

Dummy Load mit Lüfteraufsatz

Peter Leitner

Jeder Funkamateurler verwendet eine Ersatzlast um sein Funkgerät nach jedem Frequenzwechsel mit der Antenne abzustimmen. Damit wird verhindert, dass unnötig QRM entsteht. Besitzt sie noch einen zusätzlichen Ausgang, wie in diesem Fall mit einer Auskoppeldämpfung von 40 dB, kann sie auch für Messaufgaben verwendet werden. Die Überprüfung der tatsächlichen Sendeleistung ist die wichtigste Anwendung.

Bei diesem Projekt war eine Dummy Load vorhanden, die bei [2] als Bausatz zu erwerben ist.

Während der ersten Messungen hatten sich bereits einige Vorschläge zur Ergänzung des sehr nützlichen Gerätes angesammelt. Dieser Bericht soll die vorgenommenen Änderungen und die sich daraus ergebenden Verbesserung dokumentieren.

Technische Daten:	Maximale Sendeleistung	100 W / 10 min
	HF Tauglich bis	150 Mhz
	Auskoppeldämpfung	-40 dB
	Anpassung	50 Ω
	Temperatur Kühlkörper nach 15 min	90 °C
	Temperatur Widerstandsgehäuse nach 15 min	100 °C

Die Sendeenergie wird in der Dummy Load in Wärme umgewandelt und muss über einen geeigneten Kühlkörper abgeführt werden. Um möglichst kleine Bauformen realisieren zu können, ist die maximale Leistung oft auf wenige Sekunden bis Minuten begrenzt. Zu Messzwecken ist dieser Umstand eher weniger praktisch.

Drei wesentliche Verbesserungen sollten umgesetzt werden:

- Rutschfeste, fix montierte Gerätefüße
- Temperaturgesteuerte Kühlung
- Griffe, die den Transport erleichtern

Elektronischer Aufbau

Wichtigster Punkt der Ergänzungen ist die optimale Kühlung des Kühlkörpers um die Einsatzzeit der Ersatzlast zu erhöhen, ohne den Mechanischen oder Elektronischen Aufbau zu verändern. Eine Temperaturgesteuerte Lüfterregelung ist dafür ideal geeignet. Sie ist Energieeffizient, und die Geräuschentwicklung entspricht dem Betriebszustand.

Drei Axiallüfter (+12 V, 40x40x10 mm) mit einer Luftleistung von zusammen 40,8 m³/h sind ausreichend dimensioniert.

Die Regelung findet auf einer 77x30 mm großen Platine Platz, die nur aus 11 Bauteilen aufgebaut ist. Die Regelcharakteristik gewährleistet das Anlaufen der Lüfter, auch wenn sie bereits längere Laufzeiten aufweisen. Als Temperaturfühler (PTC) findet ein BTY81-120, und als PNP Leistungstransistor der BD 140 Verwendung, er benötigt keine zusätzliche Kühlung. *Abb. 1* zeigt den Stromlaufplan.

Mechanischer Aufbau

Auf einer eloxierten Aluminiumplatte (100x160x2 mm) sind auf einer Seite drei Lüfter auf der anderen Seite zwei Möbelgriffe aus dem Baumarkt montiert. Die Größe der Aluminiumplatte und die Anordnung der Lüfter garantieren einen kontrollierten Luftstrom und verhindern einen wesentlichen Luftkurzschluss. Eine Maßskizze ist auf [1] zu finden.

Dummy Load

Durch eine 5 mm Bohrung zwischen der ersten und zweiten Kühlrippe sind die Anschlussleitungen der Lüfter in das Weißblechgehäuse geführt, in dem auch die temperaturgeführte Regelung untergebracht ist. Am Kühlkörper sind vier 3 mm Gewinde zu schneiden, die zur Befestigung der Aluminiumplatte dienen. Mit 15 mm Abstandshülsen wird verhindert, dass die Lüfter oder deren Befestigungsschrauben den Kühlkörper berühren. Ein Stück Silikonschlauch schützt die Kabel vor Wärme und Mechanischer Beschädigung.

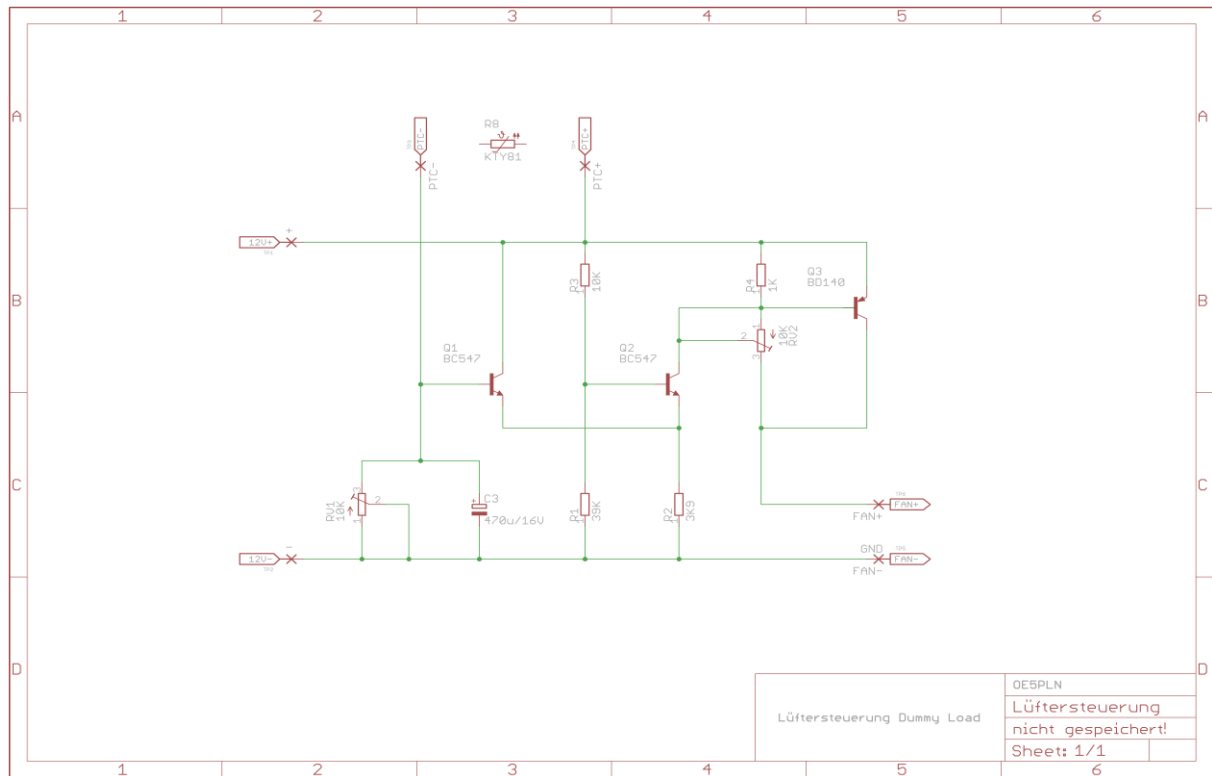


Abb. 1: Stromlaufplan

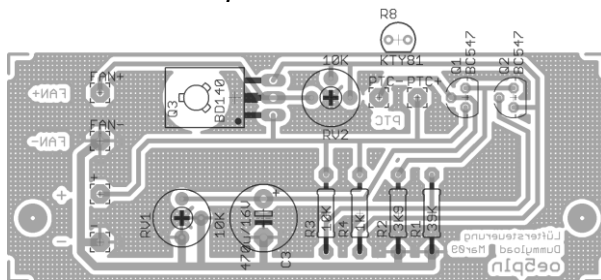


Abb. 2: Layout Lüftersteuerung (nicht maßstäblich)

Zwei der vier Schrauben die das Weißblechgehäuse mit dem Kühlkörper verbinden, werden durch 35 mm Abstandbolzen, mit 3 mm Innen und Außengewinde ersetzt. Das Außengewinde in den Kühlkörper, das Innengewinde dient später zum Befestigen des Gehäusedeckels und der Gerätefüße.

Die Regler Platine wird zwischen zwei Abstandsbolzen mit 10 mm und 25 mm befestigt. Die Länge der Abstandsbolzen ist der Höhe des Weißblechgehäuses anzupassen.

Um optimalen Kontakt zum Kühlkörper zu gewährleisten, ist der Temperaturfühler in einer 5 mm Bohrung, die ca. 7 mm tief ist und mit Wärmeleitpaste gefüllt ist versenkt. Ein Stück unbeschichtetes Platinenmaterial fixiert den Fühler und verhindert das Auslaufen der Wärmeleitpaste.

Mit einer Bohrung für die Einbaubuchse zur Spannungsversorgung und vier Bohrungen in den Gehäusedeckel sind die Mechanischen Arbeiten abgeschlossen.

Bedienung Funktion und Abgleich

Die Spannungsversorgung (+9 V bis +15 V) erfolgt über ein externes Netzgerät das mindestens 300 mA Strom liefern kann. Wird die Spannungsversorgung angeschlossen, drehen die Lüfter kurz mit höchster Drehzahl bevor die Lüfter Regelung abregelt. Mit RV 2 die Minimaldrehzahl einstellen. RV 1 legt die Temperatur fest bei der die Drehzahl ansteigen soll.



Abb. 3: Ansicht von Oben

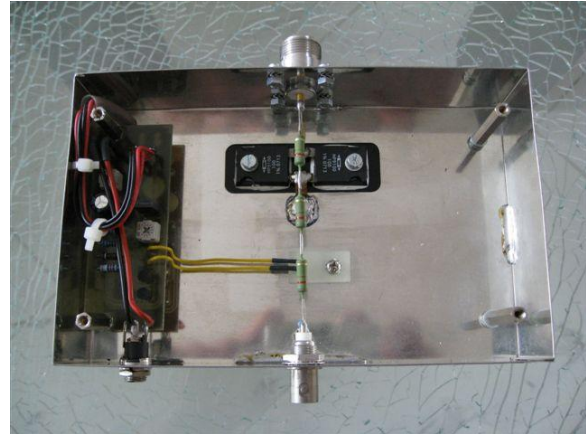


Abb. 4: Innenansicht

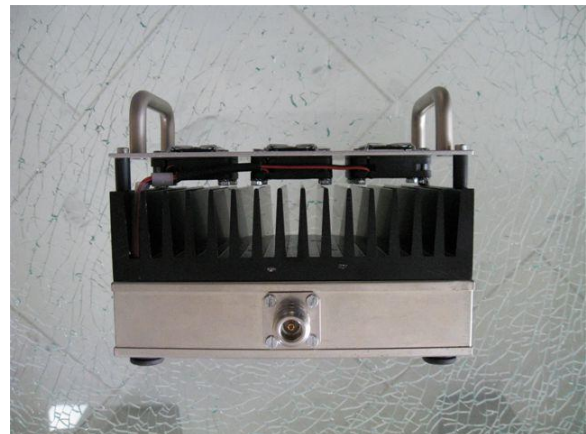


Abb. 5+6: seitliche Detailansicht

Testablauf

Alle Messungen erfolgten unter gleichen Bedingungen:

- Umgebungstemperatur: 25 °C
- Messsensoren: Typ K als Messperle
- Messpunkte: Messpunkt 1 (MP1) Case, (Längsseite, in einer 25 mm tiefen Bohrung, Mitte Leistungswiderstand)
Messpunkt 2 (MP2) Kühlkörper außen (Mitte Breitseite, in einer 2 mm tiefen Bohrung)
- Messintervall: 15 Sekunden

Eine Vergleichsmessung, Abb.7 und 9 stellt den Unterschied zwischen Originalgerät und mit Lüfter Aufsatz dar. Die Vollen Linien Abb.7 und 9 zeigen den Temperaturverlauf am Messpunkt 1, die unterbrochenen den am Messpunkt 2. Um die Leistungswiderstände nicht

zu beschädigen wurde die maximal erreichbare Kühlkörpertemperatur laut Datenblatt berechnet.

Ein Rechenbeispiel soll das verdeutlichen:

Zwischen Widerstandsfilm und Keramikunterseite beträgt der Wärmewiderstand $1,5 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$. Der Übergang zum Kühlkörper besteht aus Wärmeleitpaste, ihr Wärmeleitwiderstand beträgt $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$. Wird der Widerstand mit 50 Watt belastet, beträgt die Temperatur am Übergang zum Kühlkörper $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Eine Temperaturerhöhung um $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ am Kühlkörper (MP1), bringt den Widerstand an seine Leistungsgrenze die bei $175 \text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt. Berücksichtigt ist eine Umgebungstemperatur (Kühlkörpertemperatur) von $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

In Abb.7 wird die kritische Temperatur MP 1 von $75 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nach 7 Min. und 45 Sekunden erreicht. Die äußere Kühlkörpertemperatur, MP 2 beträgt dann $61 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Alle Messungen die über diese Zeit hinausgehen, verkürzen die Lebensdauer der Widerstände erheblich.

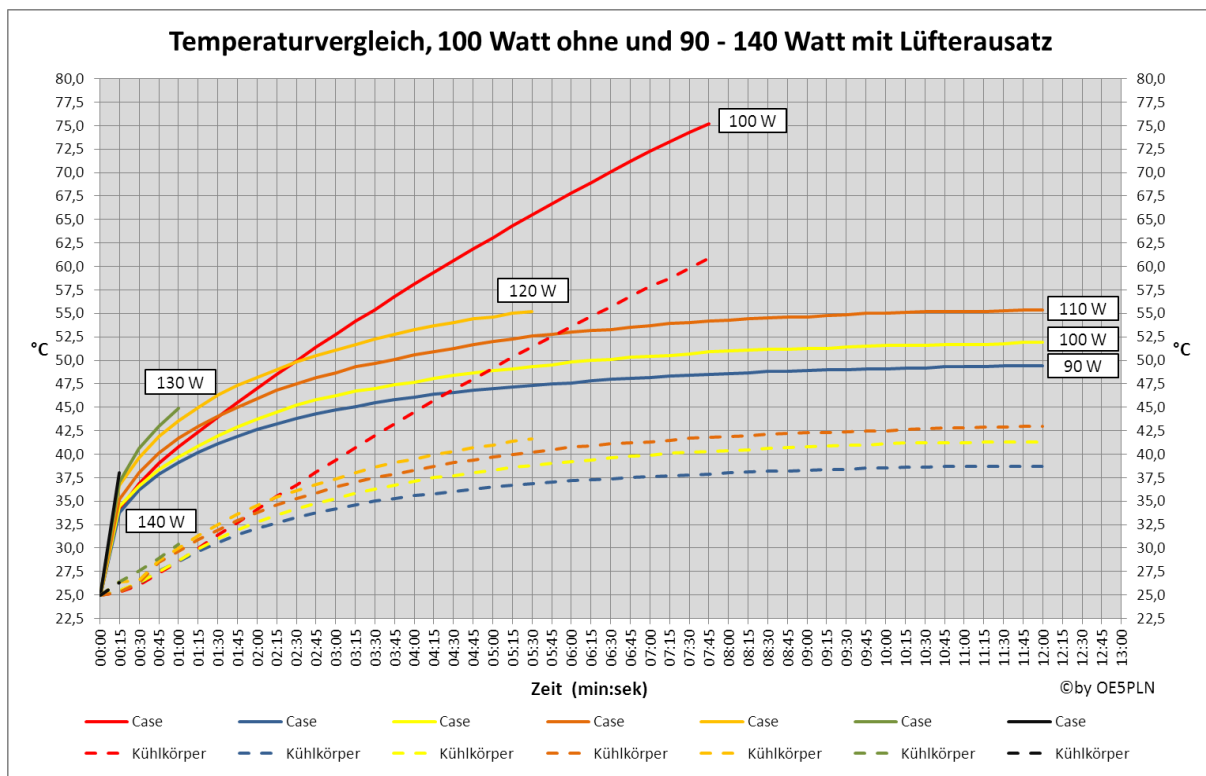


Abb.7: Diagramm Vergleichsmessung 1

Abb. 9 zeigt den Temperaturverlauf ohne Lüfter Aufsatz. Die Messungen beginnen bei 140 Watt und enden bei 60 Watt. Die Ergebnisse sind in einer kleinen Tabelle Abb. 8 zusammengefasst. Man kann erkennen, dass bei einer Belastung von 140 Watt nur 10 Sekunden ausreichen um die Widerstände an ihre Leistungsgrenze zu bringen. Die Kühlkörper Temperatur erhöht sich dabei um $1,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, also von 25 auf $26,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei 60 Watt hingegen stellt sich nach etwa 50 Minuten ein Gleichgewicht zwischen zugeführter Wärmemenge infolge der Verlustleistung der Widerstände und der abgegebenen Wärmemenge durch Konvektion vom Kühlkörper ein. Das Temperaturniveau beträgt dann bei MP1 ca. $93 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und MP2 ca. $81 \text{ }^{\circ}\text{C}$, also unter der Maximal Temperaturerhöhung von $115 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Damit ist keine zeitliche Begrenzung mehr gegeben.

Dummy Load

Ohne Lüfteraufsatz					
Leistung	Maximale Temperaturerhöhung	Zeit	Resistor Film Temperatur	MP 1 Case Temperatur	MP 2 Kühlkörper Temperatur
60 Watt	115 °C	X	152,8 °C	92,8 °C	81,1 °C
70 Watt	105 °C	53' 30"	175,0 °C	105,5 °C	92,1 °C
80 Watt	95 °C	20' 45"	175,0 °C	95,2 °C	80,0 °C
90 Watt	85 °C	12' 45"	175,0 °C	85,3 °C	71,7 °C
100 Watt	75 °C	7' 45"	175,0 °C	75,2 °C	60,9 °C
110 Watt	65 °C	5' 00"	175,0 °C	65,9 °C	50,8 °C
120 Watt	55 °C	2' 45"	175,0 °C	55,6 °C	40,4 °C
130 Watt	45 °C	1' 00"	175,0 °C	45,4 °C	30,4 °C
140 Watt	35 °C	0' 10"	175,0 °C	35,5 °C	26,3 °C

Mit Lüfteraufsatz					
Leistung	Maximale Temperaturerhöhung	Zeit	Resistor Film Temperatur	MP 1 Case Temperatur	MP 2 Kühlkörper Temperatur
90 Watt	85 °C	X	139,4 °C	49,4 °C	38,7 °C
100 Watt	75 °C	X	151,9 °C	51,9 °C	41,3 °C
110 Watt	65 °C	X	165,4 °C	55,4 °C	43,0 °C
120 Watt	55 °C	5' 30"	175,0 °C	55,2 °C	41,6 °C
130 Watt	45 °C	1' 00"	175,0 °C	44,9 °C	30,4 °C
140 Watt	35 °C	0' 10"	175,0 °C	35,5 °C	26,3 °C

Abb.8 tabellarische Zusammenfassung von Abb.7 und 9

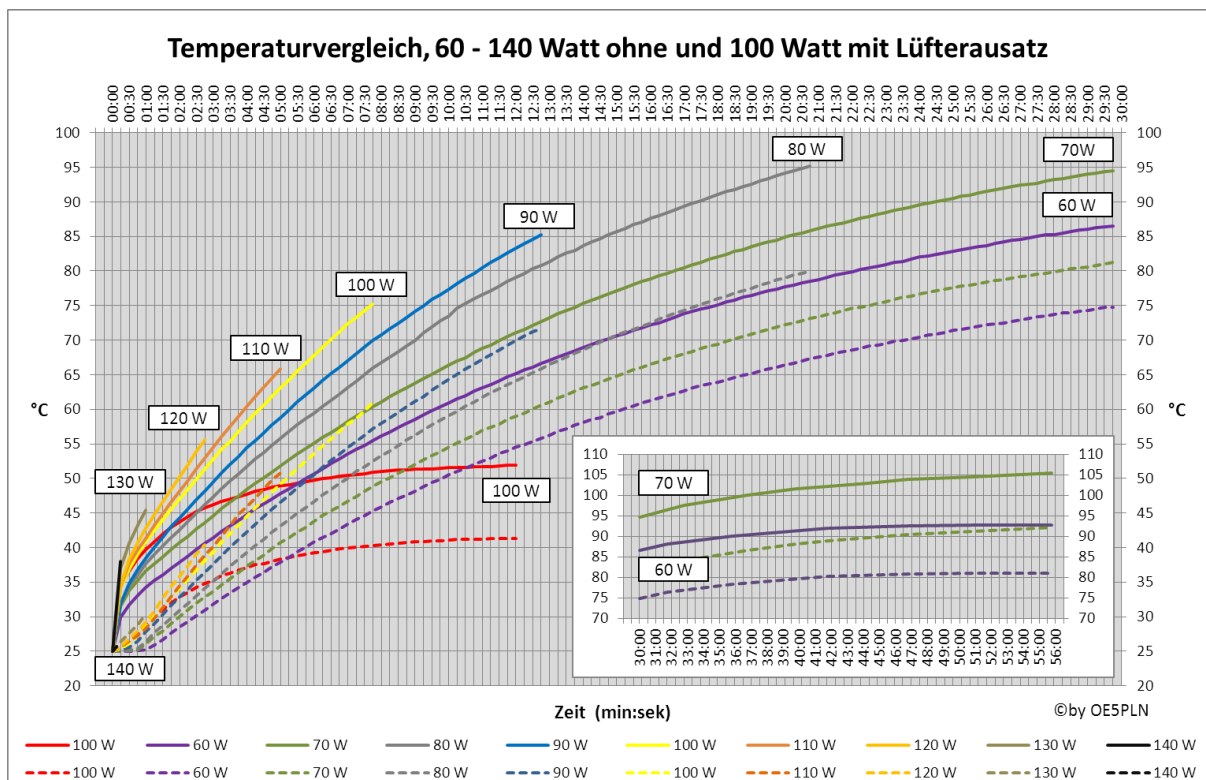


Abb.9: Diagramm Vergleichsmessung 2

Abb. 10 zeigt die Anpassung an 50 Ohm. Die obere Violette Linie dient als Referenz bei der der Generatorausgang direkt mit dem Detektor verbunden ist. In der Mitte die Messung in beiden Richtungen bei der Dummy Load, und die unterste orange Linie zeigt die Anpassung eines sehr guten Abschlusswiderstandes. Die Anpassung fällt mit der Frequenz von 33 dB im unteren Frequenzbereich bis 17 dB bei 175 Mhz, und kann als ausreichend gut beurteilt werden.

Abb. 11 zeigt die Durchgangsdämpfung, die mit ansteigender Frequenz nicht linear ist und bei der Leistungsmessung berücksichtigt werden muß.

Dummy Load

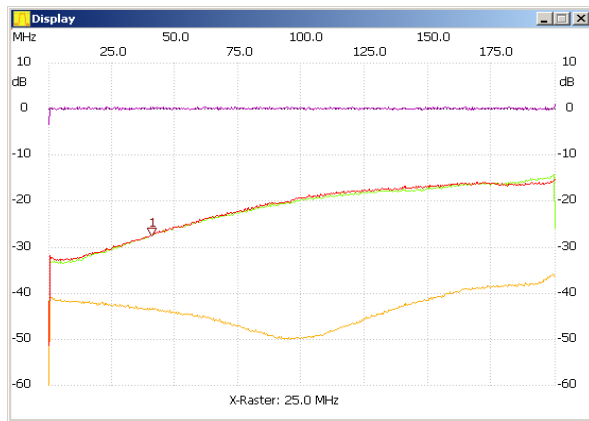


Abb. 10: Anpassung an 50 Ohm

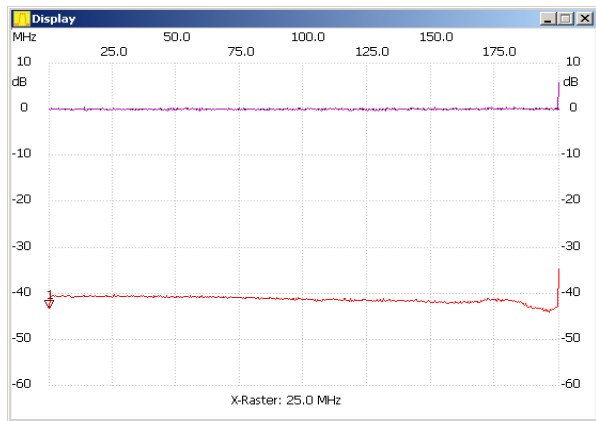


Abb. 11: Durchgangsdämpfung

Schlussbemerkungen

Hauptziel war es die Temperaturen am Kühlkörper zu verringern und die Einsatzzeit der Dummy Load zu verlängern, was eindrucksvoll gelungen ist. Die Case Temperatur wird besser abgeführt, weil der Temperaturunterschied zwischen Keramik Surface und dem Kühlkörper ansteigt. Ob die Lebenserwartung der Widerstände dadurch verlängert wird, darüber kann keine Aussage gemacht werden. Eine Veränderung an einem neuen Gerät kann zum Verlust der Gewährleistung führen und ist mit dem Hersteller abzuklären. Um die Funkgeräte zu schonen, ist bei allen Messungen ein Regeltrenntrafo mit Digitaler Anzeige für Strom, Spannung und Wirkleistung zum Einsatz gekommen. Ein Keithley 2000 Multimeter als zusätzliche Kontrolle der Spannung.

Auf [1] werden alle Unterlagen für dieses Projekt zum Download bereitgestellt.

Peter OE5PLN

Verweise

- [1] <http://www.oe5.oevsv.at/opencms/technik/werkstatt/>
- [2] <http://www.box73.de/catalog/>