 W PA für das 23 cm Band**
- 10 W PA für das 13 cm Band
- 20 W PA für das 13 cm Band
- 50 W PA für das 6 cm Band
- Zusammenfassung

20 W PA für das 23 cm Band

- Dieses Leistungsverstärkermodul für das 23 cm Band habe ich bei AliExpress in China gekauft.
- Ich war neugierig, wie gut es funktioniert. Da mir der Preis von 57 Euro inklusive Versand und Steuern sehr attraktiv erschien, habe ich beschlossen, es auszuprobieren.

57,06€ ~~69,59€~~ -18%

Preis inkl. MwSt.

1 Stück 1200-1320MHz 15W HF-Leistungs verstärker 1250MHz Ausgang 15W Verstärkung 40dB

20 W PA für das 23 cm Band

Der Verkäufer bewarb das PA-Modul mit den folgenden Daten:

Description

1PC 1200-1320MHz 15W RF power amplifier 1250MHz output 15W gain 40dB

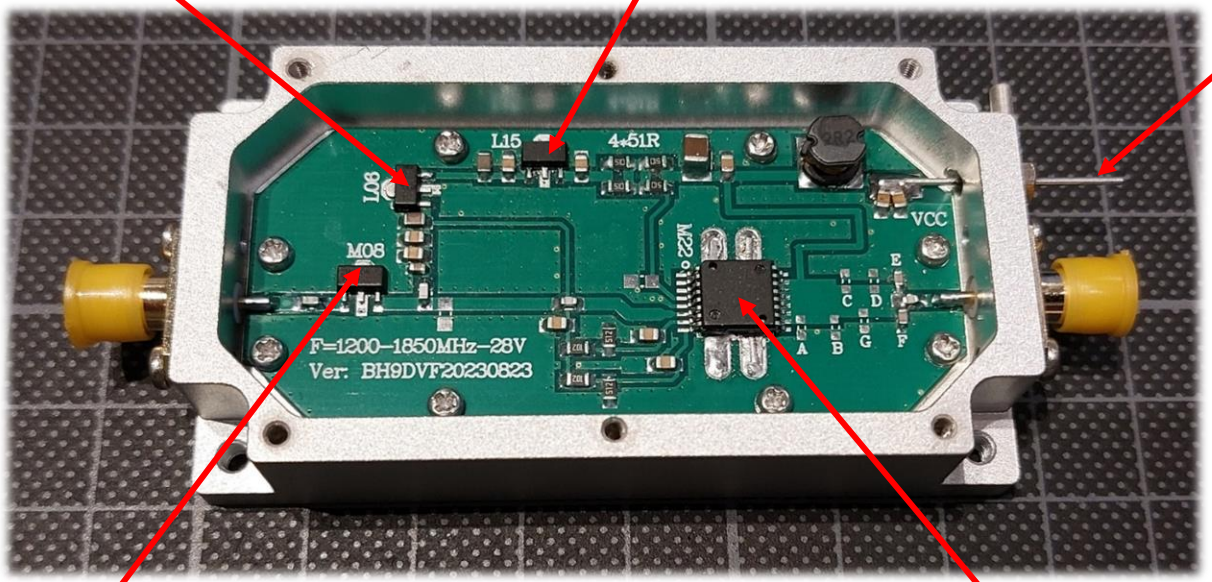
1. Technical indicators:
1. Working frequency: 1200-1320MHz (1268)
2. Output power: 13W（41dBm@24V RFin=5dBm (3mW)
15W（42dBm@28V RFin=5dBm (3mW)
20W（43dBm@28V RFin=7dBm (5mW)
3. Working voltage: 20-28V (recommended 24V)
4. Working current: 1.7A (depending on the supply voltage)
5. System impedance: 50 ohms
6. Boundary dimensions: 76 * 40 * 16.5mm (excluding joints)
7. Product weight: 95g
8. Joint model: SMA female head (external screw and internal hole)
9. Precautions: Additional heat sink is required

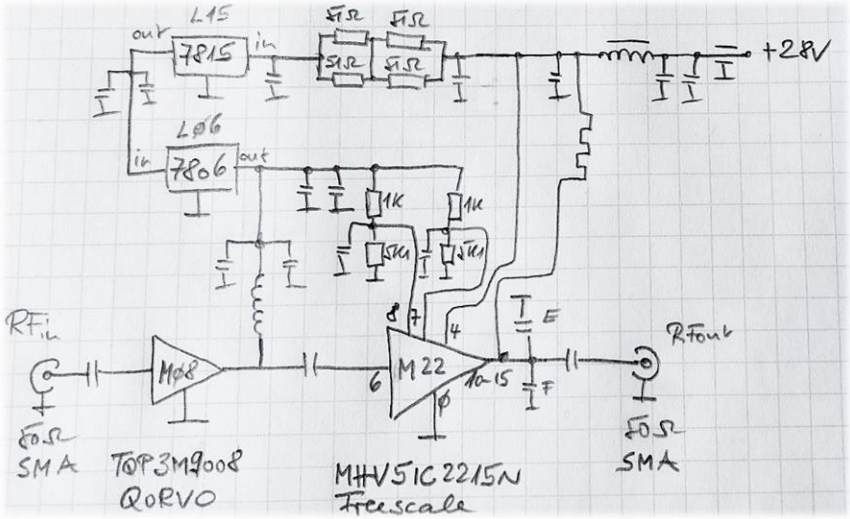
20 W PA für das 23 cm Band

Linearer 6 V Spannungsregler

Linearer 15 V Spannungsregler

Versorgungsspannung 28 V

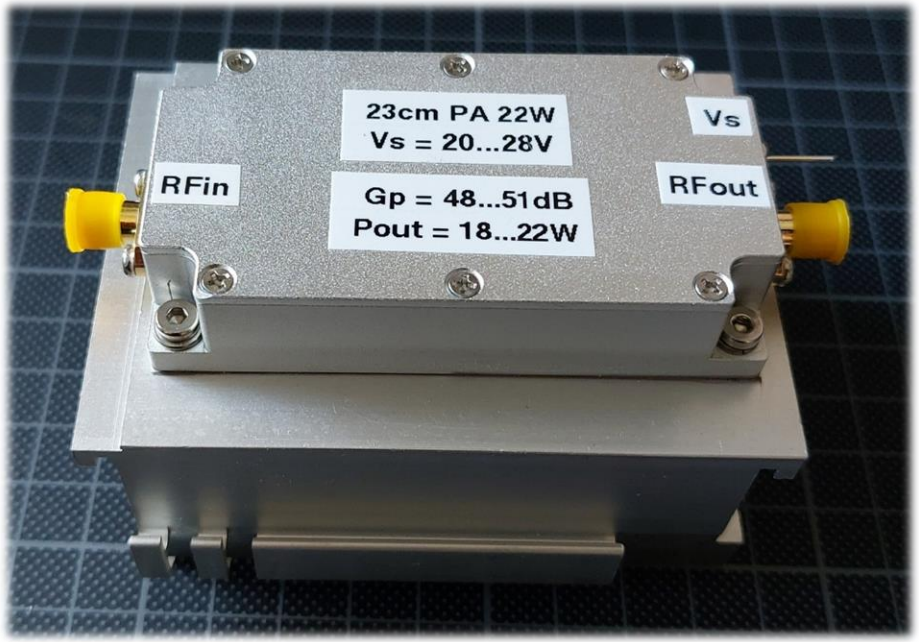


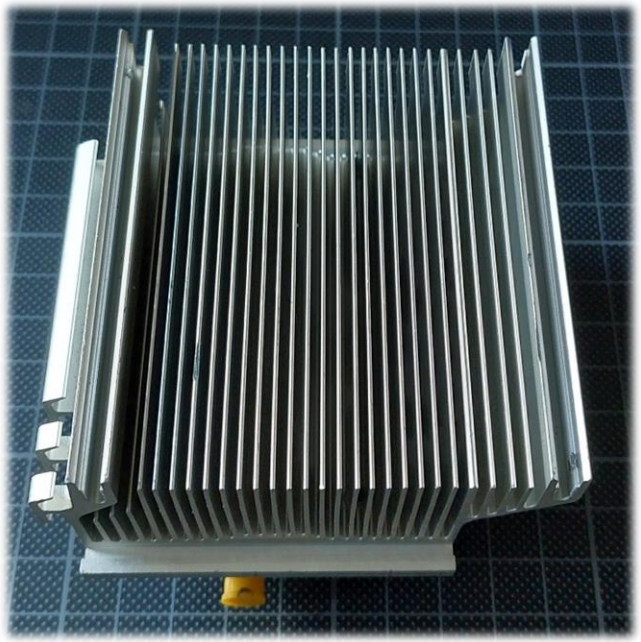


integrierter E-pHEMT-MMIC-Verstärker
TQP3M9008 von Qorvo

integrierter zweistufiger Verstärker
MHV5IC2215N von Freescale

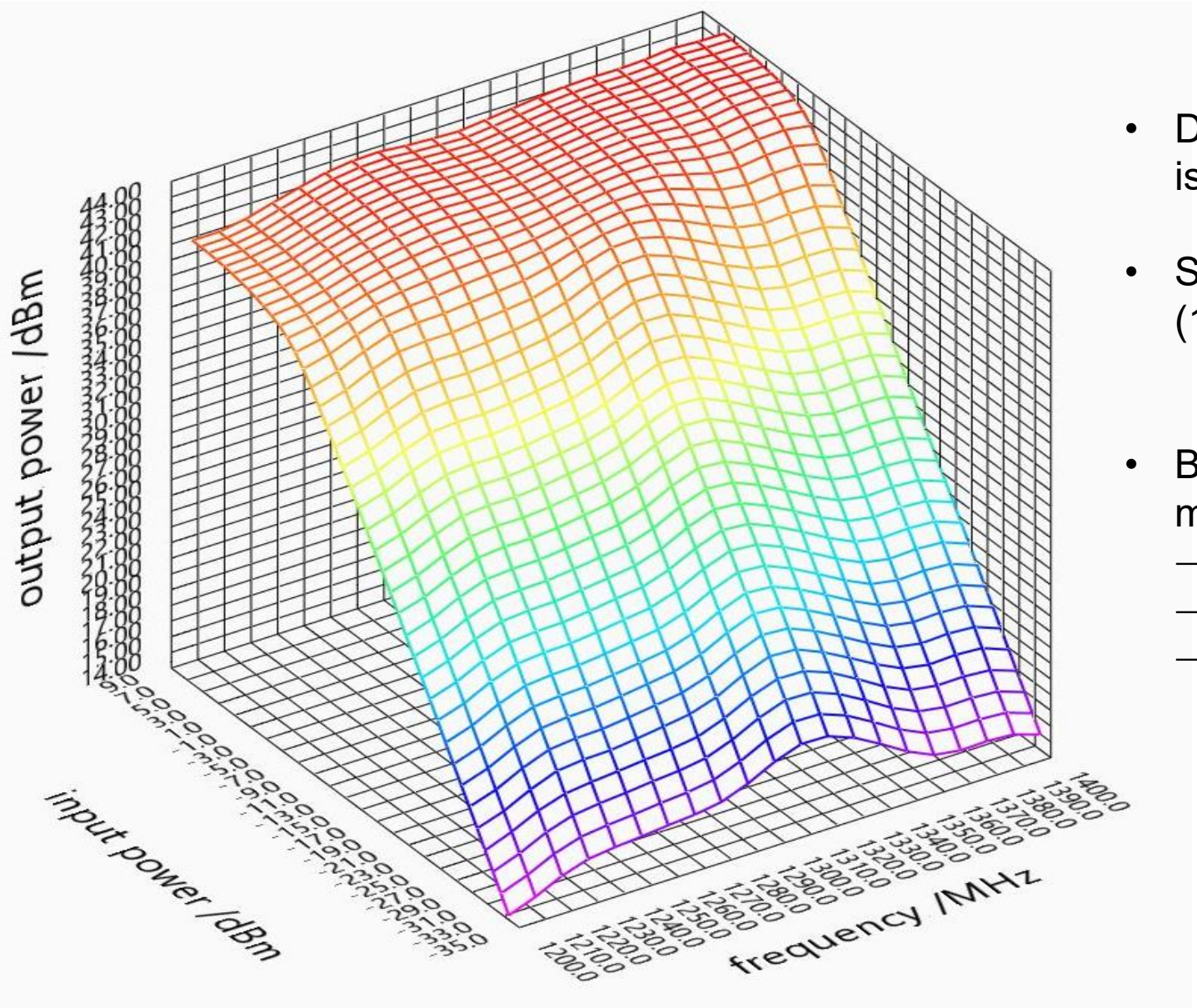
20 W PA für das 23 cm Band





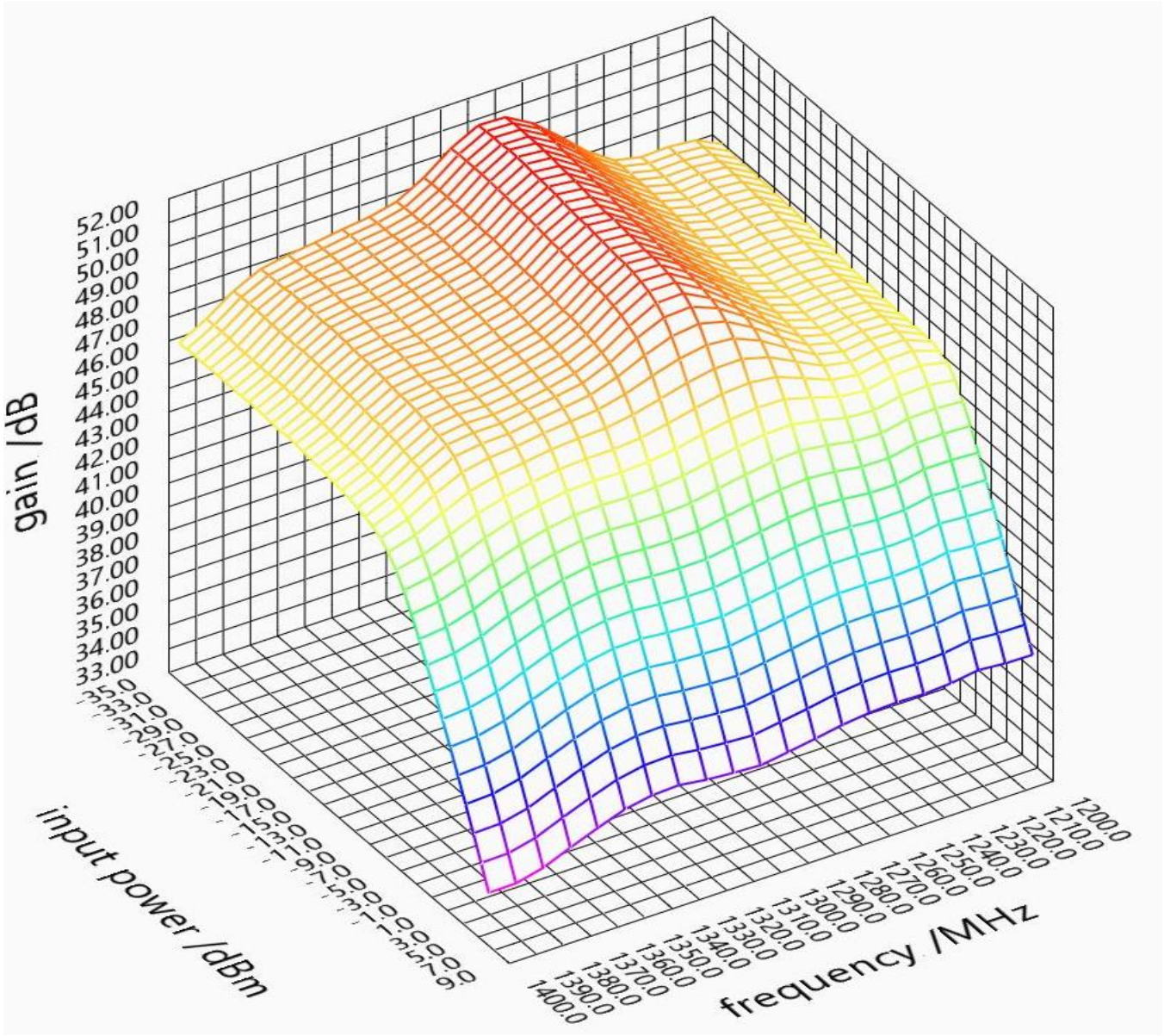
Das PA-Modul wurde auf einen
kleinen Kühlkörper montiert

20 W PA für das 23 cm Band



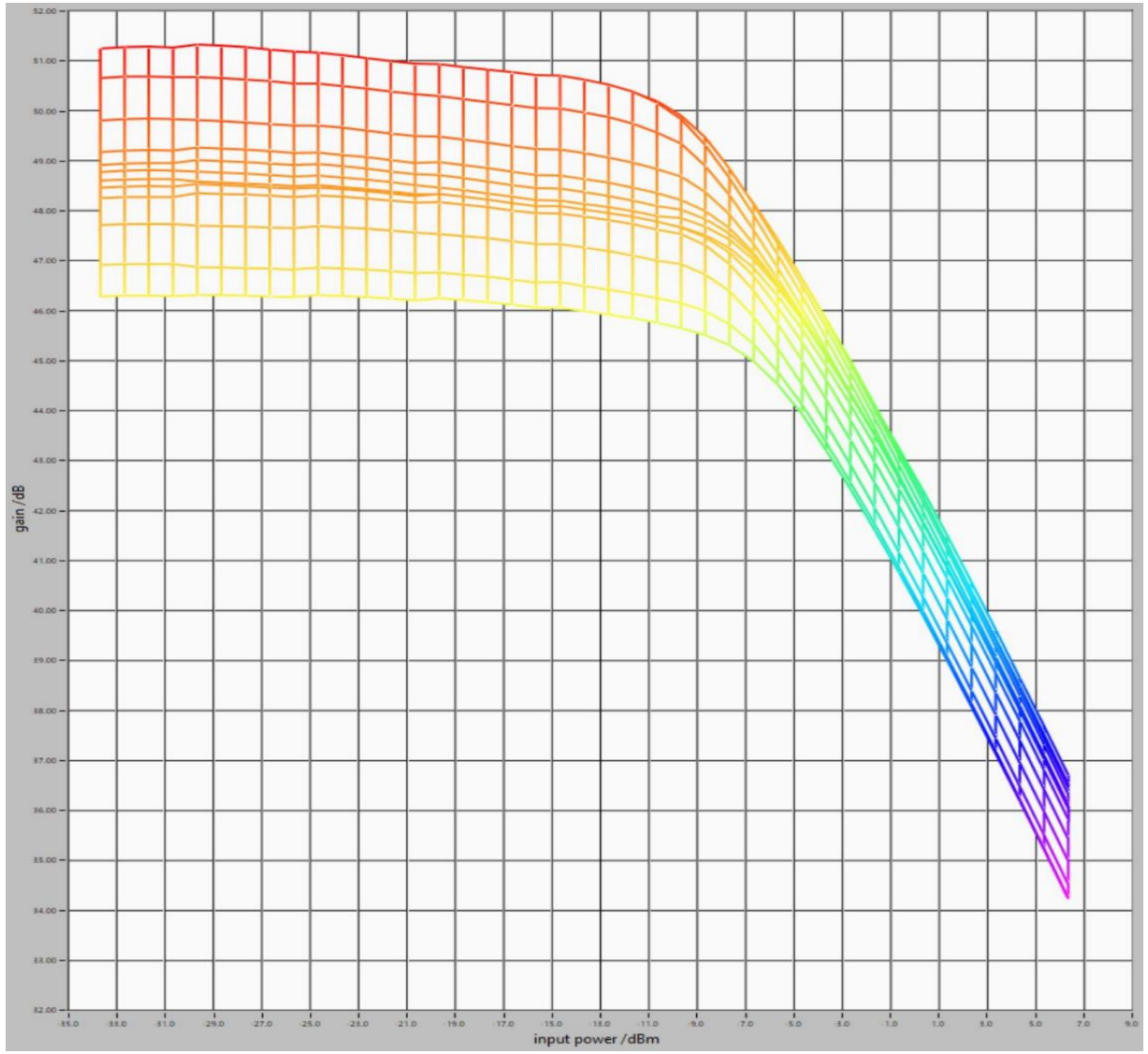
- Die maximale Ausgangsleistung über der Frequenz ist recht konstant.
- Sie beträgt im gesamten 23-cm-Amateurfunkband (1240 bis 1300 MHz) mindestens 42,5 dBm (18 W).
- Bei 1265 MHz ist ein lokales Maximum mit einer max. Ausgangsleistung von 43,4 dBm (22 W).
  → Stromaufnahme bei 22 W beträgt 1680 mA
  → Gesamte Gleichstrom-Eingangsleistung 47 W
  → Gesamtwirkungsgrad von 46,8 %.

20 W PA für das 23 cm Band



- Im gesamten Frequenzbereich 1240 MHz bis 1300 MHz ist die Verstärkung größer als 47,8 dB.
- Das Verstärkungsmaximum liegt bei 1285 MHz.
- Dort werden 51,2 dB erreicht.

20 W PA für das 23 cm Band



Verstärkung / dB als Funktion der Eingangsleistung / dBm @1285 MHz

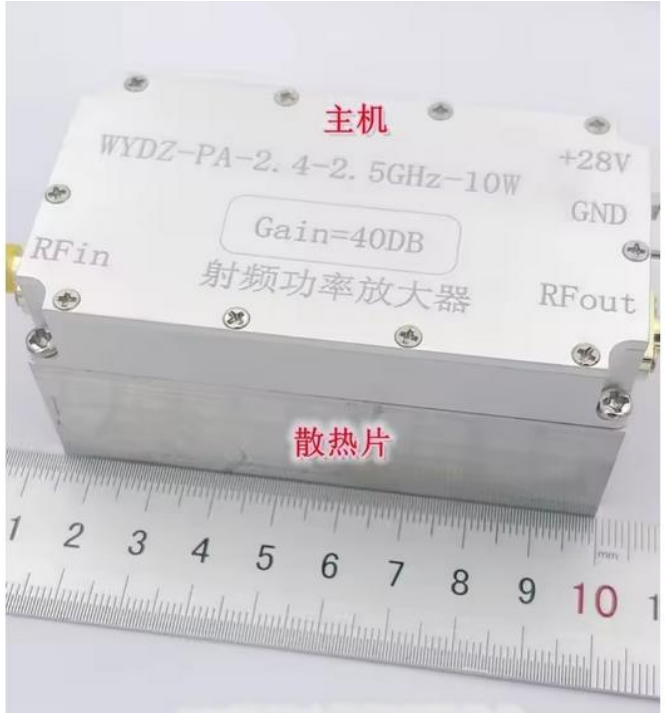
- Bei 1285 MHz liegt der 1dB-Kompressionspunkt (P1dB) bei +40 dBm (10W).
- Dieser wird bei einer Eingangsleistung von -10,2 dBm erreicht.
- Damit kann diese PA direkt mit einem SDR wie ADALM-Pluto oder Lime-SDR angesteuert werden.

Agenda

- Einleitung
- 20 W PA für das 23 cm Band
- **10 W PA für das 13 cm Band**
- 20 W PA für das 13 cm Band
- 50 W PA für das 6 cm Band
- Zusammenfassung

10 W PA für das 13 cm Band

- Auch dieses 2,4 GHz Leistungsverstärkermodul mit der Bezeichnung „WYDZ-PA-2.4G-10W“ habe ich bei AliExpress in China gekauft.
- Da mir der Preis von ca. 60 Euro incl. MwSt. und Versand für ein 10 Watt PA-Modul (ohne Kühlkörper) recht günstig erschien habe ich es gekauft um es zu untersuchen.



10 W PA für das 13cm Band

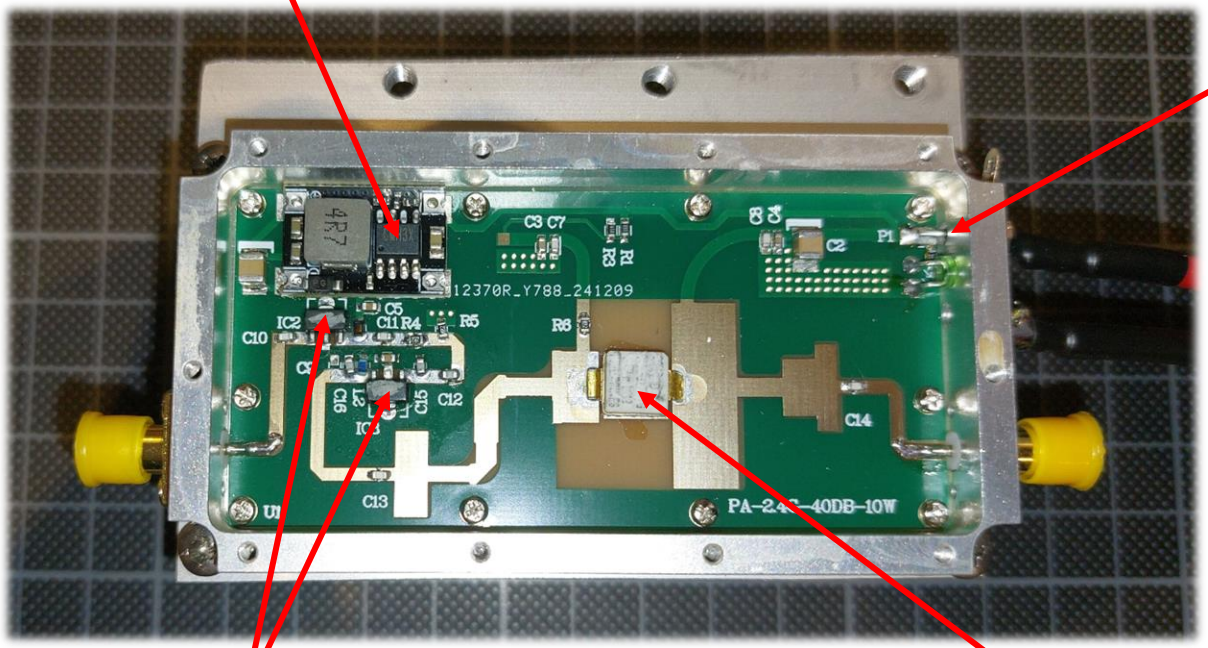
Der Verkäufer bewarb das WYDZ-PA-2.4-2.5GHz-10W PA-Modul mit den folgenden Daten:

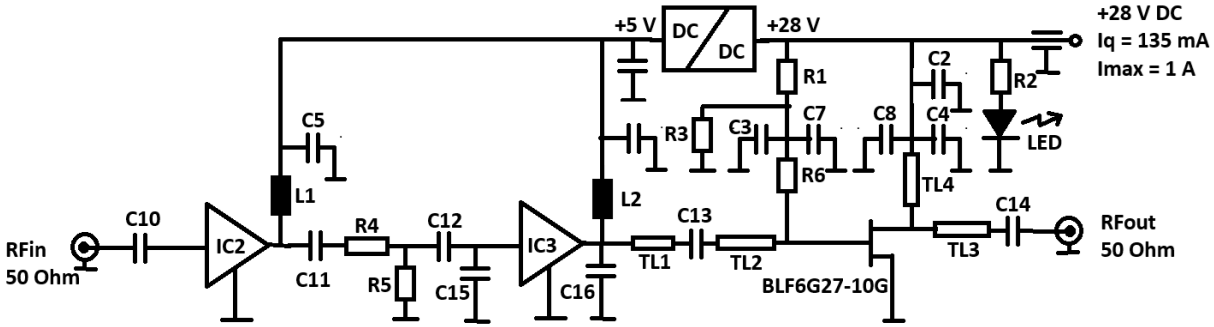
- Betriebsfrequenz: 2,4 – 2,5 GHz
- Ausgangsleistung: 10 W (40 dBm) @ Vs = 28 V, Pin = 1 mW
- Verstärkung: 40 dB
- Betriebsspannung: 28V
- Arbeitsstrom: 1,2 A (volle Ausgangsleistung)
- Systemimpedanz: 50 Ohm
- Steckertyp: SMA-Buchsen an Ein- und Ausgang
- Abmessungen: 85 x 45 x 41 mm (ohne SMA-Buchsen und Durchführungskondensator)
- Gewicht: 95 g

10 W PA für das 13 cm Band

28 V zu 5 V DC-DC-Konvertermodul

Versorgungsspannung 28 V

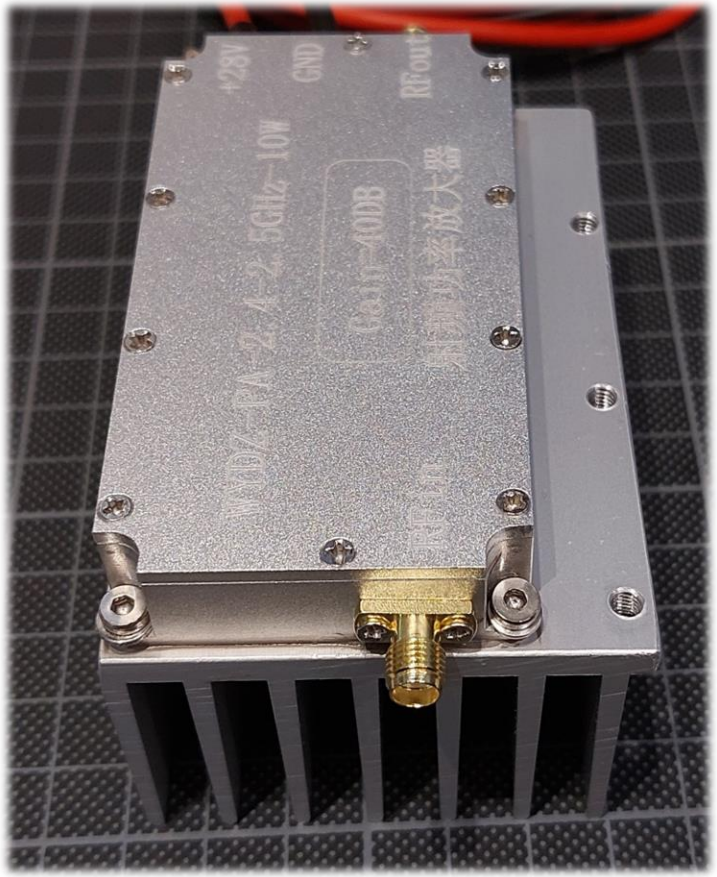


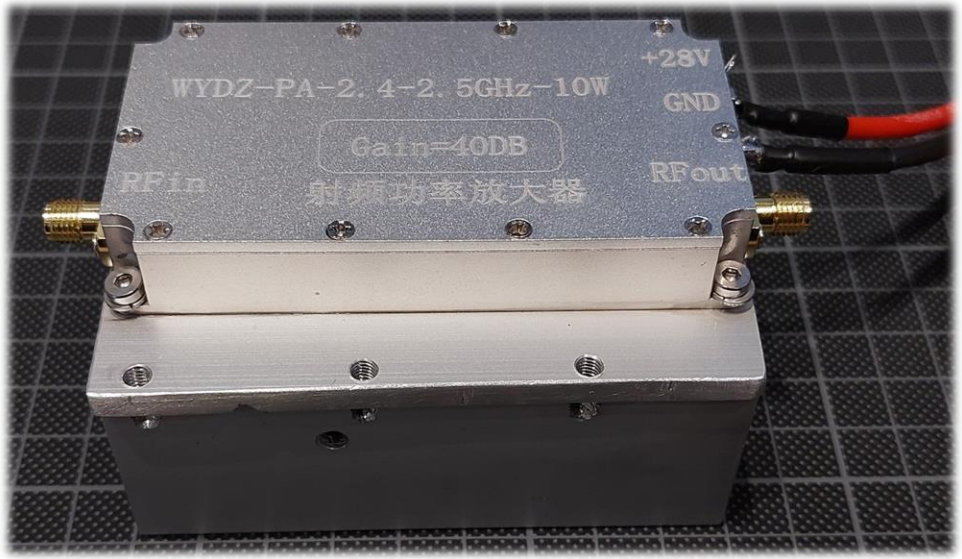


Unbekannte MMICs

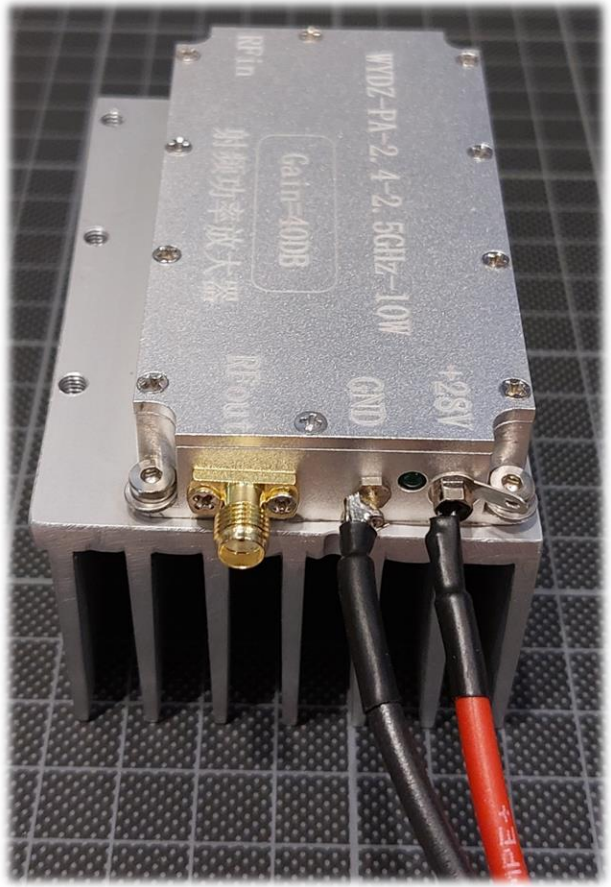
LDMOS Transistor
BLF6G27-10G von Ampleon (!?)

10 W PA für das 13 cm Band

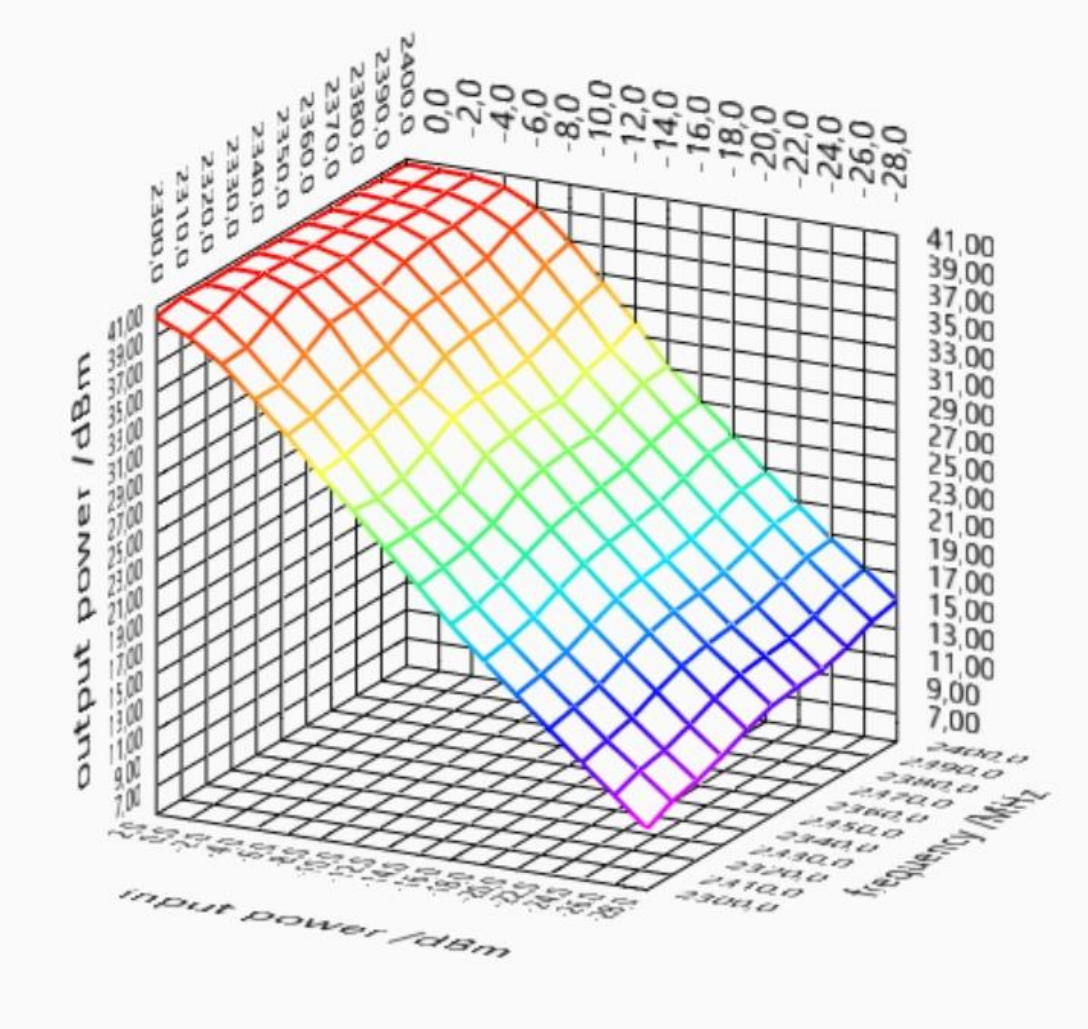




Das PA-Modul wurde auf einen kleinen Kühlkörper montiert



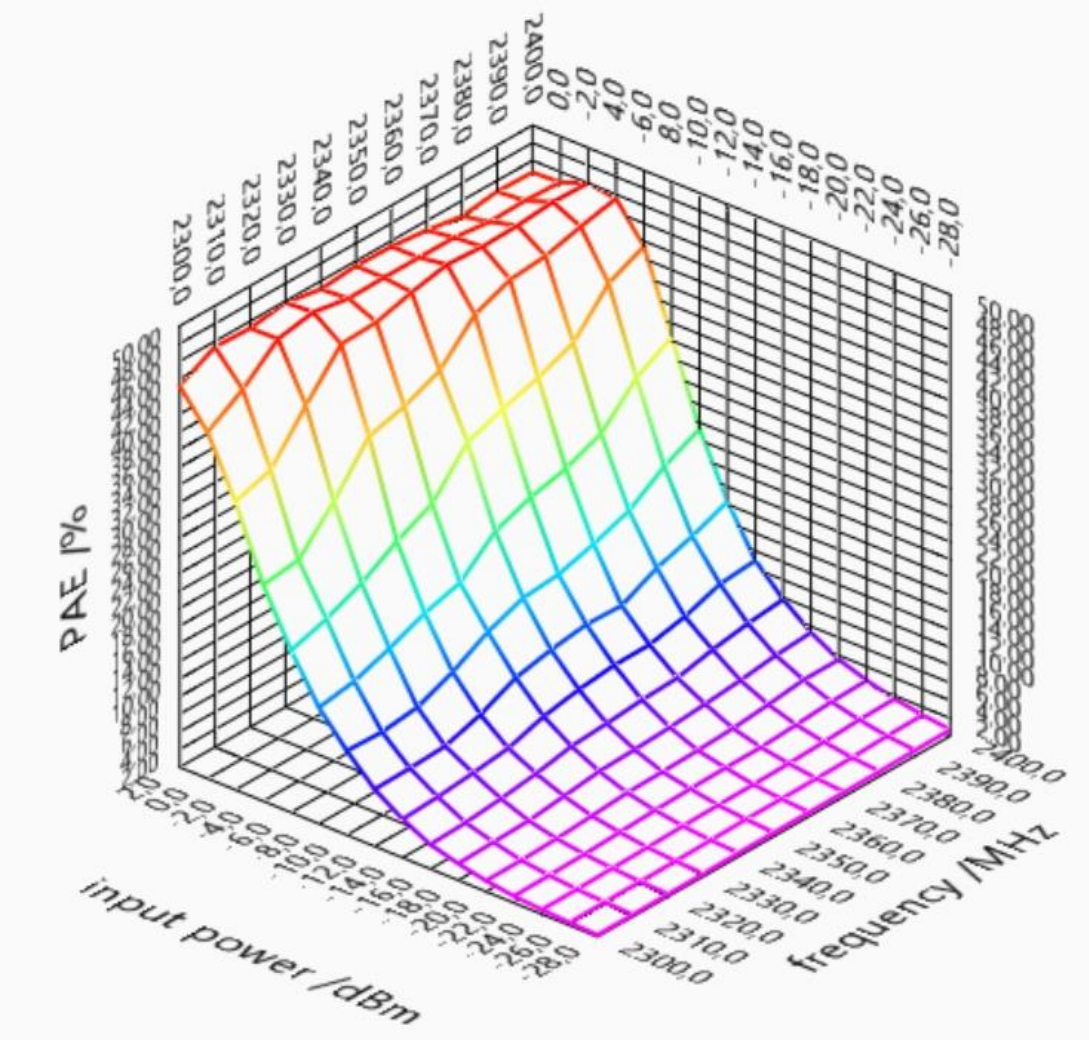
10 W PA für das 13 cm Band



Ausgangsleistung / dBm als Funktion der Eingangsleistung / dBm und Frequenz / MHz

- Die Sättigungsleistung ist 11 W.
- Diese maximale Ausgangsleistung wird im Frequenzbereich 2325 - 2400 MHz erreicht.
- Die Stromaufnahme bei 11 W beträgt 950 mA @ 28 V.
  → Gesamte Gleichstrom-Eingangsleistung ist 27 W.
  → Gesamtwirkungsgrad beträgt 44 %.

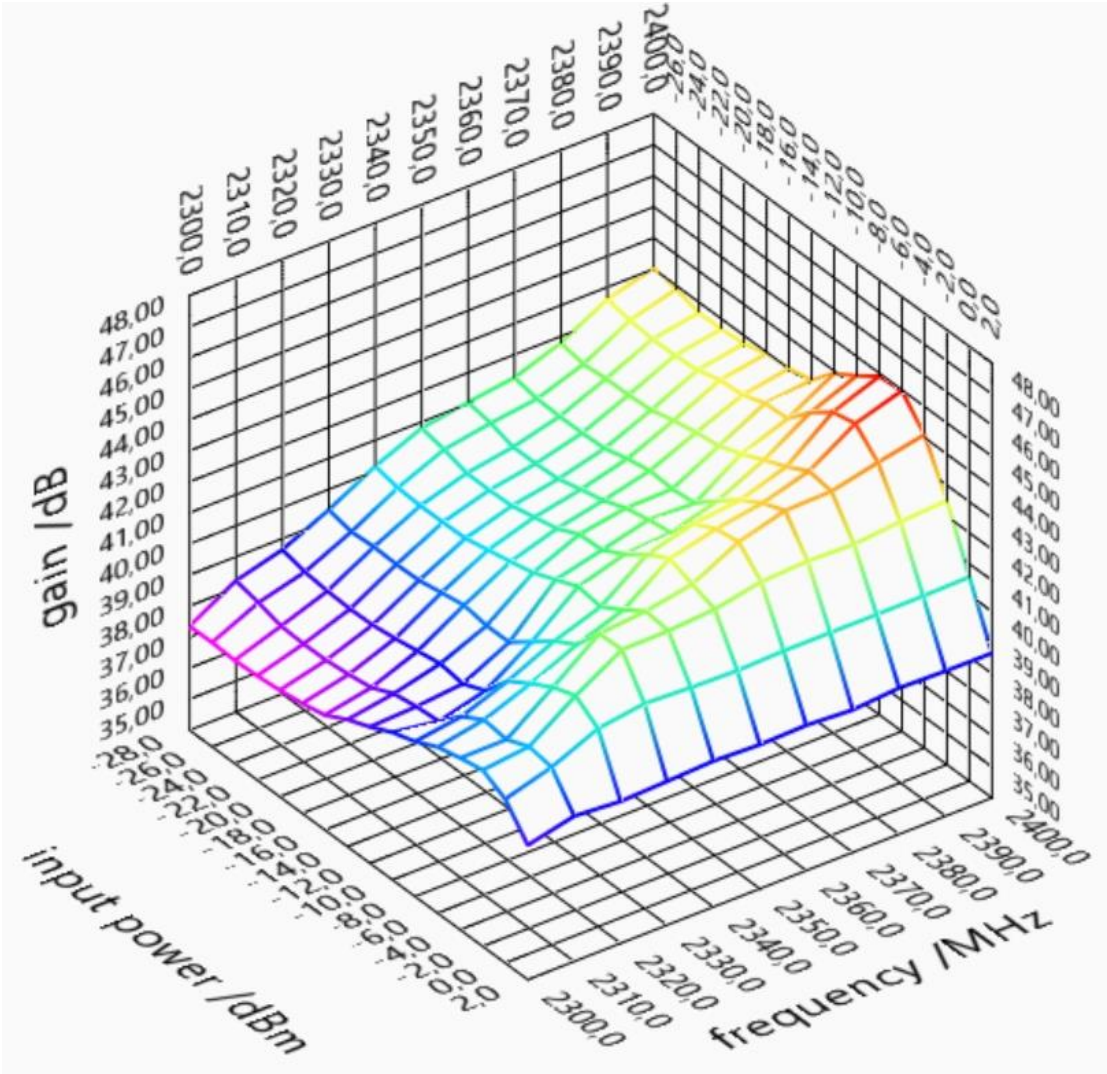
10 W PA für das 13 cm Band



Wirkungsgrad / % als Funktion der Eingangsleistung / dBm und der Frequenz / MHz

- Der maximale Wirkungsgrad von 46 % wird bei 2325 MHz erreicht.
- Im gesamten 13 cm Band ist er höher als 44 %.

10 W PA für das 13 cm Band



Verstärkung / dB als Funktion der Eingangsleistung / dBm und Frequenz / MHz

- Die Kleinsignalverstärkung bei 2,4 GHz beträgt ca. 43 dB.
- Was nicht so schön ist, ist der Anstieg der Verstärkung bevor die PA in Sättigung geht.
- Dieses nichtlineare Verhalten dürfte sich auf die Signalqualität auswirken.
- Ich vermute, dass dies bei CW und SSB noch kein merkliches Problem darstellt aber diese PA ist so sicherlich nicht als Treiberstufe für DATV geeignet, da hierfür eine hohe Linearität benötigt wird.

Agenda

- Einleitung
- 20 W PA für das 23 cm Band
- 10 W PA für das 13 cm Band
- **20 W PA für das 13 cm Band**
- 50 W PA für das 6 cm Band
- Zusammenfassung

20 W PA für das 13cm Band

Auch dieses Leistungsverstärkermodul „YPM2420B“ für das 13 cm Band habe ich in China gekauft.

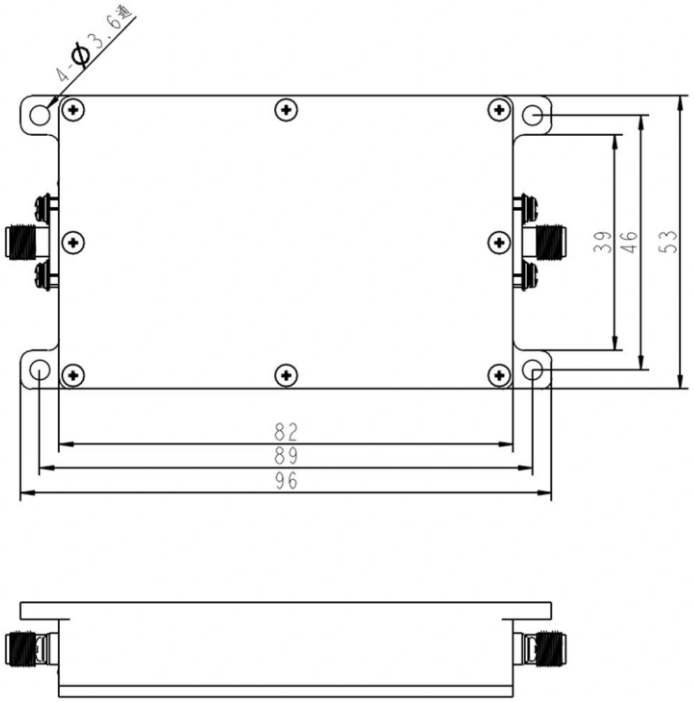
Der Ebay-Verkäufer „Szhuashi“ ist offensichtlich auch der Hersteller.

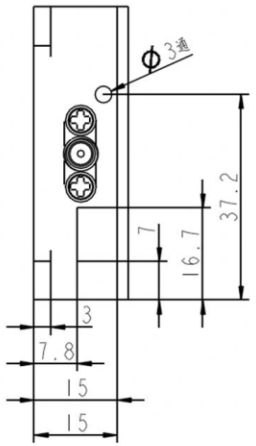
Der Preis war 99 US$ inklusive Versand und Mehrwertsteuer.

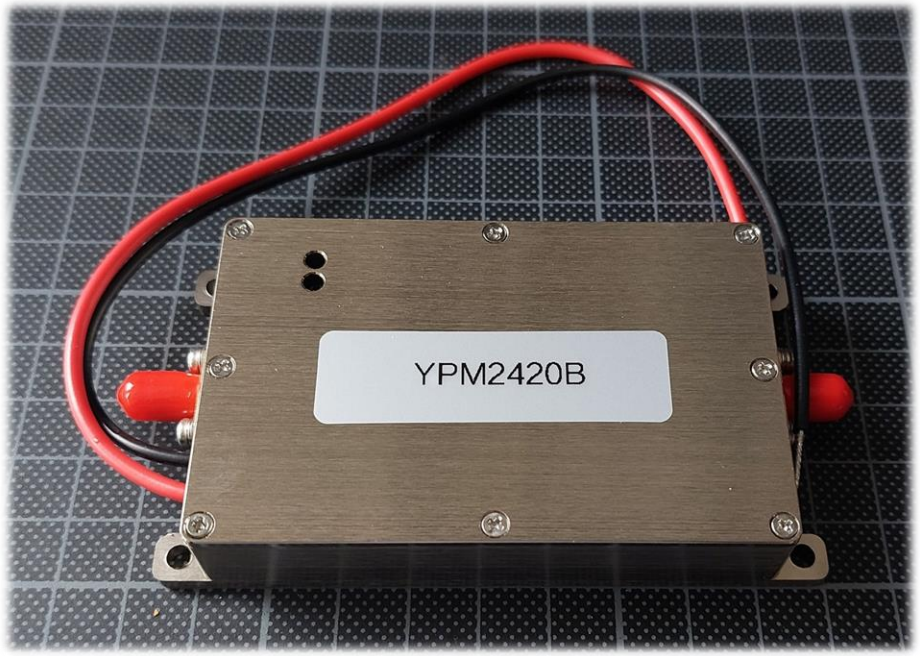
Der Verkäufer bewarb das PA-Modul mit den folgenden technischen Daten:

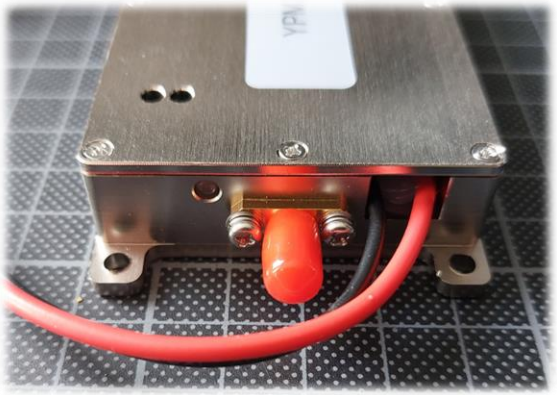
- Frequenzbereich: 2400 – 2500 MHz
- Ausgangsleistung (P1dB): 43 dBm (20 W)
- Eingangsleistung: 27 dBm (max.)
- Verstärkung: 36 dB
- Wirkungsgrad: 45 %
- Betriebsstrom: 2,2 A
- Versorgungsspannung: 12 – 24 V
- Anschlüsse: SMA-Buchsen (Eingang/Ausgang)
- Verstärkungsgleichmäßigkeit: typ. 0,5 dB / < 1 dB

20 W PA für das 13 cm Band







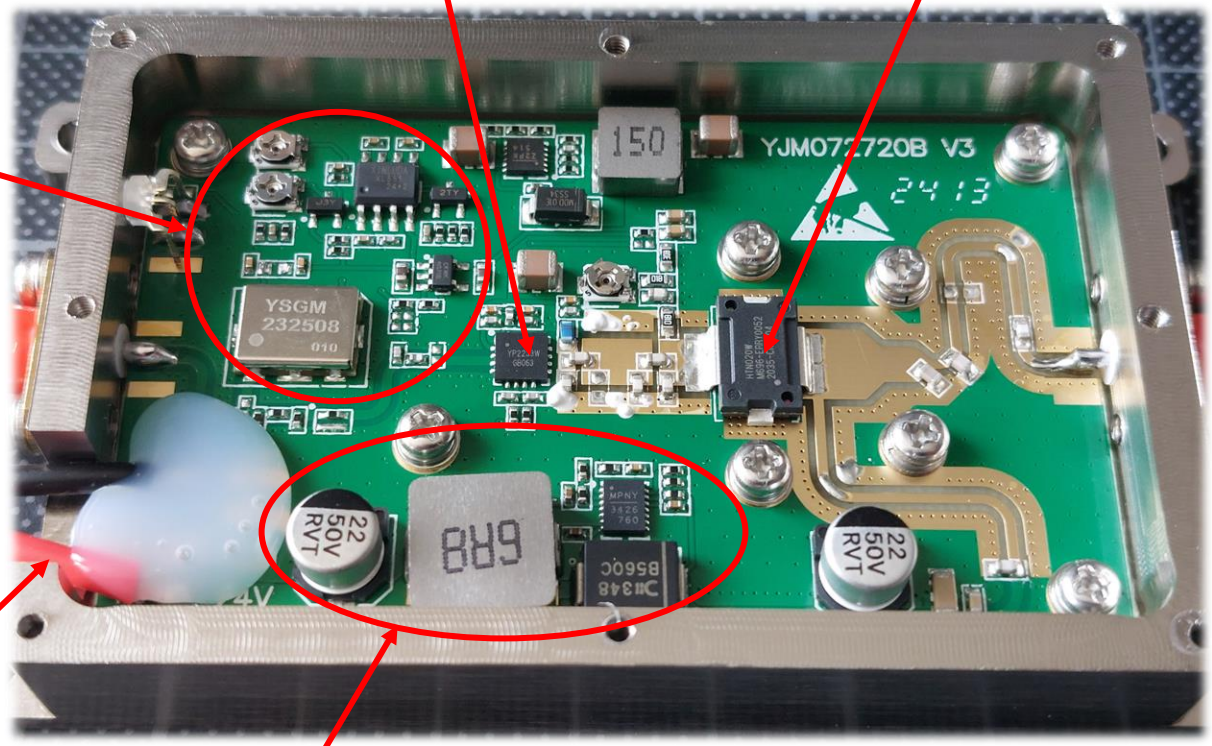


20 W PA für das 13 cm Band

VCO-Modul mit NE555
Wobbelgenerator zum
Betrieb als Dronenstörer

InGaP HBT MMIC
YP2233W von LOVID

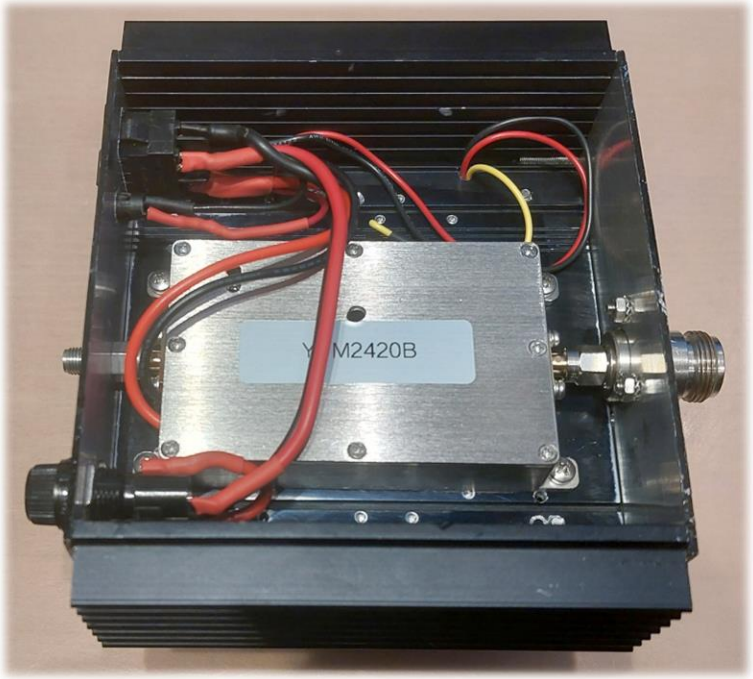
LDMOS Transistor
HTN020W von Holto



Versorgungs-
spannung
12 V -24 V

12 V zu 28 V DC-DC-Konverter

20 W PA für das 13 cm Band

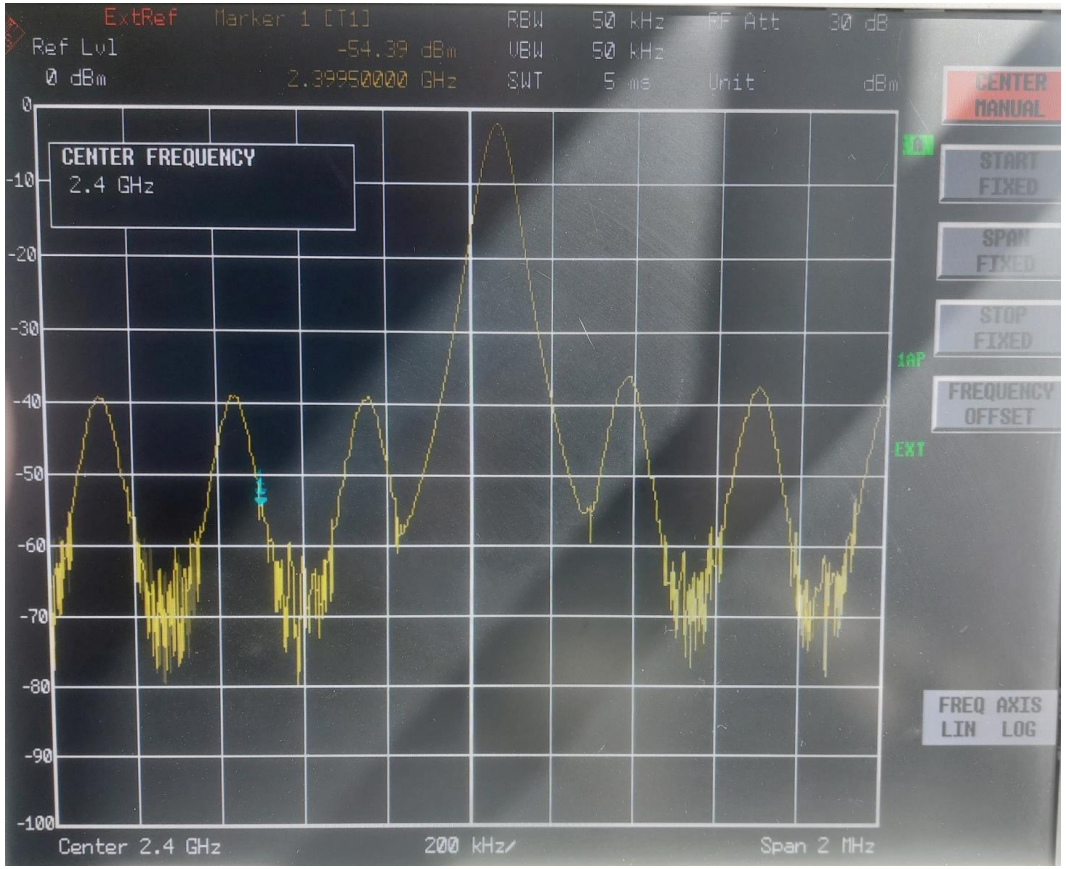


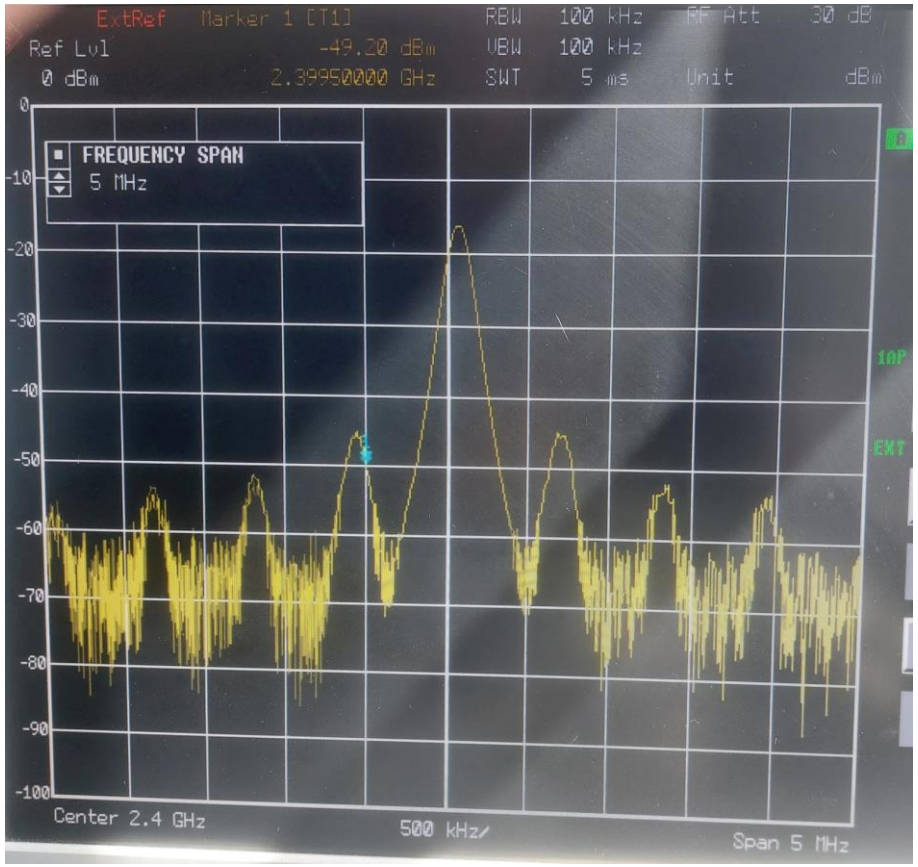
Auch dieses Modul benötigt dringend eine ausreichende Kühlung.
Der Lüfter wird nur bei langen Sendeperioden wie für DATV benötigt.

20 W PA für das 13 cm Band

Bei der Inbetriebnahme eines Verstärkers überprüfe ich in der Regel zuerst sein Ausgangsspektrum.

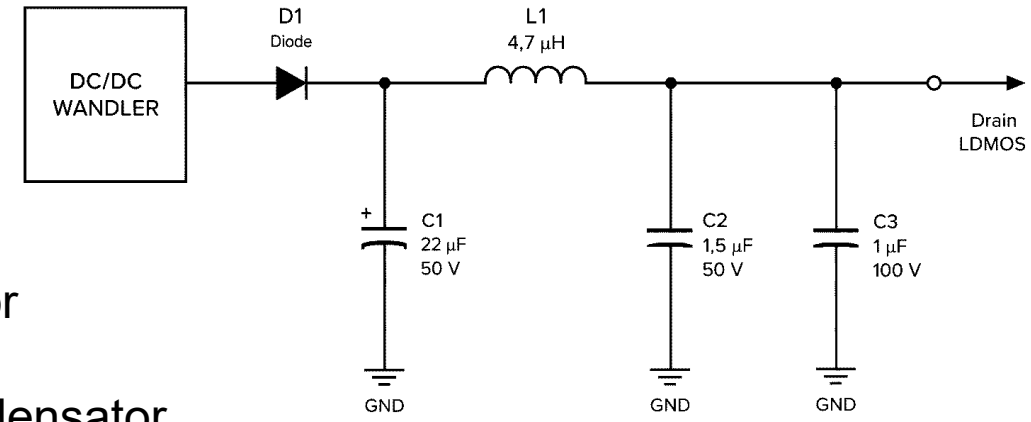
So auch hier. → es sieht schrecklich aus mit zahlreichen Nebenaussendungen im Abstand von 300 kHz bzw. 600 kHz (je nach Versorgungsspannung). Was ist da los ?





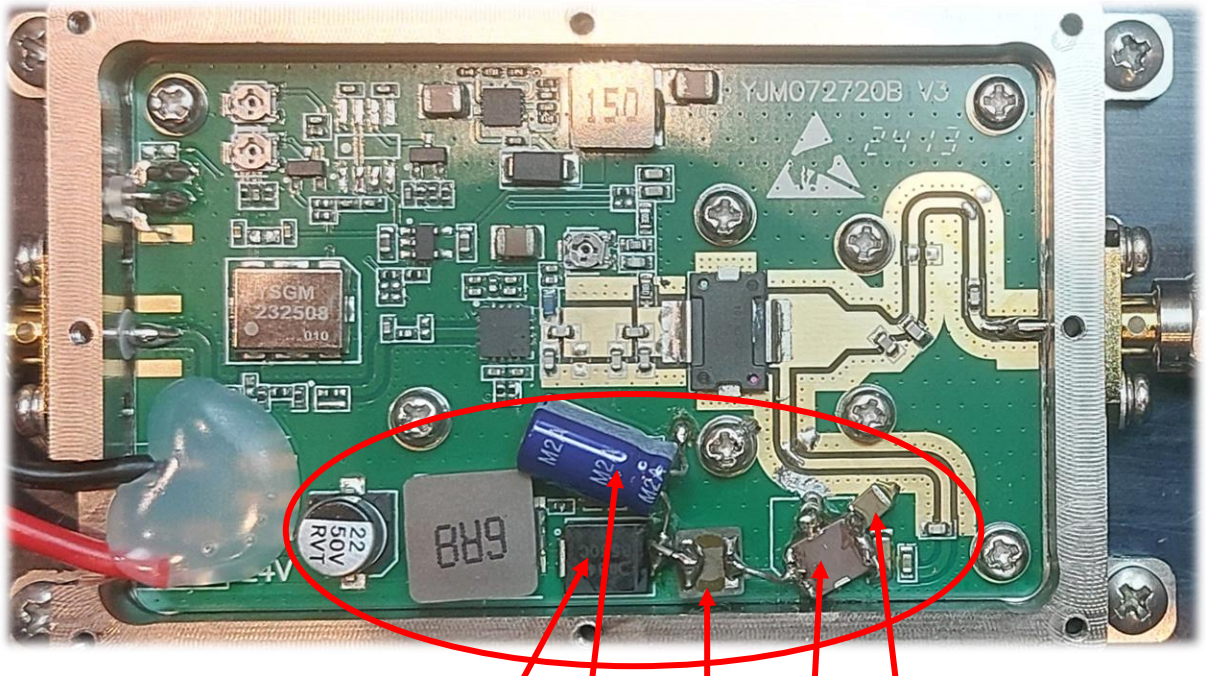
20 W PA für das 13 cm Band

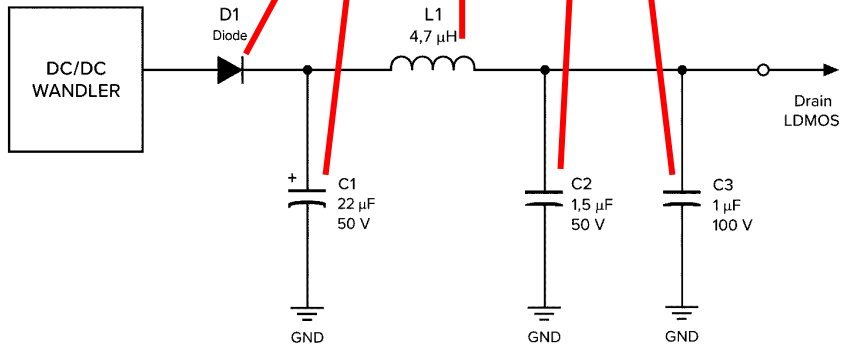
- Ich hatte zuvor zwar schon bereits überprüft, dass der Wobbelgenerator ohne Versorgungsspannung war, trotzdem habe ich vorsichtshalber auch die Ansteuerschaltung ausgelötet. → kein Unterschied.
- Eine Überprüfung der Gatespannung des Ausgangstransistors mit einem Oszilloskop zeigt eine saubere Spannung. Dies ist auch zu erwarten da sie mit einem Linearregler plus RC-Tiefpassfilter sehr gut stabilisiert und gesiebt ist. → auch nicht die Ursache.
- Bleibt also noch der DC-DC-Wandler, der aus den 12 - 24 V Versorgungsspannung die 28 V Drainspannung für den Ausgangstransistor erzeugt. Schon mit dem Oszilloskop war ein starker Ripple zu sehen.
- Um die Drain-Spannung zu filtern, habe an der Kathode der vorhandenen Diode D1 einen zusätzlichen 22 µF / 50 V Elektrolytkondensator C1 gegen Masse geschaltet, gefolgt von einer 4,7 µH Serieninduktivität L1 (Coilcraft XGL5030-472MEC) mit einer hohen Serienresonanzfrequenz (SRF) von 23 MHz und einer ausreichenden Strombelastbarkeit von 6,3 A.
  Nach der Induktivität habe ich einen Murata EMIFIL-Kondensator C2 mit 1,5 µF / 50 V / 6 A gegen Masse eingefügt. Bei diesem Kondensator handelt es sich um einen SMD-Durchführungskondensator mit einer spezifizierten Unterdrückung von > 40 dB bei 600 kHz.
  An dessen Ausgang habe ich schließlich einen keramischen Kondensator C3 mit 1 µF / 100 V (X7R-G1210 1.0) gegen Masse eingelötet.

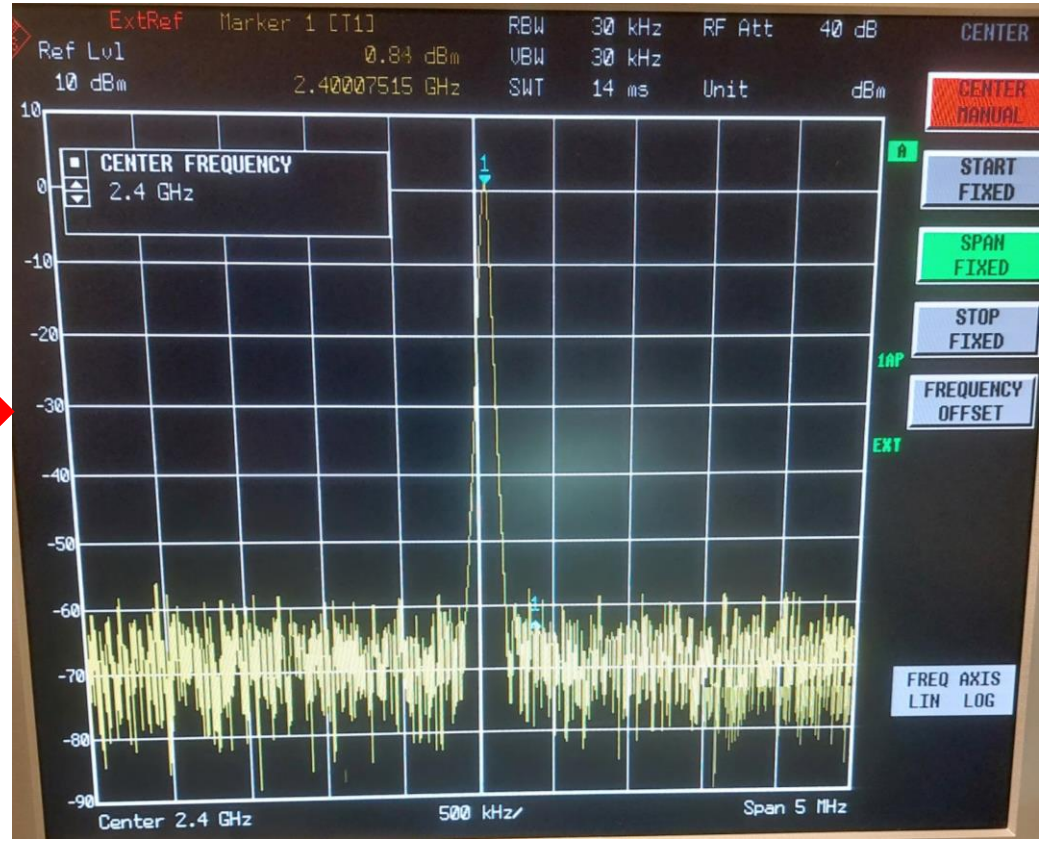


20 W PA für das 13 cm Band

Durchgeführte Modifikationen auf der Platine:

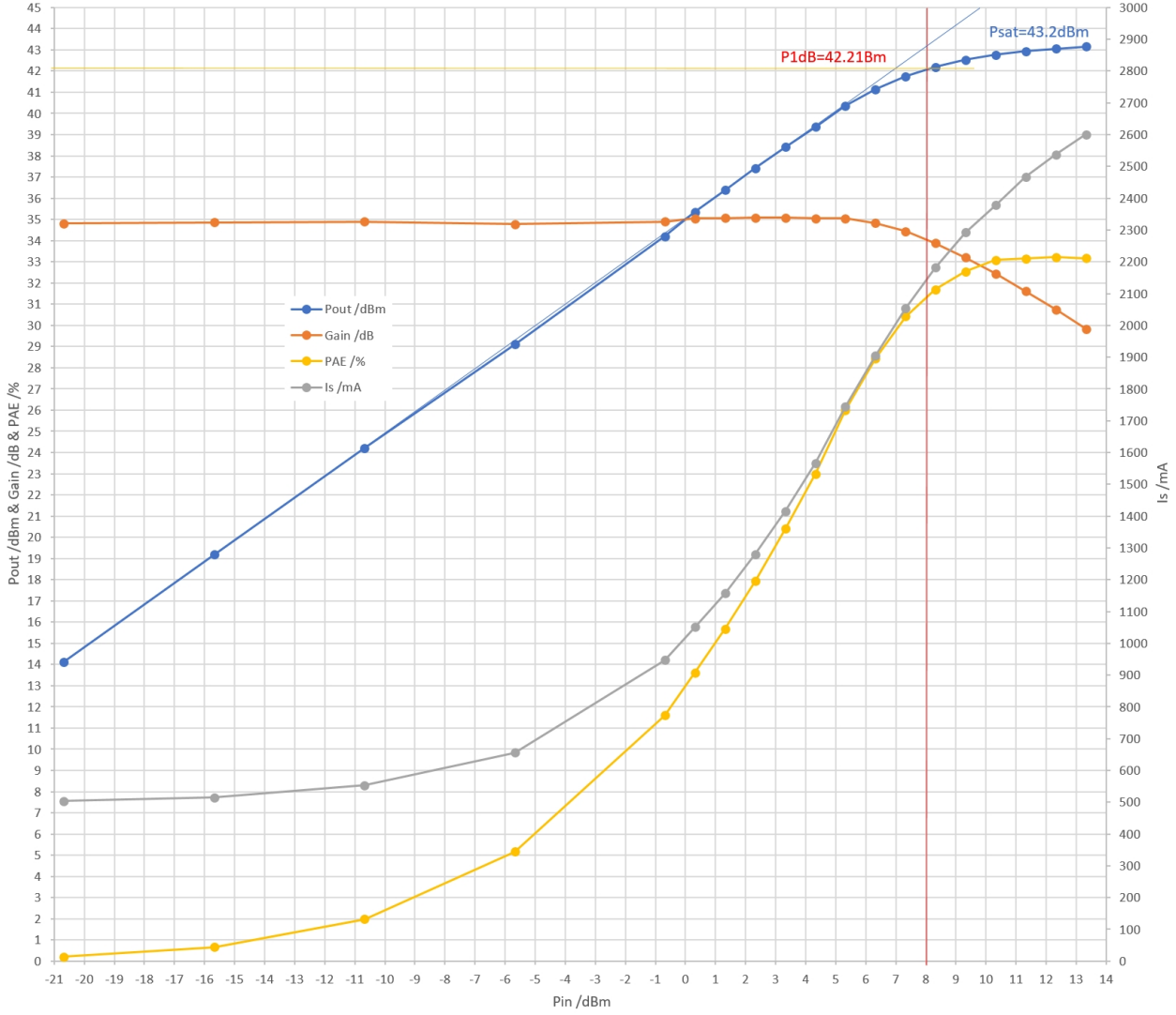






Nach den Modifikationen ist das Ausgangsspektrum sauber.

20 W PA für das 13 cm Band



Ausgangsleistung / dBm, Verstärkung / dB, Wirkungsgrad / % und Stromaufnahme /mA
als Funktion der Eingangsleistung / dBm (@ Frequenz 2,4 GHz, Versorgungsspannung 24 V)

- Die Verstärkung dieses Verstärkers beträft 35 dB.
- Maximale Ausgangsleistung bei 2,4 GHz beträgt 43,2 dBm (22 W).
- Der maximale Gesamtwirkungsgrad ist 33 %.

20 W PA für das 13 cm Band

- Zusammenfassend lässt sich sagen, dass dieser Verstärker nicht in der vom Hersteller gelieferten Form verwendet werden darf. Ich habe ihm Probleme zwar mitgeteilt, aber der Hersteller hat nicht signalisiert, dass er bereit ist, dieses Problem zu beheben. Daher müssen wir davon ausgehen, dass auch zukünftige Module mit demselben Problem konfrontiert sein werden. Ich vermute, für Drohnenanwendungen sind zusätzliche Störaussendungen sogar willkommen 😉
- Nach der Filterung der Drain-Spannung mit den oben beschriebenen Korrekturen ist das Spektrum dieses 20-W-PA-Moduls sauber. Mit einer Sättigungsleistung von 22 W und einer Kleinsignalverstärkung von 35 dB eignet sich dieser Verstärker gut für den Betrieb mit gängigen Sende-Upkonvertern.
- Wenn Sie das Gerät zur Verstärkung des Ausgangssignals eines SDRs wie dem ADALM Pluto oder dem LimeSDR verwenden möchten, können Sie entweder das vorhandene Eingangsdämpfungsglied entfernen oder einen kleinen Verstärker zwischen dem SDR und diesem Leistungsverstärker einbauen.
- Der Wirkungsgrad (PAE) im Sättigungsbereich beträgt nur 33 % und liegt damit deutlich unter den vom Hersteller angegebenen 45 %. In meiner Anwendung stellt dies jedoch kein größeres Problem dar.

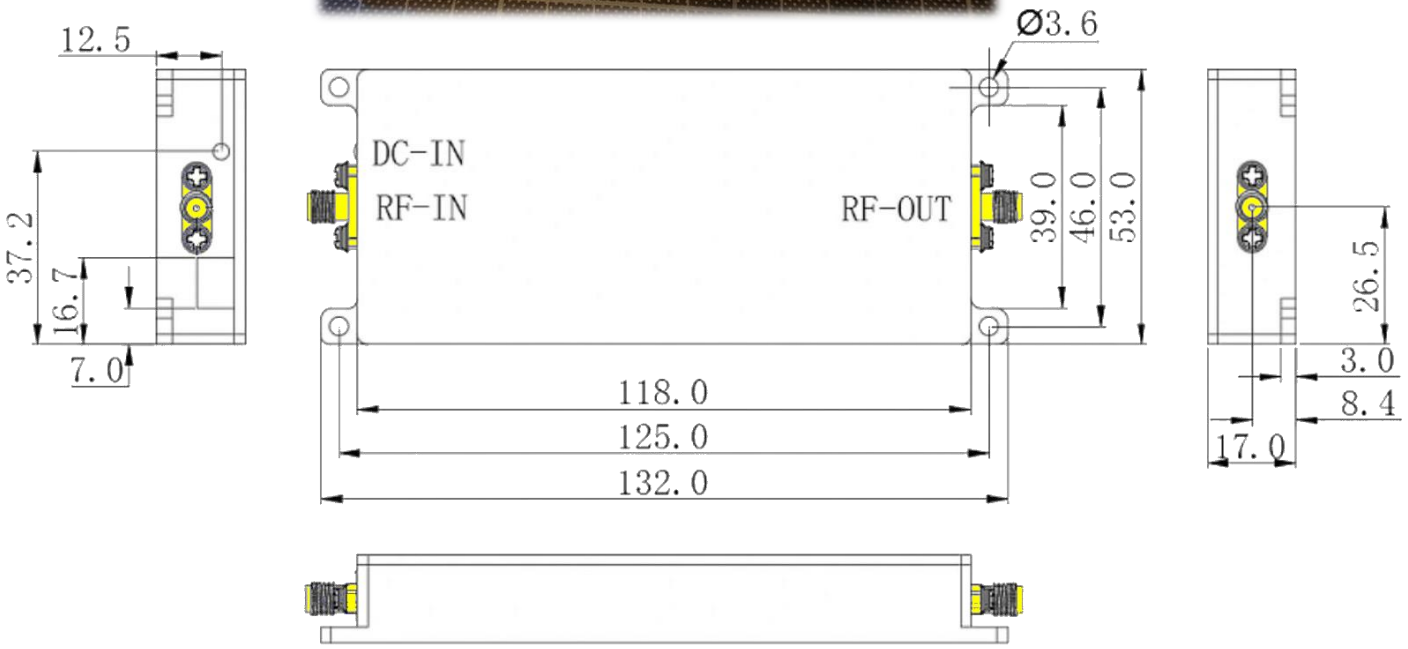
Agenda

- Einleitung
- 20 W PA für das 23 cm Band
- 10 W PA für das 13 cm Band
- 20 W PA für das 13 cm Band
- **50 W PA für das 6 cm Band**
- Zusammenfassung

50 W PA für das 6 cm Band

YPM5850B - Spezifikationen des Herstellers:

Testumgebung:	V_{DC} = 32 V, T_{amb} = 25 °C
Frequenzbereich:	f = 5700 … 5900 MHz
Leistungsverstärkung:	G_p = 42 dB
Ausgangsleistung:	P_{out} = 47 … 48 dBm
Frequenzgang:	ΔG_p = < 1 dB
Max. Eingangsleistung:	P_{in} = +6 dBm max.
Stromaufnahme:	I_{DC} = 3,6 A
Rel. Luftfeuchtigkeit:	RH < 80 %
Betriebstemperatur:	T_{amb} = -30 … +85 °C
Lagertemperatur:	$T_{storage}$ = -40 … +150 °C
Abmessungen:	132 x 53 x 17 mm
Technologie:	SiGe & GaN

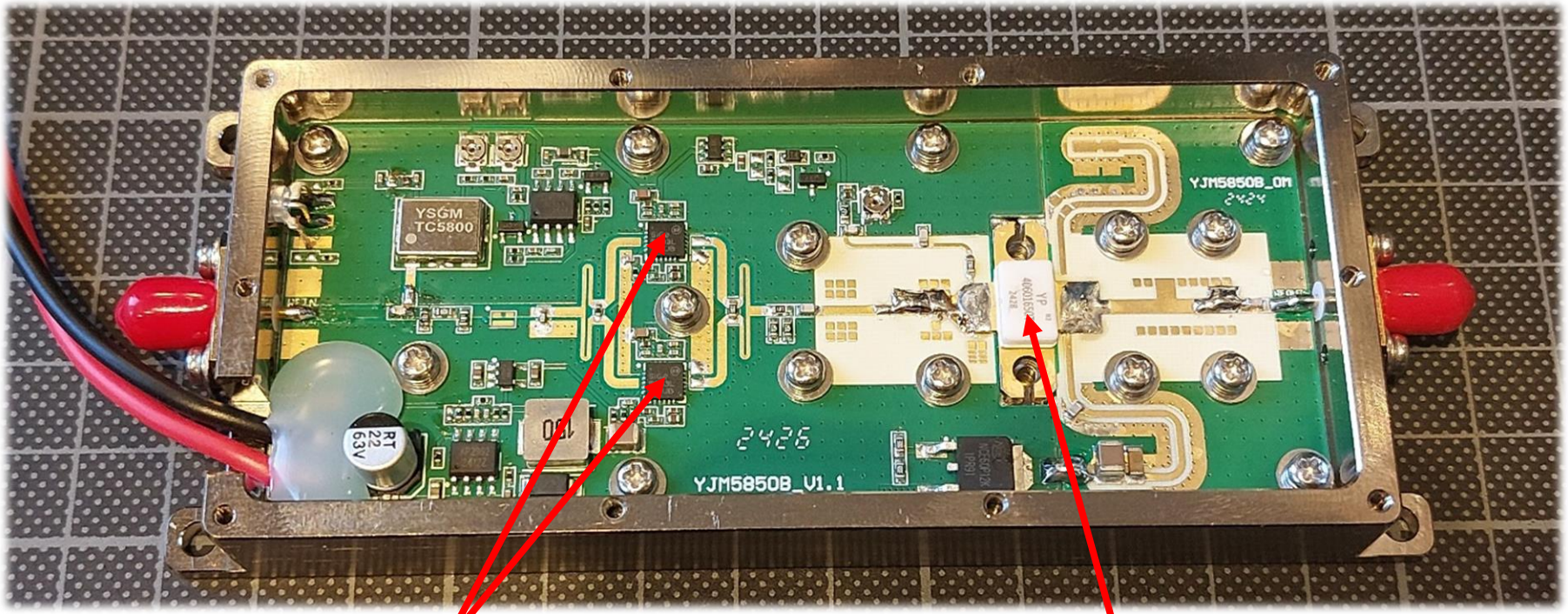


Der Preis für ein solches 50-W-Modul liegt bei ca. 199 US$ (plus Einfuhrsteuern)
(Ebay Verkäufer „SZHUASHI Official Store“ aus China)

50 W PA für das 6 cm Band

Der YPM5850B Leistungsverstärker ist in einem kompakten Aluminiumgehäuse untergebracht.
Es ist ein zweistufiger Verstärker:

- die erste Stufe basiert auf zwei parallel arbeitenden MMIC-Verstärkern SiGe SE5003L,
- die zweite Stufe auf einem GaN-HEMT-Transistor YP40601650T von Innotion.

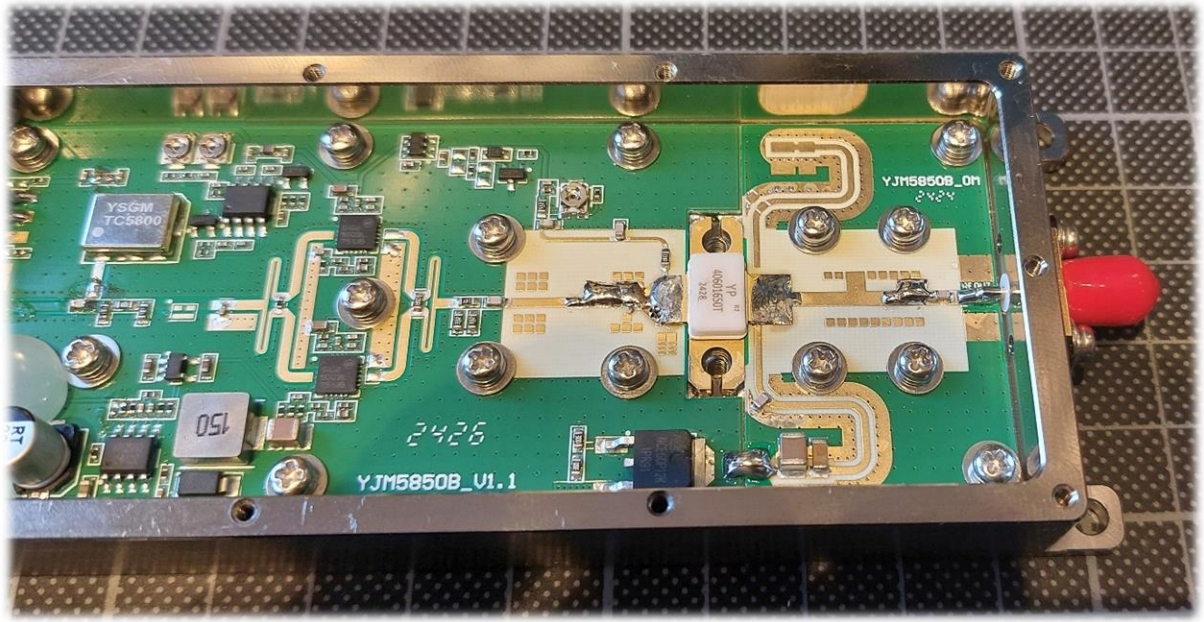


2x MMIC-Verstärker SiGe SE5003L

GaN-HEMT-Transistor YP40601650T

50 W PA für das 6 cm Band

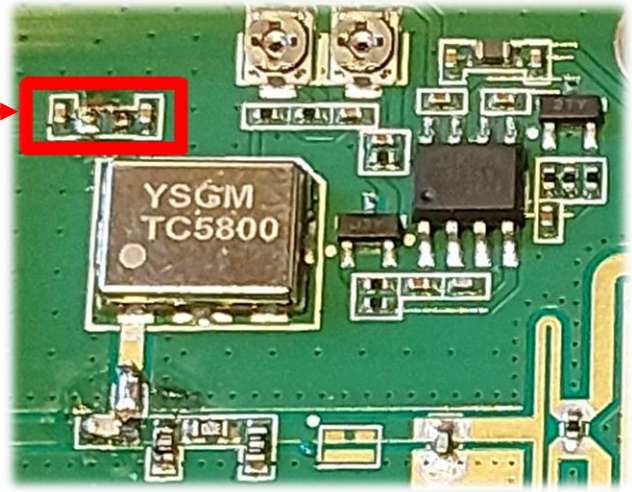
Die beiden SiGe SE5003L MMICs werden mit +5 V betrieben und biete eine Verstärkung von 32 dB sowie einen 1 dB-Kompressionspunkt von +32 dBm. Die Stromaufnahme beträgt typ. 340 mA.



Der Innotion YP40601650T ist ein 50 W intern angepasster GaN HEMT Transistor für 4.4 bis 6 GHz.
Seine spezifizierte gesättigte Ausgangsleistung bei 5700 MHz beträgt 48,6 dBm.
Hierbei weist er einen ausgezeichneten Wirkungsgrad von 50,4 % @ Pin von 37,4 dBm.

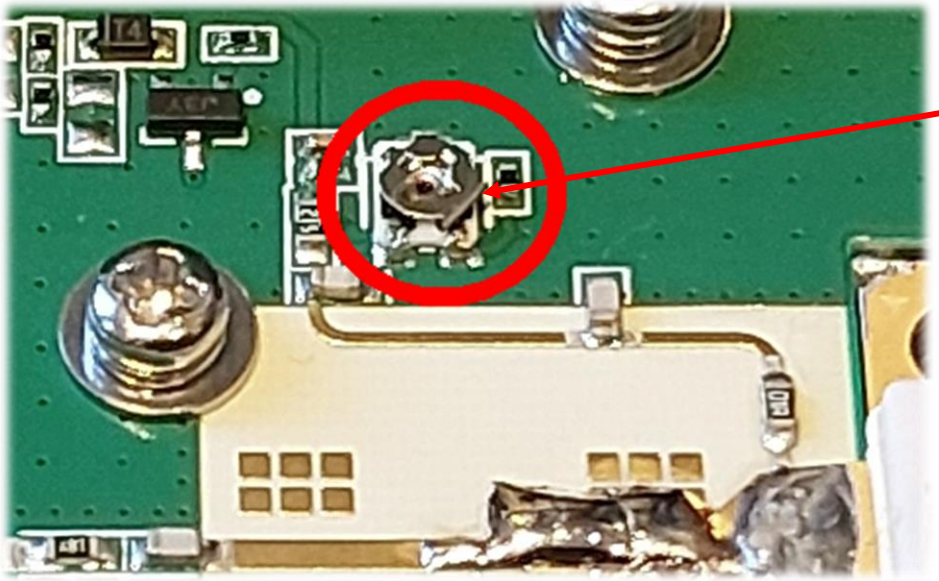
50 W PA für das 6 cm Band

Diese Bauteile müssen entfernt sein !



- Neben der Verstärkerkette befindet sich im Gehäuse ein zusätzlicher Oszillator, der mit YSGM TC5800 gekennzeichnet ist. Anscheinend kann dieser Verstärker auch als Drohnenstörsender verwendet werden, wenn dieser Oszillator aktiviert ist.
- In meinem Modul war der Oszillator deaktiviert. Falls dies nicht der Fall sein sollten, einfach die rot markierten SMD-Bauelemente entfernen.
- Bitte vor der Inbetriebnahme unbedingt überprüfen, sonst könnte das Modul bereits ohne Eingangssignal volle Ausgangsleistung liefern!

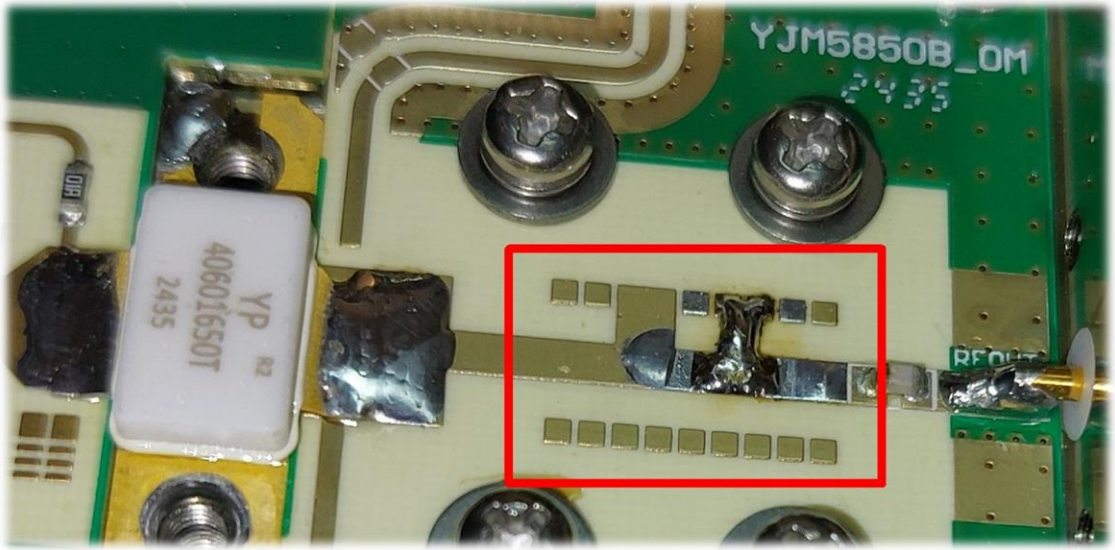
50 W PA für das 6 cm Band



Trimmer für die Einstellung des Ruhestroms.

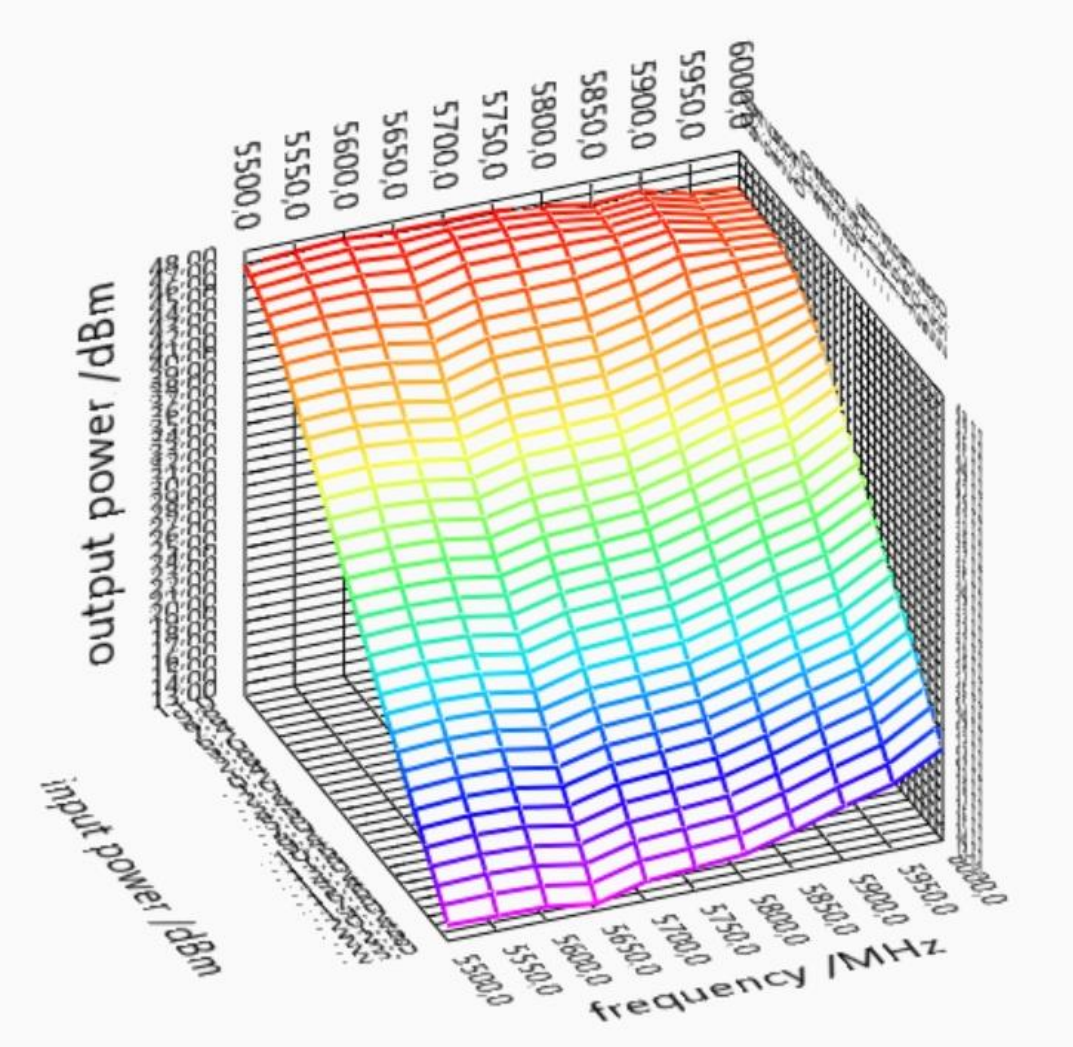
- Der Ruhestrom kann bequem mit einem kleinen Trimmer auf der Platine eingestellt werden.
- Der Ruhestrom meiner PA war ursprünglich auf ca. 2,2 A eingestellt.
- Ich habe festgestellt, dass ein Ruhestrom von 0,7 A fast die gleiche maximale Ausgangsleistung ergibt.
- Insbesondere bietet dieser Arbeitspunkt von 0,7 A eine linearere Verstärkung über den Eingangsleistungs-bereich ohne eine übermäßige Verstärkungserhöhung kurz unterhalb des 1dB-Kompressionspunktes.

50 W PA für das 6 cm Band

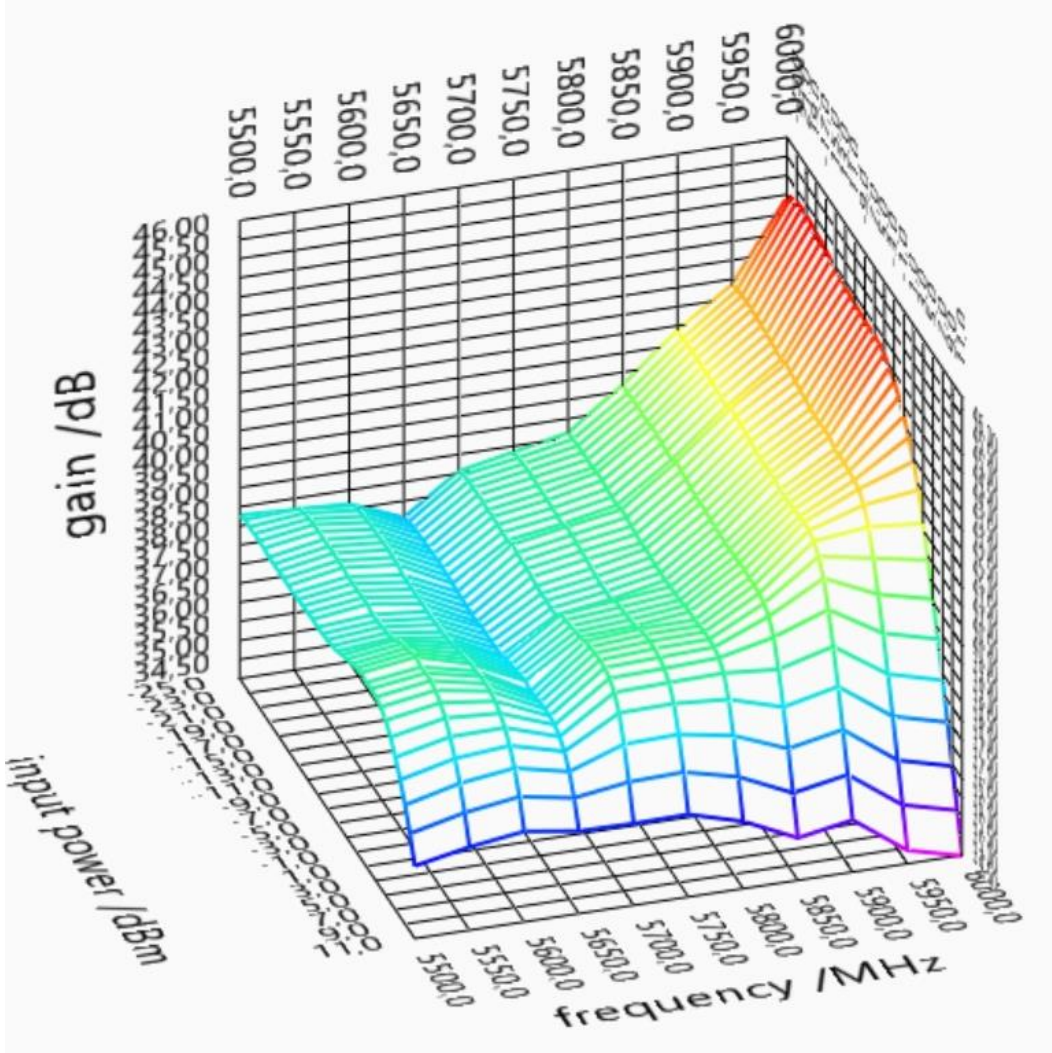


- Ich habe ich die Ausgangsanpassung des Endtransistors für optimale Ausgangsleistung und Wirkungsgrad leicht verändert.
- Dies führte zu einer leichten Verbesserung der Ausgangsleistung (ca. + 0,2 dB) und der Effizienz (ca. + 5 %).
- Ich habe noch einige weitere Module abgestimmt, die optimale Abstimmung war bei jedem Modul etwas anders.
- Auch ohne diesen Abgleich funktionieren die Module bereits gut.

50 W PA für das 6 cm Band

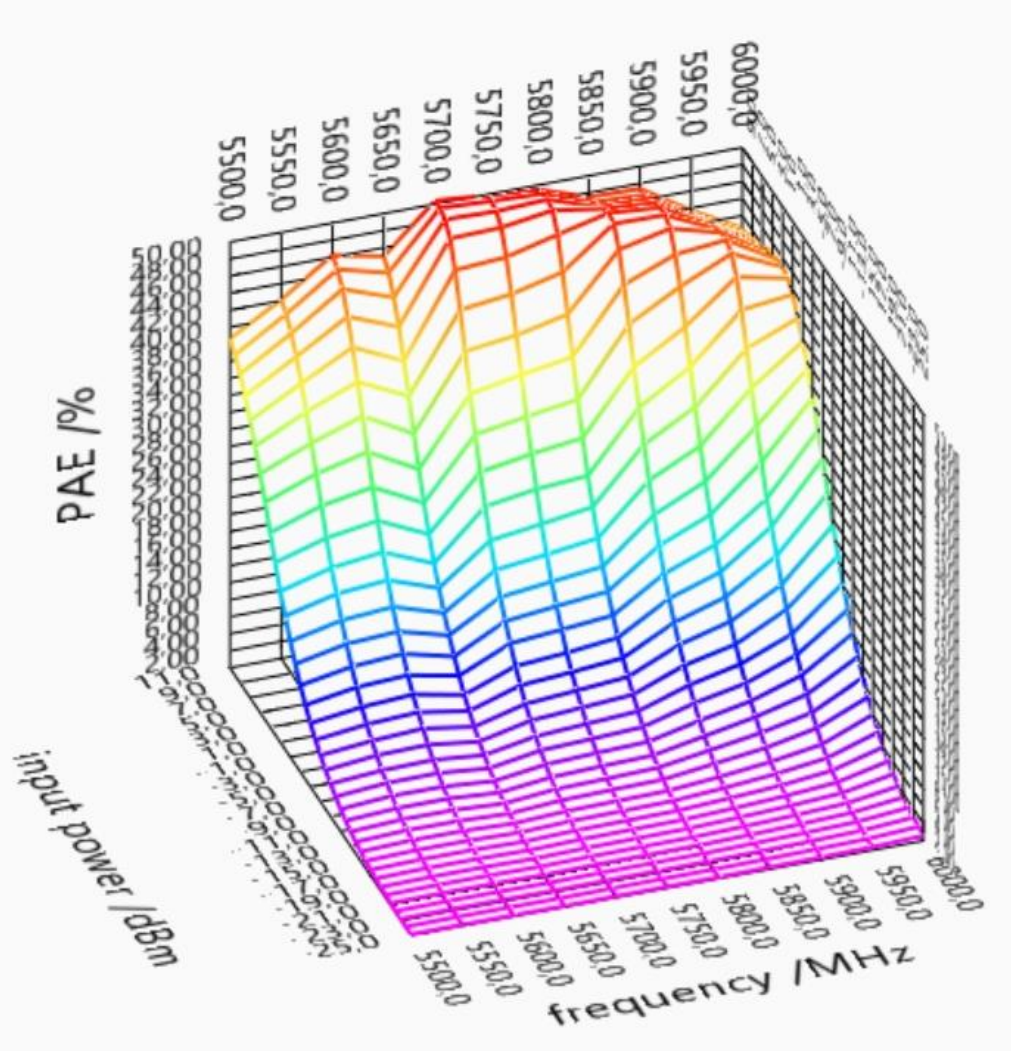


Ausgangsleistung / dBm in Abhängigkeit von Frequenz / MHz und Eingangsleistung / dBm



Verstärkung / dB in Abhängigkeit von Frequenz / MHz und Eingangsleistung / dBm

50 W PA für das 6 cm Band



Wirkungsgrad PAE / % in Abhängigkeit von Frequenz / MHz und Eingangsleistung / dBm

50 W PA für das 6 cm Band

- Zusammenfassend kann ich feststellen, dass die Leistung des YPM5850B 50-W-PA-Moduls den spezifizierten Werten recht nahe kommt.

- Mit ein wenig Tuning kann eine maximale Ausgangsleistung bei 5700 MHz von 50 W und eine PAE von 50 % erreicht werden. Die dafür nötige Eingangsleistung beträgt +1 dBm.

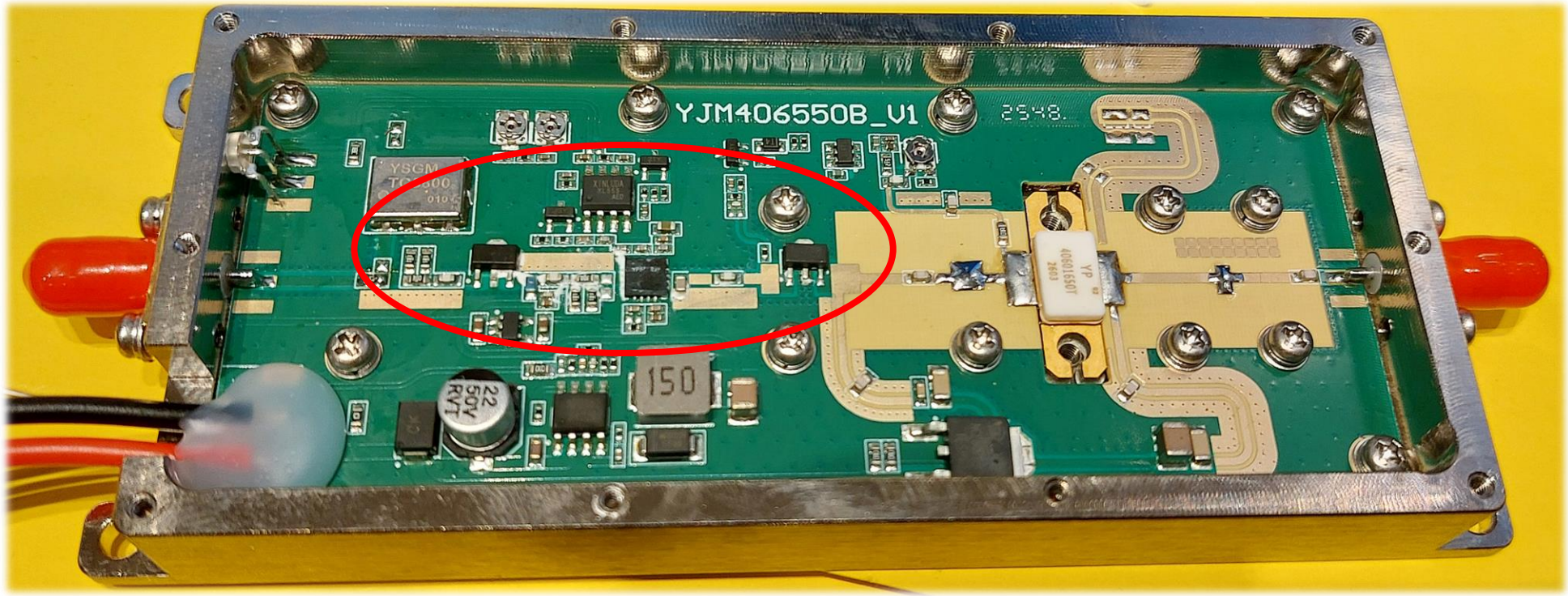
- Ich habe 3 verschiedene Module gemessen und ihre Leistung variiert nur geringfügig. Die optimale Ausgangsanpassung für maximale PAE und Leistung war bei jedem Modul etwas anders.

- Bei allen gezeigten Messungen ein leichter Abfall der Verstärkung, Leistung und Effizienz bei 5650 MHz zu verzeichnen. Dies ist ein Problem meines Messaufbaus und war bei allen Modulen, die ich gemessen habe, gleich.

50 W PA für das 6 cm Band

- Ich habe in den letzten Tagen ein weiteres 50-W-PA-Modul des Typs YPM5850B aus China erhalten. Äußerlich unterscheidet es sich nicht von den bisherigen Modulen.

- Die Schaltung ist aber modifiziert. Der Endstufentransistor ist zwar identisch aber die Treiberschaltung ist geändert. Ich werde das in den nächsten Wochen genauer untersuchen.



Agenda

- Einleitung
- 20 W PA für das 23 cm Band
- 10 W PA für das 13 cm Band
- 20 W PA für das 13 cm Band
- 50 W PA für das 6 cm Band
- **Zusammenfassung**

Zusammenfassung

- Alle beschriebenen PA-Module befinden sich in einem (gefrästen) Aluminiumgehäuse.
- Neben den beiden SMA-Buchsen für den HF-Eingang und HF-Ausgang ist nur noch ein Durchführungskondensator für die Versorgungsspannung zu finden.
- Ansonsten ist teilweise noch eine LED eingebaut anhand der man sieht, dass die Versorgungsspannung anliegt.
- Ein PTT-Schalteingang oder Detektorausgänge wie man sie oft bei anderen für Amateurfunkzwecke optimierte PAs findet sucht man vergebens.
- Alle PA-Module sind (teilweise mit Modifikationen) für den Amateurfunk verwendbar.
- Alle Verstärker haben die beworbene Ausgangsleistung erreicht.
- Insbesondere das GaN PA-Modul für das 6 cm Band zeigt einen hervorragenden Wirkungsgrad.
- Ich beurteile das Preis-Leistungsverhältnis der chinesischen Leistungsverstärker als sehr gut.

Diese Präsentation sowie weitergehende Informationen sind auf meiner Homepage www.dd1us.de zu finden.

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit !

Ich beantworte jetzt gerne Eure Fragen.

AMSAT-DL
Satelliten für Kommunikation, Wissenschaft und Bildung
Satellites for Communication, Science and Education

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