



Gunthard Kraus, DG 8 GB

Ein rauscharmer MMIC-Verstärker mit $NF = 0,6 \text{ dB}$ und $f_{\text{max}} = 2 \text{ GHz}$ von der Stange

Im Internet werden rauscharme Verstärkermodule zu sehr günstigen Preisen über eine bekannte Handelsplattform angeboten. Nachfolgend werden diese Module genauer untersucht, ausgemessen und modifiziert.

1. Der Einstieg

Vor einiger Zeit ist meiner Kellerwerkstatt zufällig eine der berühmten und teuren Rauschquellen „hp346B“ (mit einem Frequenzbereich von 10 MHz bis 18 GHz) „zugelaufen“. Um nun tatsächlich Rauschzahlen messen zu können fehlte nur noch beispielsweise ein EATON-Noise Gain Analyzer 2075 (Messbereich: 10 MHz bis 1850 MHz). Wenn man dann zufällig solch ein Gerät zu einem sehr fairen Preis angeboten bekommt überlegt man nicht lange! Hinweis: Dieses schon etwas betagte Gerät gibt es von der Nachfolge-Firma „Maury Microwave“ weiterhin, aber nun mit einem auf 2 GHz erweiterten Frequenzbereich.

Die Inbetriebnahme des Messgerätes

verlief jedoch frustrierend, da die Anzeige gleich „einfro“. Beim erneuten Einschalten des Gerätes kam kein interner „Reset“ mehr und somit blieb die Anzeige „eingefroren“. Über den folgenden Leidensweg, bis zum erneuten Funktionieren sowie die korrekte Bedienung des Gerätes findet man weitere Infos unter [2].

Nach dieser „siegreichen Schlacht“ wurde natürlich alles, was sich an selbst gebauten Verstärkern im Hause befand, sofort untersucht, was neben Freude leider auch manche unangenehme Erkenntnis brachte.

Interessant wurde die Sache aber erst, als eine Untersuchung des in **Bild 1** dargestellten LNAs auf der Homepage von Matthias Bopp, DD1US [1], gefunden wurde. Da dieses Modul bei EBAY für unter 20 Euro angeboten wird, würde man viel an Entwicklungsarbeit und Geld sparen, wenn die genannten Daten tatsächlich korrekt wären: Maximale Rauschzahl von 0,6 dB samt einer Verstärkung von mehr als 15 dB für die drei Amateurfunkbänder „2 m / 70 cm / 23 cm“. Allerdings

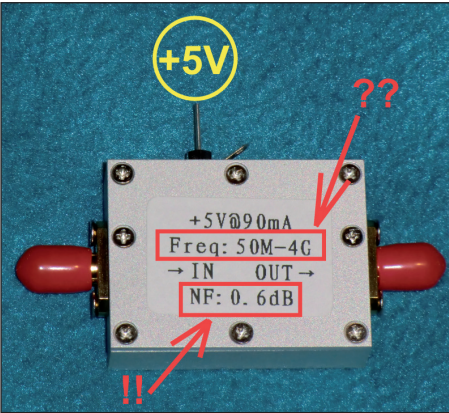


Bild 1: So sieht das „gute Stück“ aus, aber wie steht es mit den inneren Werten?

interessiert hier besonders, ob die Wirklichkeit mit der angegebenen höchsten Betriebsfrequenz von 4 GHz übereinstimmt.

Trotzdem: So ein schönes, gefrästes und sandgestrahltes Aluminiumgehäuse mit massivem und aufwendig aufgeschraubtem Deckel - und vergoldeten SMA-Buchsen - ist nicht nur ein erfreulicher Anblick, sondern verspricht auch hohe Sicherheit gegen Einstrahlung.

Zwar ist der Ruhestrom mit 90 mA bei $U_b = +5\text{ V}$ recht hoch, aber er belohnt uns mit einem P1dB-Wert von +22,7 dBm sowie einem fast unglaublichen OIP3 von knapp +40 dBm!

2. Der Baustein im Anlieferungszustand

Durch die Verwendung eines modernen und rauscharmen Hochstrom-PHEMTs vom Typ „SPF5189Z“ wird die Gesamtschaltung sehr vereinfacht. Diese

war leider im Internet nicht zu finden, es gibt lediglich eine Applikationsschaltung im Datenblatt des Bauteil-Herstellers. Diese stimmt zum Glück mit der vorliegenden Platine überein, allerdings hat man dann immer noch keine Bauteilewerte!

So blieb nur der harte Weg übrig: Jedes wichtige Bauteil wurde ausgelötet, sein Wert gemessen und anschließend wieder an seinen Platz auf der Platine gelötet. Bei einer SMD-Baugröße „0603“ (= 1,5 mm x 0,75 mm) aller Bauteile ist das eine langwierige Beschäftigung und „besondere Freude“, aber dafür gibt es jetzt den tatsächlichen Stromlaufplan in **Bild 2**.

Beim Betrachten der Schaltung muss man allerdings als erfahrener Entwickler etwas die Stirn runzeln: Mit der Parallelschaltung von 180 nF und 180 pF zur breitbandigen Siebung der Betriebsspannung handelt man sich durch die unterschiedlichen Eigenresonanzfrequenzen beider Bauteile oft Ärger ein. Zumindest irgendwelche ungeahnten Wellen oder Löcher bei den Schaltungseigenschaften - der schlimmste Fall ist jedoch die Parallelresonanz des kleineren Kondensators mit dem oberhalb seiner Eigenresonanz induktiven größeren Kondensator. Bei diesem Punkt hat man nur eine hochohmige HF-Verbindung gegen Masse und keine Erdung mehr - viele Schaltungen „merken“ das leider sehr genau und reagieren entsprechend!

Erstaunlicherweise hat sich das, trotz vieler Publikationen, immer noch nicht so recht herumgesprochen, dass man besser 2 oder 3 exakt identische SMD-Kondensatoren parallel schaltet und dadurch sowohl den Serienwiderstand als auch die Serieninduktivität um die Zahl der

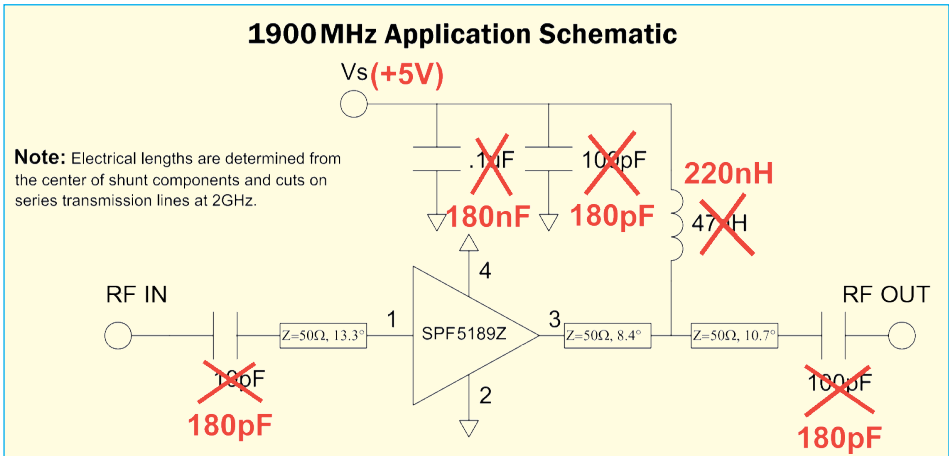


Bild 2: Eine einfache Schaltung, aber trotzdem gibt es Anlass zur Kritik (siehe Text)

eingesetzten Bauteile reduziert.

Anschließend folgte die Bestimmung der Rauschigenschaften des Bausteins, wobei **Bild 3** das Ergebnis zeigt. Die Messung mithilfe des EATON-Geräts reicht nur bis 1850 MHz. Deshalb Dank an Matthis, DD1US, dass ich seine Ergebnisse

bis 2550 MHz einfach hier anhängen darf.

Wie erhofft, erhält man bis zum 23-cm-Band eine Rauschzahl von maximal ca. 0,6 dB. Im 70-cm-Band und oberhalb von 2 m ist sie besser, aber der rapide Anstieg der Rauschzahl unterhalb von 100 MHz lässt sich durch eine verbesserte Schal-

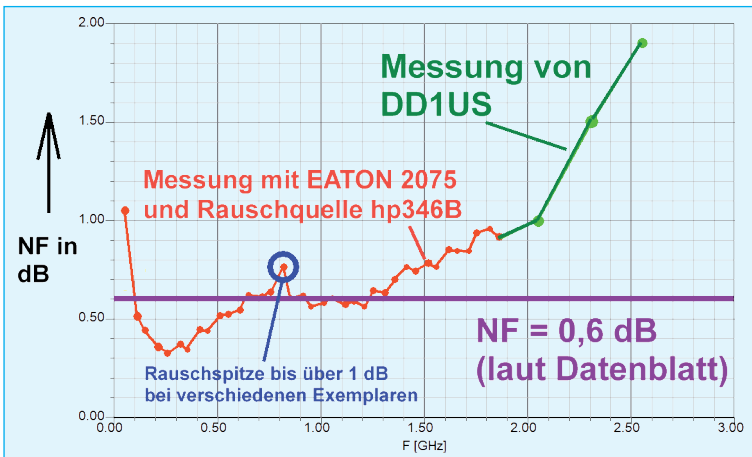


Bild 3: So sieht das Rauschverhalten aus; es gilt im Prinzip für alle untersuchten Exemplare

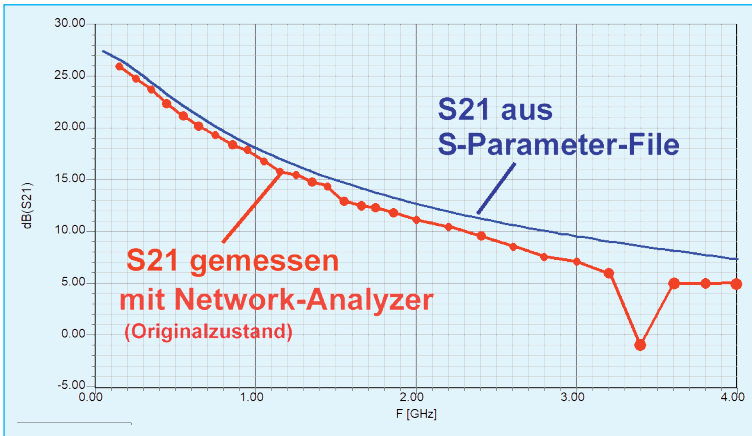


Bild 4: Simulation gegen Messung! Trotzdem ist das gemessene Ergebnis bei S21 gar nicht so übel!

tungsauslegung sicher noch dämpfen. Damit wäre auch ein Betrieb bei 50 MHz bei geringem Rauschen möglich.

Bei den S-Parametern gibt es zunächst etwas Arbeit. Sie können leider nicht als Datei herunter geladen werden, sondern müssen mühsam aus der Tabelle des Datenblatts kopiert und von Hand in das vorschriftsmäßige Touchstone-Form ge-

bracht werden. Nur so war der ANSOFT DESIGNER als Simulationsprogramm zufrieden. In den **Bildern 4 bis 6** kann man die Simulationen mit den gemessenen Werten bis 4 GHz direkt vergleichen.

Zieht man die Einsatzgrenze beim 23 cm-Band (= ca. 1300 MHz), ist das Ergebnis durchaus noch so, wie man es sich wünscht. Allerdings: ein Absinken

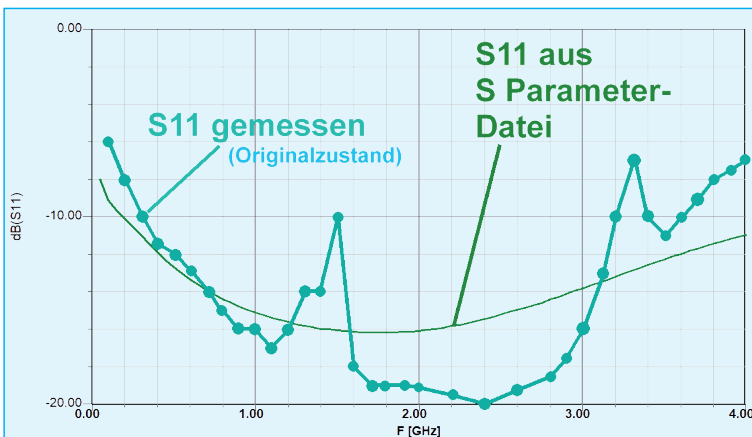
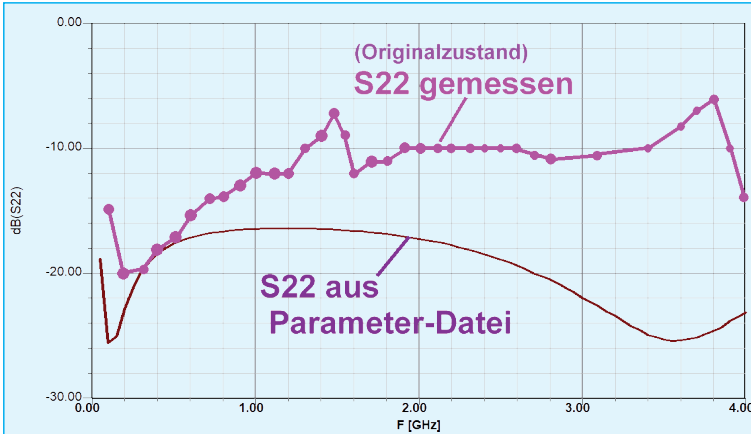


Bild 5: Dagegen kann man sich über den Verlauf von S11 bis 2 GHz nur freuen



*Bild 6:
Bei S22 ist eher die Bemerkung „na ja ...“ angebracht*

von S21 auf weniger als 5 dB ab 3,2 GHz und der kometenhafte Anstieg des Rauschens oberhalb von 2,5 GHz (siehe nochmals Bild 3) zeigen, dass die Angabe „bis 4 GHz“ auf dem Deckel wohl mehr eine Schmeichelei ist...

3. Der Umbau

3.1. Die Stromversorgung

Wie in Bild 1 zu sehen war, wird der Baustein nur über einen einfachen Durchführungskondensator von 1,2 nF mit +5 V versorgt. Dieser wurde sofort durch eine SMB-Buchse ersetzt. Dazu muss das Loch in der Gehäusewand erst aufgebohrt und anschließend mit einem Gewinde M5 versehen werden. Wer nun **Bild 7** ansieht, erkennt die Gründe:

Die Betriebsspannung stammt aus einem USB-5 V-Steckernetzteil und das abgeschirmte USB-Kabel schützt gegen

Gleichtakt-Einstreuungen ins Kabel-Innere. Zusätzlich wurden über das Kabel noch fünf Klappferrite geschoben, um Gleichtakt-Signale („Mantelwellen“) auf der Außenseite der Abschirmung zu verhindern (...wer viel und gern mit schwachen Signalen und ihrer Verstärkung zu tun hat, sammelt so seine Erfahrungen und tut in dieser Richtung lieber zu viel als zu wenig).

Gegentakt-Störungen, z.B. aus dem Schaltnetzteil auf der +5 V-Leitung samt der Innenseite der Kabelabschirmung müssen dagegen mit einer guten Siebung auf der Platine des Bausteins eliminiert werden.

3.2. Schaltungs-Änderungen

Diese findet man in **Bild 8**. Der Wert des Koppelkondensators hinter der Eingangs- bzw. Ausgangs-SMA-Buchse wurde auf 470 pF erhöht und die Drosselspule am Ausgang auf 470 nH vergrößert,

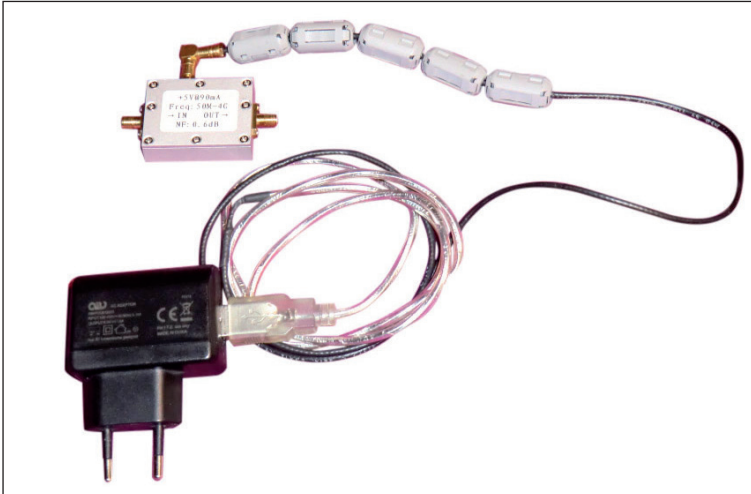


Bild 7:
*Beim Test und
Dauerbetrieb
gibt es Einiges
zu beachten
(siehe Text)*

um die untere Grenzfrequenz etwas zu vermindern.

Wesentlich aufwändiger waren die Maßnahmen zur Siebung der Betriebsspannung. Eine Untersuchung mit der Lupe zeigte, dass hier sehr wohl vom Entwickler solche Maßnahmen auf der Platine vorgesehen waren. Es sollte das in Bild 8 gut erkennbare „Pi-Glied“ sein, denn das hindert nicht nur Störsignale am Eintritt in den Verstärker. Auch Signale aus dem Verstärkerbaustein werden so am Entkommen aus dem Baustein in Richtung Stromversorgung oder anderer Baugruppen in einem Projekt gehindert. Wohl aus Kostengründen wurden nötige Bauteile weggelassen oder einfach durch als Kurzschlussbrücken dienende „Null Ohm-0805-SMD-Widerstände“ ersetzt.

Den nun getriebenen Aufwand sieht man gut in Bild 8 im Vergleich zu Bild 2. Was man aber nicht hört, sind die vom Autor ausgestoßenen Formulierungen,

als dazu drei Mal zwei 0603-Bauteile Huckepack aufeinander gelötet und diese drei neuen Päckchen korrekt auf der Platine festgelötet werden mussten.

Nach der Messung fragt man sich aber:

„Hat sich dieser Aufwand gelohnt? Ist eine Verbesserung merkbar?“ Die Antwort lautet leider - eigentlich nicht.

Jeder Experte wird jedoch sofort darauf hinweisen, dass beim Kampf um eine möglichst geringe Rauschzahl eine Verbesserung um 0,1 dB einen großen Erfolg darstellen würde - besonders dann, wenn man z.B. bei $NF = 0,5$ dB startet. Die „Null dB-Linie“ im Diagramm bedeutet nämlich „absolut rauschfrei“ ODER eine Betriebstemperatur von -273 Grad Kelvin, also Betrieb beim absoluten Nullpunkt.

Im Diagramm liegt der Tiefpunkt hier immer irgendwo bei $NF = 0,32$ dB bis 0,38 dB für $f = 250$ bis 320 MHz bei verschiedenen Exemplaren. Allerdings zeigte

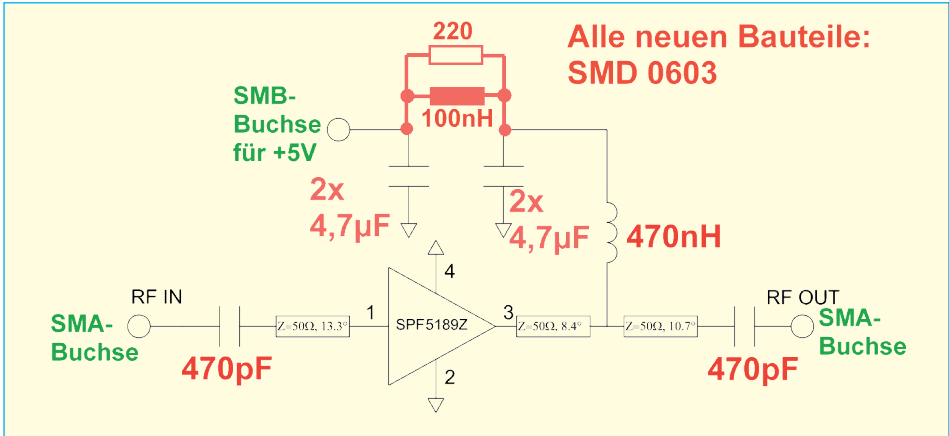


Bild 8: So sieht die Schaltung besser aus, wenn man auf bestimmte Dinge achtet (siehe Text)

sich bei der näheren Untersuchung, dass die Unterschiede der Messergebnisse vor allem von den Exemplarstreuungen des verwendeten PHEMTs herrühren. Es lohnt sich also ein „Ausortieren“ der fertigen Bausteine, wenn geringste Rauschzahlen gefordert werden.

Eine zusätzliche Kontrolle aller S-Parameter zeigte, dass sich ihre Werte durch die vorgenommenen Verbesserungen nur um maximal 0,5 dB verändert haben. Deshalb wird auf die Wiedergabe verzichtet und auf die Bilder 4 bis 6 verwiesen.

Zu Beruhigung: S12 wurde kurz kontrolliert und war überall kleiner als -24 dB.

3.3. Zur Erheiterung ein kleines Bilderrätsel

Zu **Bild 9** gibt es natürlich die Frage: „Wat is dat“ bzw. „wozu braucht man das“? Und wer es lieber klassisch liebt, bekommt den Satz: „Wozu? - waren sei-

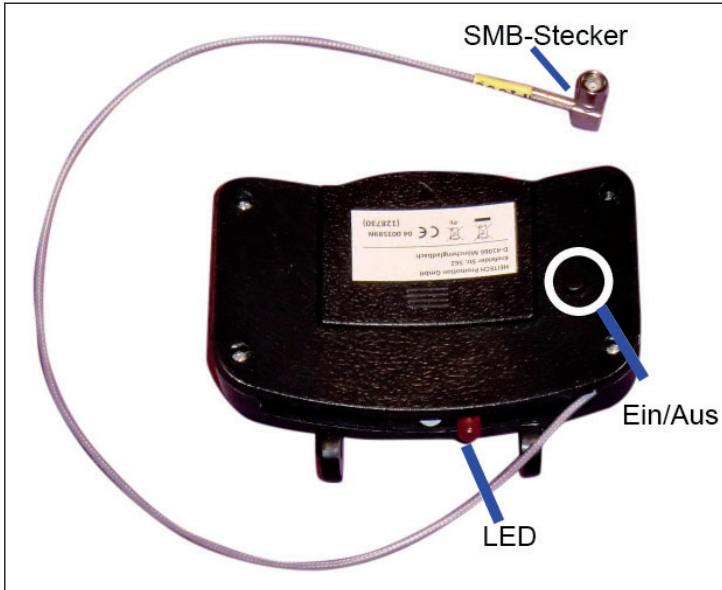
ne Worte - wozu dient mir diese Sorte?“ präsentiert.

Es handelt sich nämlich um Etwas aus der Wühlkiste „Jedes Teil = 2 Euro“ im Supermarkt und stellt im Originalzustand eine „Leuchte für jugendliche Schlägermützen-Träger“ dar.

Dazu enthält es drei Mignon AAA-Batterien, einen Ein-/ Aus-Schalter und vorne im gebogenen Ausschnitt eine Kette von 20 (!) weißen LEDs. Diese wurde sofort entfernt und dafür eine einzige rote LED samt Vorwiderstand für 5 mA Ruhestrom eingebaut. Die zur Verfügung stehende Gleichspannung von +4,5 V wird über ein dünnes Koaxkabel mit SMB-Stecker herausgeführt und damit ist die Sache wohl klar:

Beim Speisen von LNAs mit diesem Spielzeug kann man damit zwei Dinge prüfen:

- a. Wie reagiert der Verstärker auf eine Unterspannung von +4,2 bis +4,5 statt +5 V und



*Bild 9:
So baut ein
Elektroniker eine
LED-Mützenleuchte
als stabile und
„saubere“ Span-
nungsquelle um
(siehe Text)*

b. wie ändert sich die gemessene Rauszahl bzw. das Stör- und Rauschspektrum am Ausgang, wenn nun mit einer garantiert stabilen Betriebsspannung ohne Rauschen oder Störsignale gearbeitet wird?

Das Ergebnis ist schon interessant, denn es zeigt sich, dass die im Datenblatt des PHEMTs erwähnte „Bias Point Stabilization“ recht gut funktioniert. Zwar sinkt die Verstärkung um etwa 0,5 dB ab, aber die Rauschzahl ist davon nicht allzu sehr beeindruckt. Deshalb erhält die kleine Kiste einen Ehrenplatz auf dem Arbeitstisch.

4. Die Geschichte geht weiter

Es gibt jedoch noch ein weiteres „Spielzeug“ bei EBAY (**Bild 10**). Wie die

Aufschrift zeigt, enthält es denselben PHEMT (SPF5189Z). Allerdings fehlt das wunderbare gefräste Aluminiumgehäuse, es ist durch eine simple kleine Blech-Abschirmhaube über dem PHEMT notdürftig ersetzt.

Natürlich kann so eine Konstruktion in Bezug auf Einstrahlfestigkeit und Unempfindlichkeit gegen Störfelder niemals das vollständig geschlossene, gefräste Aluminiumgehäuse ersetzen. Dafür erhält man für 20 Euro sogar 3 (!) solcher Verstärker-Platinen was doch über den stark geschmeichelten angeblichen Frequenzbereich von 50 MHz bis 4 GHz hinweg tröstet... Und nach dem Einbau in ein komplettes HF-dichtes und allseits geschlossenes Metallgehäuse (z.B. bei einem Konverter) verrichtet „das gute Stück“ sicher ordentlich seinen Dienst.

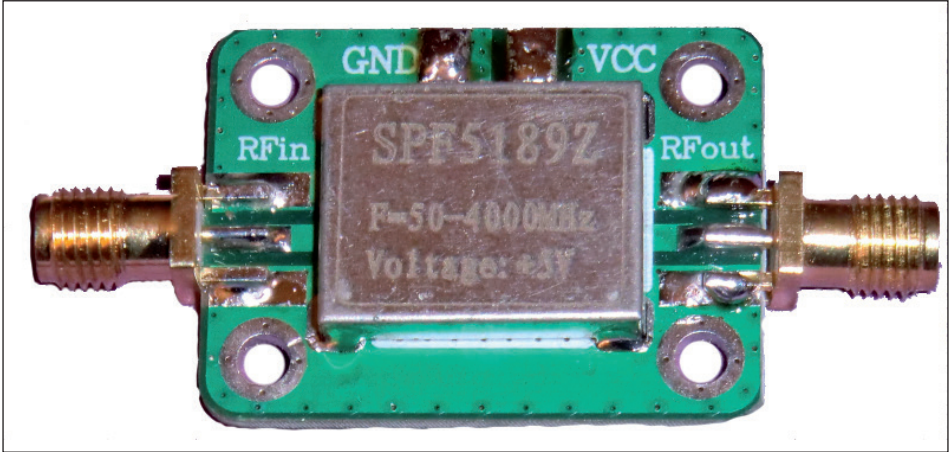


Bild 10: Im Internet findet man auch diese „Sparversion“ des Verstärkers

4.1. Der ermittelte Stromlaufplan

Wieder ging es nicht ohne Zähneknirschen ab - wieder mussten alle Bauteile (Größe: 0603) ausgelötet, vermessen und anschließend wieder eingelötet werden (**Bild 11**). Hier war eindeutig ein anderer Entwickler am Werk, aber die Schaltungsauslegung ist schon etwas eigenartig. Sie geht nämlich mit extrem hohen Werten der Koppelkondensatoren (je 0,1 μF) hinter den beiden SMA-Buchsen los, was natürlich eine recht niedrige untere Grenzfrequenz ergibt. Dazu passen aber die sehr kleinen Werte (je 68 nH) der beiden in Reihe liegenden Drosselspulen am Ausgang nicht, denn sie heben die untere Grenzfrequenz wieder stark an. Auf den Sinn der Reihenschaltung beider Induktivitäten kommt man erst nach einer Untersuchung der Platine mit einer Lupe. Da wurde nämlich mit dem (gestrichelt) eingetragenen Kondensator eine korrek-

te Breitband-Siebung der Betriebsspannung in „Pi-Schaltung“ vorgesehen - aber irgend ein sparsamer Kaufmann hat diesen Kondensator mal wieder gestrichen!

Deshalb wurden bei dieser Schaltung dieselben Verbesserungen wie beim vorigen Baustein vorgenommen (**Bild 12**) und so ist man auf die Folgen gespannt.

Das Ergebnis enttäuscht jedoch etwas: Die gemessenen Verläufe entsprechen denen in Bild 9 weshalb man hier nichts extra zu präsentieren braucht.

Trotzdem:

Im Originalzustand und bei bestimmten Chip-Temperaturen findet man manchmal bei $f = 810 \text{ MHz}$ plötzlich eine Spitze von bis zu 2 dB bei der Rauschzahl (... und zusätzlich, aber deutlich schwächer, findet man den Effekt auch zwischen 1600 und 1700 MHz). Da steckt wohl eine leichte Schwingneigung des Chips dahinter und die vorgenommenen Verbesserungen von Siebung und Erdung

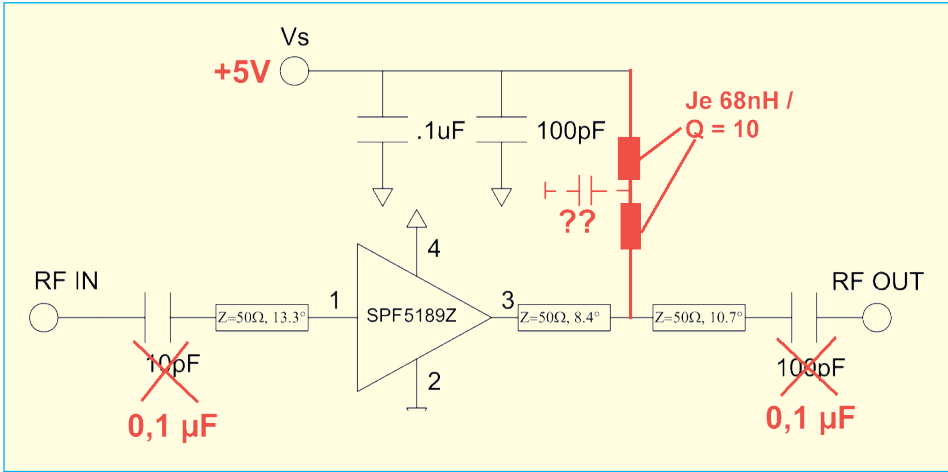


Bild 11: Auch diese Originalschaltung verursacht Stirnrunzeln ...

der Betriebsspannung dämpfen diesen Effekt nur leicht. Ansonsten sind alle Kurven fast punktgleich, aber an manchen Stellen hatte der „Originalzustand“ sogar ganz leicht die Nase vor der umgebauten Version.

5. Zusammenfassung

Das sind „Herrliche Spielzeuge“ für den „HF-Freak“, auch wenn eine Stromaufnahme von 90 mA manchmal weh tut - so könnte man das Ergebnis

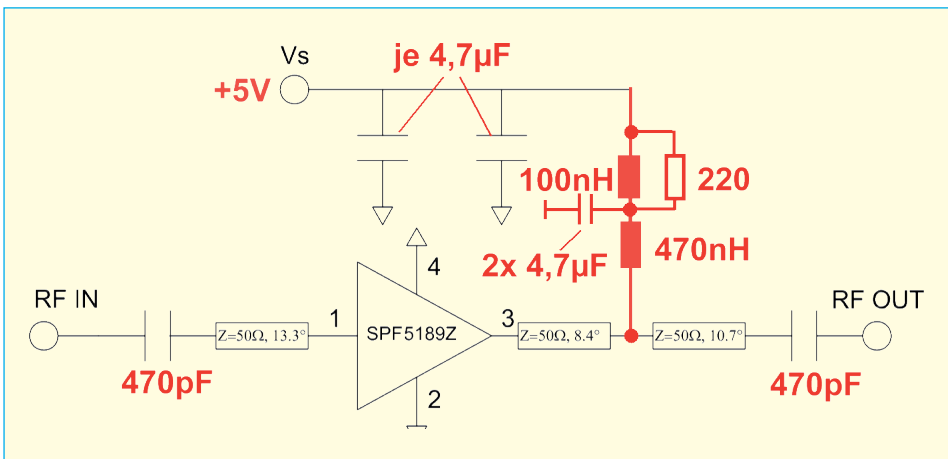


Bild 12: ... und wird postwendend auf den aktuellen Stand gebracht



dieser Aktion beschreiben. Und mit den vorgenommenen Änderungen sind sogar Schwachstellen kuriert.

Man hat nun für wenig Geld (kombiniert mit etwas Arbeit) einen universellen und rauscharmen VHF/UHF-Verstärker als „50 Ω -Gainblock für 5 V Betriebsspannung“ zur Verfügung, bei dem nur der Anwendungsfall zeigt, ob die komplette und geschlossene Abschirmung durch das gefräste Aluminiumgehäuse der ersten Version überhaupt erforderlich ist. Und das alles für weniger als 20 Euro!

6. Nachtrag

Beim Betrachten der nun vorhandenen Baustein-Sammlung keimte plötzlich eine neue Idee:

Da der heimische Vorrat an gefrästen kleinen Aluminiumgehäusen restlos aufgebraucht ist, könnte man sich eine ganze Ladung solcher Verstärker (= gefrästes Gehäuse, ein 2 mm dicker Deckel mit 8 Senkschrauben sowie zwei vergoldete SMA-Buchsen) als neuen Gehäusevorrat ans Lager legen, um sie für eigene klei-

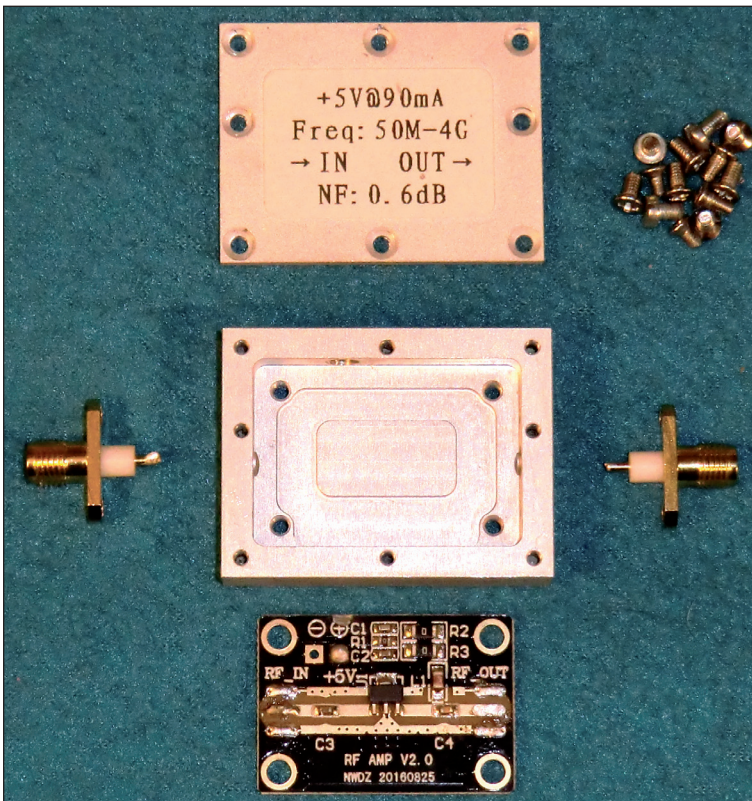


Bild 13:
Das gibt es
für knapp
über 11 Euro
über 11 Euro
im Internet!

Außenmaße der Wanne:	32 mm x 42 mm, Höhe = 10 mm
Wandstärke:	4 mm
Freigeprägter Raum im Inneren für die Montage der Platine:	24 mm x 34 mm
Frästiefe:	5,5 mm
Platinen-Abmessungen:	22 mm x 32 mm
Rastmaß der Platinenbefestigung mit 4 Senkschrauben M 2,5 x 5:	17 mm x 27 mm
Deckel:	32 mm x 42 mm, 2 mm dick
Deckel-Befestigung mit 8 Senkschrauben M2,5 x 5	
HF- Ein- und Ausgang mit vergoldeten SMA-Buchsen Innenleiter-Durchmesser: Außendurchmesser der Teflon-Innenisolation:	Befestigung mit je 2 Senkschrauben M2,5 x 5 1,27 mm 4 mm
Der Abstand jeder SMA-Buchse vom oberen Wannenrand ist so gewählt, dass der Innenleiter gerade auf der 1 mm dicken Platine (exakt: auf der zugehörigen Mikrostreifen-Leitung) leicht aufliegt und dort angelötet werden kann Die Stromversorgung (+5 V) erfolgt über einen Durchführungskondensator mit 1,2 nF. Bei mir wird er durch eine eingeschraubte SMB-Buchse ersetzt. Dazu muss aufgebohrt und ein Gewinde M5 geschnitten werden.	

Tabelle 1: Alle wichtigen mechanischen Details des Verstärker-Moduls

ne Projekte im Gigahertz-Bereich zu verwenden. Für den gerade geltenden günstigsten Preis von knapp über 11 Euro wäre ein solcher „Bausatz“ bei uns nicht zu bekommen...

Und wer jetzt auf die gleiche Idee kommt, kann in **Bild 13** den kompletten Bausatz sowie in **Tabelle 1** alle weiteren Informationen und Abmessungen studieren.

7. Literatur:

- [1] Homepage von Matthias Bopp:
www.DD1US.de
- [2] Homepage von Gunthard Kraus:
www.gunthard-kraus.de

ANZEIGE

Sammelordner

blau # 07000

für 12 Ausgaben
der UKW-Berichte

je **€ 5,20** inkl. MwSt.

zuzüglich Versandkosten



UKW-Berichte

In der BÜg 11, 91330 Eggolsheim
Tel. 09191-9795410; Fax -97954133
www.shop.ukwberichte.de