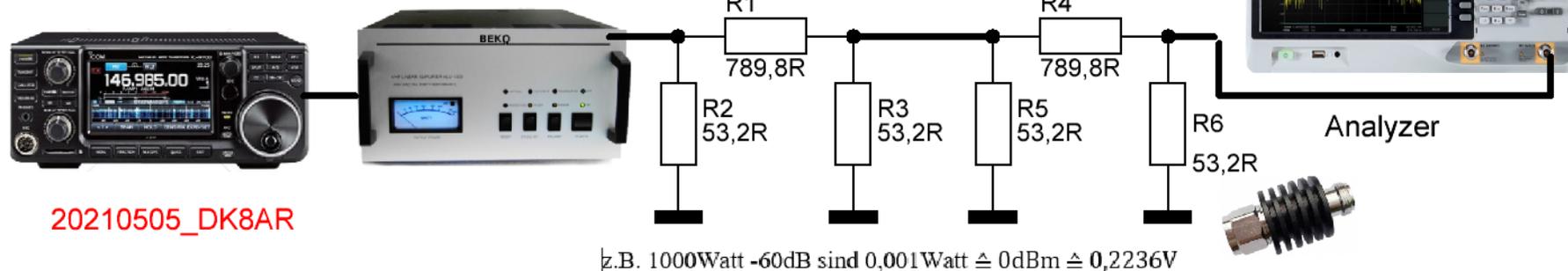


Vorstellung dreier Möglichkeiten der Leistungsmessung von einem CW/FM Träger aus einer 2Meter oder 70cm Station bis 750Watt (1kW)

Beschreibung von Messaufbauten zur Messung der Ausgangsleistung und dem Kompressionspunkt = (1dB mehr in den Eingang ergibt dann nur noch ½ dB Verstärkung am Ausgang) von Verstärkerstufen. Dazu möchte ich euch drei Messaufbauten zum Messen der Ausgangsleistung von FM/CW Träger zwecks Leistungsmessung vorstellen, um z.B. kurzzeitig oder auf „Dauer“ 1000Watt VHF und UHF Endstufen überprüfen zu können!

Aufbau zum Messen der FM/CW Ausgangsleistung eines 2 Meter oder 70cm Verstärkers < 1kW

errechnete Werte der Widerstände



20210505_DK8AR

Mit diesem Aufbau kann gefahrlos an der Ausgangsbuchse ein Analyzer, ein Powermeter Boonton 4200RF oder ein Millivoltmeter von R&S URV 4 zwecks Messung der Ausgangsspannung oder Leistung in dBm eingesetzt werden!

Endsprechende Leistungsdämpfungsglieder bis 400Watt und Peak Leistungen bis 1kW sind nicht ganz so einfach zu bekommen! Nicht alle vorgeschlagenen Messaufbauten sind für „Dauermessungen“ von 1000 Watt geeignet. Weiter unten beschreibe ich eine Messmöglichkeit für 2 Meter und 70cm durch Verwendung eines 34dB Richtkopplers, sowie eine Messmöglichkeit 1kW bis zu 10kW.

Bei kleineren **Kurzzeitleistungsmessungen und Signalanalysen < 200Watt** reicht im Allgemeinen das folgende Dämpfungsglied. Das erste Dämpfungsglied sollte dann mindestens **100Watt** Dauer vertragen, das zweite mindestens > 1 Watt Dauer ermöglichen!



BECEN 100 Watt 50 dB Feste Dämpfung N Typ - 100 W RF Fixed Attenuator
3Ghz

- Max. Eingangsleistung: 100 Watt, Dämpfung: 50 dB
- Frequenzbereich: DC bis 3,0 GHz, VSWR: $\leq 1,20$
- Anschluss: N-Stecker auf Buchse, Impedanz: 50 Ohm
- Temperaturbereich: -55°C bis $+125^{\circ}\text{C}$

Der Verfasser hat so ein Dämpfungsglied und ist begeistert!

Auch hier mal suchen, falls das die „Hobby Kasse“ erlaubt....

<https://www.pasternack.com/n-50-ohm-fixed-attenuators-category.aspx?pagenum=14>

<https://www.pasternack.com/n-50-ohm-fixed-attenuators-category.aspx?Filter1=0&Filter2=0&Filter3=2159>

Und für 1000Watt: <https://www.pasternack.com/n-50-ohm-fixed-attenuators-category.aspx?Filter1=0&Filter2=0&Filter3=2874>

Der Link für das abgebildete Dämpfungsglied ist meistens nur zeitlich begrenzt erreichbar (Stand20210708)!

https://www.amazon.de/D%C3%A4mpfungsglied-Anschluss-1-50-DB-k%C3%B6nnen-w%C3%A4hlen/dp/B07838ZHGH/ref=pd_rhf_se_p_img_1?encoding=UTF8&psc=1&refRID=PJ21YF6B6H29PH5RRMV7

Zur Erklärung bei einer Gesamtdämpfungseinrichtung des 1kW Signales von z.B. - 60dB bleiben $0,001\text{Watt} \triangleq 0\text{dBm} \triangleq 0,2236\text{V U}_{\text{eff}} \triangleq 107\text{dB}\mu\text{V U}_{\text{eff}}$ über! Diese Signalstärken sind bestens geeignet zur Messung mit typischen HF-Messgeräten, siehe die Zusammenhänge bei 60dB, 50dB oder 30dB Dämpfungsglieder.

Entsprechend dem jeweilig notwendigen erforderlichen Dämpfungsglied ist zum gefahrlosen, sinnvollen Messen eine Gesamtdämpfung von **60dB für 1KW**, **50dB für 100Watt** oder **30dB für 1Watt** Messungen vorzusehen, um die nachfolgenden Messgeräte nicht zu zerstören. Immer darauf achten, das erste nimmt anteilig die **Maximalleistung** auf, danach können die Dämpfungsglieder in ihrer Belastung (dBm/Watt) entsprechend deutlich kleiner beim Kaskadieren werden.

Nur so kann gefahrlos an der Ausgangsbuchse dieser Durchgangsdämpfungseinrichtung ein Spektrum Analyzer zwecks Signalbetrachtung, ein Powermeter bzw. ein HF-Millivoltmeter zur Messung der Ausgangsspannung oder Leistung in mV oder dBm eingesetzt werden! Bei einer Spektrum Analyzer Messung kann man noch einen Offset z.B. **60dB** bei einem 60dB Dämpfungsglied eingeben, danach die Einstellung der „Units“ dBm, Watts, dBmV, dBµV usw. jetzt wird der exakte Messwert nach der üblichen Messfrequenzeingabe rechts oben angezeigt und kann so direkt abgelesen werden in Watt oder dBm usw.!

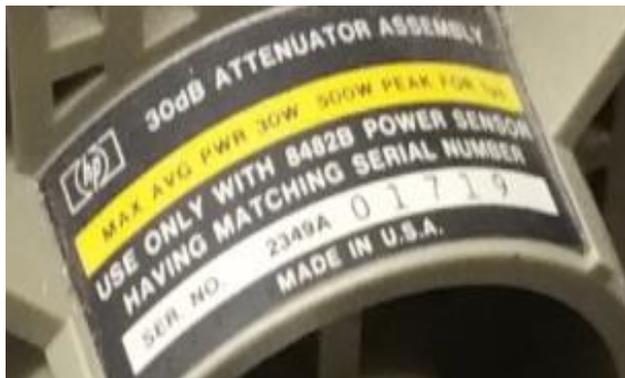
Schwierig wird es mit dem Durchgangsdämpfungsgliedern, 30dB@**400Watt Dauer** (4,2GHz) Farbe in Rot. Diese wurden von der Firma Spinner gebaut! Daher im Netz mal suchen gehen, ob ein ähnliches aufzutreiben ist! Die Leistungsdämpfung liegt bei denen 300 bis 400Watt **kurzzeitig** bei >1kW! Ein 30dB Abschwächer jedoch mit geringerer Leistung ist von HP abgebildet.

Nachfolgende 2 bis 10 Watt Dämpfungsglieder, 30dB entsprechend den Erfordernissen für den Messaufbaubedarf.

30 dB Abschwächer AVG 30 Watt 500W Peak

Keysight (Agilent/HP)
08482-60121

Attenuator 30 dB for use with
848xB series power sensors.



2 bis 15 Watt Dämpfungsglieder



Die zweite Leistungsmessvariante mit DUAL DIRECTIONAL COUPLERS

Ich gebe hier nur eine Empfehlung, denn es gibt reichlich Lieferanten, überwiegend leider nur in USA, von solchem Messzubehör. Also einfach mal suchen...

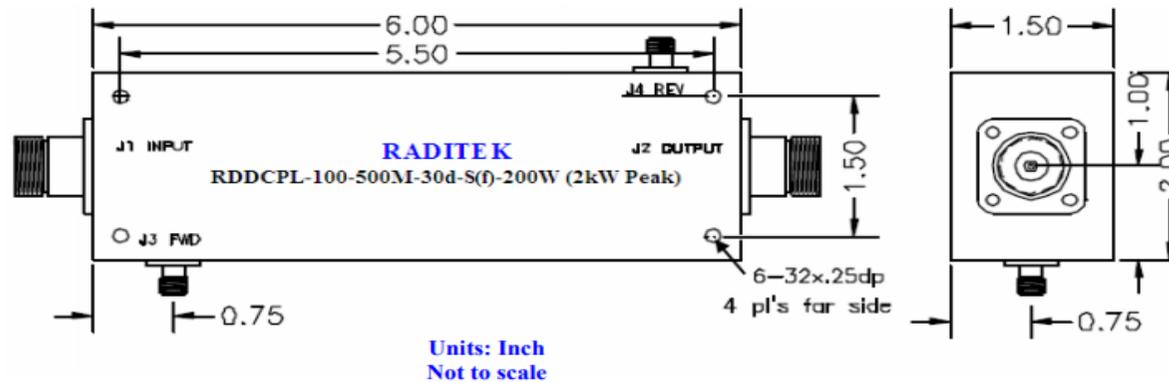
Dort wird man u.a. fündig oder **man informiert sich über die Daten:** <https://raditek.com/connectorized-dual-directional-couplers.html>
http://raditek.com/COUP_HYBRIDS/dual_directional_couplers/RDDCPL-100-500M-30d-S_f_-200W_2kW%20Peak_-g.pdf

Kurzbeschreibung mit Daten zum Messeinsatz für unsere Bereiche 144-146 und 430-440 MHz.

RADITEK INC.

Dual Directional Coupler, 100-500 MHz, 30dB Coupling
SMA or N-Type Female Connectors, 200 Watts, 2k Watt Peak

code-g



Order Examples: RDDCPL-100-500M-30d-S(f)-200W (1kW Peak)
Description: (Dual Directional Coupler, 100-500 MHz, 30dB Coupling, SMA Female Connectors, 200 Watts, 1kW Peak)

Die Daten von dem Richtkoppler für 100 bis 500MHz

Specifications		Units
Frequency:	100-500	MHz
Insertion Loss	0.25	dB (max)
VSWR	1.20:1	max
Coupling	30	dB
Directivity	20	dB
Coupled Flatness	0.5	dB (max)
Power (CW)	200	Watts
Power (PEAK)	2000	Watts
Connectors	N/SMA	

Deckt somit das 2 Meter- und 70cm Meterband ab

Coupling 30dB

Um auf - **60dB Messdämpfung@1kW** zu kommen, ist hier noch ein 30dB Durchgangsdämpfungsglied mit ca. 2 Watt erforderlich

Kurzzeitig (750W) für entsprechende Messungen

Es erklärt sich von selbst, dass für die zu messenden **Frequenzbereiche und Leistungen** natürlich die entsprechenden Übergänge, Stecker, Buchsen, Durchgangsdämpfungsglieder usw. in N-NORM auszuführen sind. Lediglich bei der Richtkoppler Lösung mit ihren Auskoppelzweigen reichen in diesem Fall (*-34 dB Auskoppeldämpfung*) SMA Steckverbindungen und Abschlusswiderstände (1Watt) aus.

Empfehlenswert für Leistungsmessungen < 1000 Watt sind **60dB** Durchgangsdämpfungsglieder die aus verschiedenen Kombinationen zusammengestellt werden können z.B. 40dB + 20dB Glieder oder 30dB + 30dB um auf eine erforderliche Gesamtdämpfung von 60dB Dämpfung zu kommen.

Warum? In einem 50Ω System sind 60dBm = 1kW und die Spannungen 224V U_{eff} das sind 632V U_{ss} entsprechend 167dBμV wenn solche Spannungen/Leistungen an den Eingang eines für HF Technik üblichen ausgelegten Messgerät angelegt werden, dann geht der Kram in Rauch und Asche auf. Daher ist eine ausreichende Kombination von Dämpfungsglieder erforderlich um z.B. auf folgende Messwerte bei Messung von 1kW HF zu kommen, wenn wir die oben genannten Werte bei 60dB Dämpfung zu Grunde legen: Leistung 0dBm = 1mW ergibt eine Spannung (50Ω System) von 224mV U_{eff} , 630 mV U_{ss} entsprechend 107dBμV. Mit diesen Spannungen und Leistungen gibt es keine Messprobleme. Bei einer Analyzer Messung kann man noch einen Offset von 60dB eingeben und die Spannungen und Leistungen direkt ablesen. Bei Messungen mit HF Mikrowattmetern oder HF Millivoltmeter müssen die 60dB Dämpfung auf den angezeigten Wert zuaddiert werden! Lediglich bei dem BIRD Wattmeter mit einem 1kW Einsatz sind diese Maßnahmen nicht erforderlich, das bedeutet man kann die angezeigte Leistung auf der Skala direkt ablesen.

Messung mit Richtkoppler

Aufbau zum Messen der FM/CW Ausgangsleistung oder Signalanalyse einer Endstufe in Verbindung mit Steuersender eines 2 Meter oder 70cm Verstärkers < 1kW



Mit diesem Aufbau kann gefahrlos an der Ausgangsbuchse ein Analyzer zur Signalanalyse, ein Powermeter Boonton 4200 oder ein Millivoltmeter von R&S URV 4 zwecks Messung der Ausgangsspannung oder Leistung in dBm eingesetzt werden!

Für den Abschlusswiderstand R1 kann für kurzzeitliche Messungen ein 200Watt Typ eingesetzt werden

R1 muss den Frequenzbereich bis 500MHz abdecken mit min. SWR von 1,2

Der Widerstand R1 sollte für eine Dauerbelastung von 200 bis 400 Watt ausgelegt und eine kurzzeitige Last von < 1kW, meistens um die < 15 Sekunden, ausreichend zum Messen und ermitteln der Maximalleistung im Stande sein.

Bei der Verwendung einer Antenne als „Abschluss“ gegenüber eines realen 50 Ω <1000Watt Widerstandes, ist unbedingt darauf zu achten, dass die verwendete Antenne auf für <1000Watt geeignet ist. Denn die meisten im Handel befindlichen 2Meter- oder 70cm Bandantennen haben nur eine Belastungsgrenze von 200Watt! Bei einer leistungsverträglichen Antenne ist die zeitliche Begrenzung nicht gegeben. Bitte aber darauf achten, ihr seid am Senden – also **Testansage** auf einer freien Frequenz von DX X XXX!

Oder die Leistung gleich einfach messen: An der Ausgangsbuchse der entsprechenden Endstufen

Bird[®] Modell 43 HF-Wattmeter - Der Industriestandard

Das 43 Wattmeter ist ein praxiserprobtes tragbares Einsteckinstrument, das entwickelt wurde, um sowohl die Vorwärts- als auch die reflektierte CW-Leistung in koaxialen Übertragungsleitungen unter allen Lastbedingungen zu messen. Mit einer Skalengenauigkeit von $\pm 5\%$ misst es die HF-Leistung mit geringem zusätzlichem VSWR und Einfügedämpfung. QC-Anschlüsse (Quick Change) und eine vollständige Palette von Steckelementen bieten eine große Auswahl an Frequenzbereichen und Leistungsstufen, die dem Modell 43 erstaunliche Flexibilität verleihen. Im Gehäuse können zwei zusätzliche Elemente verstaut werden, eines auf jeder Seite.

Eigenschaften

- Präzise CW-Feldleistungsmessung über 450 kHz bis 2,7 GHz und 100 mW bis 10 kW
- Verwendet branchenübliche Bird-Elemente mit Platz zum Aufbewahren von 2 weiteren im Zählergehäuse
- Robustes Metallgehäuse für anspruchsvollste Umgebungen
- Quick Change (QC)-Anschlüsse, um den Bedarf an Adaptern bei kritischen Messungen zu minimieren



Messgerät des
Verfassers

https://birdrf.com/en/Products/Test%20and%20Measurement/RF-Power-Meters/Wattmeters-Line-Sections/RF-Wattmeters/43_General-Purpose-Wattmeter.aspx

(Quelle: Bird Electronic Corporation)

Mit dieser Dokumentation habe ich versucht euch mehrere Möglichkeiten der **CW/FM Trägerleistungsmessung** vorzustellen. Die selbstverständlich nicht nur für das 2 Meter- sondern auch für das 70cm Band zutreffen und nicht nur da, entsprechend den Aufbauten und den eingesetzten Messgeräten gilt das für alle AFU Frequenzen.

Welchen Weg der „HF-Sach- und Fachinteressierte“ zur genauen Messung wählt ist ihm überlassen. Die Vorgestellten führen auf jeden Fall zu einem ziemlich genauen Ergebnis. Es müssen dazu alle Dämpfungsparameter der eingesetzten Messmittel bekannt sein, das ist keine Schwierigkeit. Diese Werte werden vorher Leistungslos mit VNA's für den zu messenden Frequenzbereich ermittelt, da reicht ein Nano VNA-H4 vollkommen aus. Oder geht von den aufgedruckten Daten des Messzubehörs aus.

Wer es nun genau wissen will, die Gründe können sehr unterschiedlich sein, wird sich mit absoluter Sicherheit nicht auf die Werte der allgemeinen „**AFU Powermeter**“ verlassen, zumal man nicht mal eben (750W) 1 bis 10kW (siehe Bird Wattmeter) auf 145MHz oder 435MHz messen kann. Dazu wie beschrieben, erfordert es den Einsatz von einem entsprechenden Leistungsabschlusswiderstandes oder aber eine geeignete Antenne, deren S11 Anpassung im Bereich von > 20dB (SWR <1,22) liegen sollte. Noch wichtiger ist, dass diese auch wie oben beschrieben die Leistung dauerhaft verkraften können muss!

Ein Problem wäre auch, AFU POWER/SWR Meter für **145/435MHz** für eine Dauerleistung von bis zu 1000Watt zu bekommen!

Das solche Messaufbauten und Messeinrichtungen einen entsprechenden Preis haben, erklärt sich natürlich von selbst.

Aber um genaue Messungen mit großen Leistungen jenseits 144MHz ohne Ausfall bis hin zum Totalschaden der meisten AFU Powermeter durchführen zu können, sollten die Aufbauten wie beschrieben sich lohnen. Übrigens so eine Messeinrichtung wäre sinnvoll stationär für einige OV Klubs!

Zum Schluss noch die Ermittlung des 1dB Kompressionspunkts einer Endstufe, nicht mit einem sogenannten Power Sweep! Sondern nach der Methode 1dB Eingangsleistungserhöhung ergeben 1dB Ausgangsleistungserhöhung und da wir mit einem Einzelsignal FM/CW arbeiten ist das noch einfacher. Wenn nun schon der Messaufbau insbesondere in Verbindung mit einem Spektrum Analysator vorhanden ist, sollte auf jeden Fall genau dieser Wert ermittelt werden, geht natürlich auch mit einem Powermeter. Also wenn sich eine Eingangsleistungserhöhung von 1 dB nur noch um ein ½ dB Verstärkung am Ausgang ändert, ist dieser Punkt gefunden. Die Ermittlung läuft recht gut durch die kontinuierliche Leistungszuführung aus den meisten Transceivern. Dieser Kompressionspunkt darf **niemals** im Sendebetrieb bei allen Modulationsarten überschritten werden. Denn bei Überschreitung steigen die Störprodukte überproportional an, bringen bei einigen Instrumenten u.U. einen trügerischen Wert nämlich der Entstehung durch Störprodukte entstandenen Summenspannungen, das bedeutet es sieht so aus, es kommt angeblich noch mehr Leistung heraus das

ist aber falsch. Daher besser, wer hat sollte den Spektrum Analyzer verwenden, den dort sieht man sofort die Entstehung dieses Prozesses.

Wie immer wünsche ich euch gutes Gelingen bei den Arbeiten, die sehr konzentriert durchgeführt werden sollten um irreparable Schäden an den D.U.T und Messgeräten zu vermeiden!!!

Natürlich ist diese Dokumentation wieder auf den entsprechenden Seiten abgelegt.

Diese Beschreibung ist entstanden durch Anregung von einem Funkamateurl aus dem Ortsverband Delmenhorst (I18)

73 DE HENRI DK8AR 20210708