

S-Meter (KW) Amateurfunkgeräte - Information zu Fehlbeurteilungen

Verfasst von: Basu (VU2NSB) am 21.Mai 2020.

S-Meter (KW) Amateurfunkgeräte - Mit weniger bekannte Fakten

Das S-Meter eines HF- Funktransceivers ist ein sehr wichtiges Instrument an der Anlage und wird von Funkamateuren während QSOs häufig zur Signalbeurteilung verwendet. Leider scheint die Genauigkeit seiner Kalibrierung für die kommerziellen Hersteller von Amateur- HF -Funkgeräten jedoch die niedrigste Priorität zu haben. Die Kalibrierung des S-Meters der meisten HF-Transceiver (einschließlich einiger renommierter Hersteller) ist, gelinde gesagt, absolut erschreckend.

Positiv ist jedoch auch anzumerken, dass einige der neueren und modernen High-End- Transceiver, die heutzutage erhältlich sind, stark auf SDR-Techniken beruhen und häufig in großem Umfang DSP verwenden, um verschiedene Empfänger-funktionen zu ersetzen, die traditionell mit analogen Schaltungen realisiert wurden. DSP-Funktionen bringen mehrere Vorteile mit sich, darunter eine weitaus genauere Implementierung der charakteristischen S-Meter-Antwort.

In diesem Artikel werden wir die Geheimnisse, Lügen und Wahrheiten hinter dem typischen S-Meter-Verhalten lüften und auch auf einige der häufig auftretenden Verwirrungen eingehen.

Aus Sicht von **HF- Amateurfunkern** sind die Auswirkungen des Vergleichs eines typischen, aber oft stark *fehl kalibrierten* S- Meters eines Funkempfängers mit einem Referenz-S- Meter der vielleicht größte Streitpunkt, der für Verwirrung sorgt. Viele Funker behaupten und widerlegen die vorherrschenden Grundrauschpegel auf den HF-Bändern, basierend auf ihren Beobachtungen am S-Meter.

Diese beobachteten Ausmaße des wahrgenommenen Rauschens variieren erheblich von Person zu Person. Natürlich sind die Abweichungen in der Berichterstattung zu erwarten, da jedes QTH (insbesondere in städtischen Gebieten) unterschiedlichen Umgebungsrauschpegeln (QRM) ausgesetzt ist.

Diese Grundrauschschwankungen beinhalten jedoch mehr als nur die mit einem QTH verbundenen QRM-Pegel. Jeder scheint einen weiteren wichtigen, aber nicht so offensichtlichen Faktor zu übersehen, den ich hier näher erläutern möchte.

Dieser Faktor manifestiert sich in den erheblichen Unterschieden in der S-Meter -Kalibrierung, die wir bei verschiedenen HF-Funkgeräten feststellen.

Die Variationen sind nicht spezifiziert und ihr Verhalten kann von Hersteller zu Hersteller und sogar von Modell zu Modell unterschiedlich sein.

S-Meter- Kalibrierungsstandards, wie von ITU/IARU genehmigt

Lassen Sie mich zunächst kategorisch die Grundregeln festlegen, damit unsere Messungen und Vergleiche den internationalen Normen der ITU/IARU entsprechen. Wie ich bereits erwähnt habe, verfügen einige der neuesten Modelle von Amateurfunk- Transceivern mit vollständiger SDR-Systemdesignarchitektur und 100-prozentiger DSP-Implementierung erfolgreich über gut kalibrierte S-Meter-Subsysteme. Man darf jedoch auch nicht vergessen, dass diese neuen Transceiver zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Artikels recht teuer und nicht weit verbreitet sind.

Die meisten der derzeit gängigen kommerziellen Amateurfunk- HF- Anlagen, darunter auch einige der weit verbreiteten Anlagen der letzten ein oder zwei Jahrzehnte, weisen leider einen sehr hohen Skalenfehler auf, und die Hersteller scheinen sich nicht darum zu kümmern. **Sie sind nur am S9- Punkt der Skala mit einer Signaleinspeisung von 50 Mikrovolt am Antennenanschluss kalibriert.**

Der Rest der S-Meter-Skala fällt aus Kalibrierungssicht völlig auseinander.

Dies ist bei allen gängigen Herstellern, einschließlich Icom, Kenwood, Yaesu usw. bei fast allen TXR- Modellen der Fall.

Diese S-Meter-Probleme bestehen weiterhin, in unterschiedlichem Ausmaß, selbst bei äußerst beliebten Geräten wie dem FT-991A, dem TS-590SG oder dem IC-7300 usw. ... *Leser mögen von dieser Enthüllung schockiert sein, aber leider ist es wahr.*

Bevor wir uns mit dem Ausmaß der S-Meter-Fehler bei kommerziell hergestellten Amateur-HF-Transceivern befassen, sollten wir zunächst die S-Meter-Standards verstehen.

International anerkannte Normen für S-Einheiten (KW) die von der IARU genehmigt wurden, sind wie folgt:

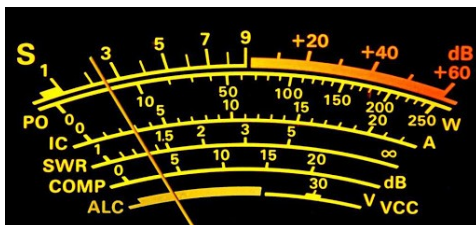
S-Meter Units vs Signal Strength @ Receiver Antenna (ITU/IARU Standard)					
S-Unit	Voltage (uV)		Power (dBm)		Power (dBW)
S9		50uV		-73dBm	-103dBW
S8		25uV		-79dBm	-109dBW
S7		12.5uV		-85dBm	-115dBW
S6		6.25uV		-91dBm	-121dBW
S5		3.12uV		-97dBm	-127dBW
S4		1.55uV		-103dBm	-133dBW
S3		0.78uV		-109dBm	-139dBW
S2		0.37uV		-115dBm	-145dBW
S1		0.19uV		-121dBm	-151dBW

Eine Tabelle mit dem von ITU/IARU übernommenen S-Unit- Kalibrierungsstandards. Die Tabelle dient als Referenz für die Korrelation von S- Units mit der HF- Spannung am Antennenanschluss oder mit der dBm- bzw. dBW- Leistungsreferenz.

Die entsprechenden Signalleistungspegel in dBm oder dBW sind selbsterklärend. Die Signalspannungsäquivalente in Mikrovolt stammen von einer Signalquelle mit 50 Ohm Impedanz, die in die Antenneneingänge des TXR mit einer entsprechenden Lastimpedanz von 50 Ohm eingespeist wird.

Vor diesem Hintergrund ist S9 auf 50µV festgelegt, während jedes S- Einheitsintervall auf 6 dB festgelegt ist.

S-Meter-Kalibrierung – Fakten und Mythen



Ein typisches Multifunktionsmessgerät, das in Funkgeräten oder Transceivern zu finden ist. Die oberste Skala ist traditionell immer die S-Meter-Skala. Beachten Sie den logarithmischen Charakter der S-Meter-Skala.

Betrachten wir einen typischen Amateurfunk- Transceiver mit analogem oder hybridem Design und teilweiser SDR/DSP- Implementierung zur Abdeckung einiger Funktionen. Fast alle dieser HF-Transceiver für den Amateurfunkbereich verfügen in der Regel über ein recht unzulängliches S- Meter- System.

Dies liegt an den Einschränkungen einiger günstigerer Technologien und den simplen Methoden, die die Hersteller zur Implementierung des S-Meter-Teils der Schaltung verwenden.

Schließlich hat die S-Meter-Kalibrierung aus ihrer Sicht möglicherweise keine so hohe Priorität und wird daher aus Kostengründen Kompromisse eingegangen.

Die Hersteller sind sich dessen bewusst, argumentieren aber, dass praktische S-Meter nicht als Messgeräte für absolute Werte gedacht sind.

Sie sollen lediglich relative Signalpegel anzeigen.

Gut, ich akzeptiere ihren Standpunkt. Daher müssen auch wir als Nutzer diese Einschränkung akzeptieren und sollten nicht versuchen, das S- Meter für Zwecke zu verwenden, für die es nicht vorgesehen ist.

Wir dürfen beispielsweise nicht versuchen, Bandrauschpegel anhand der S-Meter-Messwerte einer HF- Anlage zu korrelieren und diese dann mit den tatsächlich vorherrschenden Pegeln zu vergleichen, die mit professionellen Test- und Messgeräten gemessen und validiert werden könnten.

Es wäre ziemlich unfair, von einem durchschnittlichen Amateurfunk- Transceiver zu erwarten, dass er diesen Standards gerecht wird.

Neben Messinstrumenten in Laborqualität lassen sich auch mit Kommunikations- empfangern relativ präzise Signal-/Rauschpegelmessungen durchführen.

Dabei handelt es sich jedoch um professionelle Empfänger, die recht teuer sind und nicht in die Kategorie der Amateurfunkanlagen fallen.

Wie groß ist der S-Meter-Kalibrierungsfehler bei typischen Amateurfunk-HF-Anlagen?

Ich würde sagen, ziemlich groß. Weiter unten in diesem Artikel werde ich Benchmark-Messergebnisse für mehrere reale HF- Transceiver präsentieren und untersuchen, warum es so schwierig ist, ein besseres und zuverlässigeres S-Meter zu entwickeln.

Bevor wir fortfahren, fassen wir kurz das typische Verhalten dieser realen S- Meter zusammen.

- Die meisten S- Meter sind auf dem S9- Niveau ziemlich genau, auf dieses Niveau werden sie im Werk kalibriert.
- Oberhalb von S9 und unterhalb von S9 nimmt der Fehler bei zunehmend größerer Abweichung zu.
- Normalerweise sind die Werte zwischen S6 und S9 einigermaßen akzeptabel, die meisten fallen jedoch unter S5 oder S6 aus.
- Das S-Meter der meisten Anlagen fällt unterhalb des S4- Niveaus aus, nur wenige überleben bis S3. In beiden Fällen ist der Fehler trotz messbarer Abweichung enorm, und normalerweise zeigt das Messgerät den tatsächlichen S4- Wert S1 an.
- Bei manchen Transceivern reicht die untere Grenze des S- Meters nur bis S5, wo es ausklingt und S1 anzeigt.

S-Meter-Einschränkungen basierend auf der Hardware der Transceiver

Die Frage ist: Warum ist das so? Wie bereits erwähnt, liegt es an den Methoden zur Implementierung des S- Meters.

Ohne auf eine detaillierte und komplexe Beschreibung des S- Meter-Designs und des Verhaltens von Halbleiterverstärkerschaltungen mit variabler Verstärkung einzugehen, möchte ich nur einige wichtige Punkte erwähnen, um diesen Artikel nicht zu vervollständigen.

1) Bei den meisten SSB- Transceivern wird das S-Meter aus der vom AGC- Schaltkreis erzeugten Fehlerkorrekturspannung abgeleitet.

Der AGC- Schaltkreis besteht aus mehreren kaskadierten Stufen vorspannungsgesteuerter ZF- Verstärkerstufen mit variabler Verstärkung.

2) Der AGC- Schaltkreis ist eine negative Rückkopplungsschleife, die die kollektive ZF- Verstärkerverstärkung automatisch reduziert oder erhöht, um an seinem Ausgang einen einigermaßen konstanten Pegel zu erzeugen. Die von einem analogen Pegelkomparator erzeugte Steuerspannung wird an den ZF- Verstärker zurückgeführt, um dessen Verstärkung zu regeln.

3) Die oben genannte Fehlersteuerspannung wird abgetastet und verarbeitet, um einen S-Meter-Ausschlag zu erzeugen.

Dies ist möglich, weil die Stärke des HF- Eingangssignals des Empfängers bestimmt, in welchem Ausmaß die ZF - AGC- Verstärkung reduziert oder erhöht werden muss. Die Rückkopplungssteuerspannung spiegelt also die Signalstärke wider.

4) So weit, so gut, doch wir stehen vor einem praktischen Problem.

Das Verhältnis von Steuerspannung zu Verstärkung ist bei Halbleiterverstärkern weder linear noch logarithmisch und folgt auch keiner quadratischen oder inversen quadratischen Gesetzmäßigkeit.

Über ein kleines Steuersegment kann eine Annäherung gemacht werden, aber wenn wir einen Dynamikbereich von 50 dB oder mehr abdecken müssen, dann haben wir dieses Problem.

Einige der Halbleiterbauelemente, darunter Bipolartransistoren oder Feldeffekttransistoren (JFET und MOSFET), folgen oft einer Polynomfunktion *n*ter Ordnung. Daher wird es praktisch unmöglich, eine S-Meter-Kalibrierung über einen großen Dynamikbereich aufrechtzuerhalten.

5) Erschwerend kommt hinzu, dass die meisten HF-Anlagen nicht über einen ausreichend großen Dynamikbereich mit Verstärkungsüberschuss verfügen. Ziemlich oft öffnet die AGC den ZF- Verstärker auf maximale Verstärkung bei etwa S3-S4 (~1 µV).

Daher gibt es keine weitere Änderung der Korrekturspannung und der S-Meter-Wert solcher Anlagen pendelt sich bei S1 ein, obwohl der tatsächlich vorherrschende Pegel S3-S4 sein könnte.

6) Schließlich ist die *Bias-to-Gain-Funktion* von Transistoren stark temperaturabhängig und daher wird der S- Meter-Wert unter dem S5-S6- Pegel (dem eingengten Teil der Halbleiterverstärkungskurve) noch ungenauer.

Die nächste logische Frage wäre nun: Kann man gegen die oben genannten Probleme etwas tun? Ist es möglich, ein gutes S- Meter zu haben?

Natürlich ist es möglich. Professionelle Kommunikationsgeräte und die Messtechnikbranche machen das auch. Wir messen Pegel routinemäßig mit einer Genauigkeit von besser als 0,5–1 dB. Das würde einer S-Einheit von 1/10 entsprechen.

Wir verwenden Techniken wie die Digitalisierung des HF- Frontends oder analoge Berechnungstechniken, um ZF- Stufen mit definitiven mathematischen Übertragungsfunktionen zu implementieren, mit denen sich Verstärkungs-/Regelbeziehungen definieren lassen.

Aber das ist eine andere Geschichte, vielleicht für ein anderes Mal.

Ergebnisse des S-Meter-Verhaltenstests und seine Auswirkungen

Konzentrieren wir uns wieder auf das Kernthema dieses Artikels.

Ich präsentiere Ihnen nun die Testergebnisse der S- Meter- Kalibrierungs- Genauigkeits- Messungen, die ich über einen bestimmten Zeitraum an mehreren Amateur- HF- Transceivern durchgeführt habe.

Zum Einsatz kamen hochwertige und gut kalibrierte professionelle Messinstrumente in einer temperaturgeregelten Laborumgebung.

Jedes verwendete Instrument verfügte über ein gültiges Kalibrierungszertifikat, das nicht älter als 60 Tage war.

Eine Zusammenfassung der S-Meter-Testergebnisse finden Sie in der beigefügten Grafiktabelle. Kurz gesagt, die grundlegenden Erkenntnisse sind wie folgt:

1) Erwartungsgemäß waren alle Geräte auf S9- Niveau ziemlich gut kalibriert.

2) Über S9 schwankte die Genauigkeit stark mit zunehmendem Fehler. Nicht lesbare Werte sind mit (x) markiert.

3) Nach unten hin hielten die meisten Geräte bis S7- Niveau gut durch. Unter S7 nahm die Fehlergröße stark zu.

Das S6- Niveau war für subjektive Vergleiche gerade noch akzeptabel, taugte jedoch nicht für quantitative Messungen.

4) Das Signal bei S5 läutete für alle Geräte die *Totenglocke*, unabhängig von Kosten oder Komplexität.

5) S3 oder S4 waren der *Friedhof* für alle getesteten Geräte, die den S1- Tiefpunkt anzeigten.

6) Kein Signal unter S3/S4 konnte eines der S-Meter auch nur marginal anzeigen, die S- Meter blieben bei S1 tot.

Ich konnte mir kein Elecraft-K3 leisten, das wäre mein Traumgerät.

Ich würde gerne sehen, wie es sich verhält...

Ich wünschte, ich hätte eines davon, das wäre ein wahr gewordener Traum.

Aber das wird nicht passieren, es sei denn, jemand schenkt mir ein K3 mit Pan-Adapter.

S-Meter Calibration Test Summary of popular HF transceivers Conducted on laboratory test bench using R&S SMA100A Signal Generator, HP/Agilent Coax Attenuator HP8491A & HP11708A and Tektronix VNA (s9=50uV=-73dBm, s1=0.2uV=-121dBm -6dB/S-unit) Measurements conducted @ 25 degC ambient after 60 mins warmup												
IARU Standard	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	+20	+40	+60
IC-746Pro	x	x	x	x	S1	S2	S2.9	S5	S9+6	+31	+46	x
IC-756ProII	x	x	x	S1	S1.6	S3.8	S5.6	S7.9	S9	+20	+41	+59
IC-706	x	x	S1	S2.2	S5	S5.7	S6.8	S8.1	S8.9	+8	+18	+36
IC-718	x	x	x	x	S1	S3.4	S6.8	S7.4	S8.5	+17	+32	+45
IC-735	x	x	x	x	S1	S3	S4.1	S7.2	S8.7	+25	+39	+59
IC-765	x	x	x	S1	S2	S4.9	S5.9	S8.1	S9+2	+19	+39	x
TS-440	x	x	S1.4	S1.9	S2.8	S4	S5.5	S7.7	S9	+16	+33	+48
TS-830	x	x	x	S1	S1.6	S4	S5.5	S7.8	S8.9	+15	+30	x
TS-590SG	x	x	S1	S1.4	S1.8	S4.6	S6.8	S8.3	S9	+22	+45	x
TS-990S	x	x	S1	S1.5	S2	S4.5	S6.7	S8.1	S9	+23	+42	+60
TS-2000	x	x	x	S1	S1.5	S4.1	S6.8	S8.2	S9+2	+24	+46	x
FT-891	x	x	x	S1	S2.2	S4.2	S5.9	S7.4	S9	+21	+40	+57
FT-920	x	x	x	S1	S1.8	S4.2	S6.4	S7.6	S9+1	+23	+46	x
FT-991A	x	x	x	S1	S2	S4.5	S6.8	S8.2	S9+4	+25	+47	x
IC-7300	x	x	x	x	S1	S2.8	S5.1	S7.6	S9+1	+19	+38	+54

Presented by Basu VU2NSB

Das Ergebnis des S- Meter- Kalibrierungs- Genauigkeitstests, der an einer zufällig ausgewählten Auswahl gängiger Amateurfunkgeräte verschiedener Marken und Modelle durchgeführt wurde.

Fast alle Geräte zeigten eine ziemlich große Abweichung von den erwarteten Ergebnissen !

Abschließend möchten wir diesen Artikel mit den Einschränkungen eines typischen Amateur- HF- Gerät -S- Meters abschließen.

Wir verwenden es als relative Referenz für die Signale, die wir auf den Bändern hören. Wir sollten es nicht als Messinstrument verwenden.

Lassen wir uns nicht von den niedrigen Grundrauschpegeln des S-Meters, insbesondere auf den oberen Bändern, täuschen und glauben, das HF-

Bandrauschen sei gering. *Die Aussagen in diesem Artikel sind keine Unbekannten.*

Alle Hersteller von HF- Funkanlagen sind sich dieser Einschränkungen bewusst !

Auch wir Funkamateure müssen sie verstehen und akzeptieren.