

Grundlagenartikel

# Messung von FM-Geräten

Ulrich Graf, DK4SX;  
Hans-Hellmuth Cuno, DL2CH

Dieser Artikel soll die Grundlage für künftige Messungen an FM-Geräten sein. Er zeigt, wie und unter welchen Bedingungen wir messen werden.

Die Vorschriften zur Ermittlung der charakteristischen Daten professioneller FM-Geräte gemäß FTZ, ZZF oder CEPT haben sich immer wieder geändert. Man kann also darüber streiten, ob ganz aktuelle CEPT-Messbestimmungen oder einfachere, ältere ZZF-Verfahren unseren Messungen zu Grunde gelegt werden sollen. Manche Messungen wurden dem aktuellen technischen Trend angepasst, andere zum Vorteil automatischer Messprozeduren der industriellen Produktion angenähert.

## Ein Vorschlag, kein Gesetz

Hier wird ein **Vorschlag** gemacht, wie solche Messverfahren für unsere Testberichte aussehen könnten. Diese sollten möglichst einfach und verständlich sein, deshalb wurde bewusst auf Ballast verzichtet. Eine Zweisender-Methode zur Bestimmung des Intermodulationsabstands ist z. B. einfacher als die Dreisender-Methode nach CEPT; der Einsatz hochverstärkender moderner ICs in der Empfänger-ZF macht die Messung der Begrenzer-Eigenschaften überflüssig, und die Bestimmung der Gleichkanalunterdrückung bewertet nur Demodulator-Parameter, die für den Funkamateure von untergeordneter Bedeutung sind.

Die Zahl professioneller FM-Netze ist in den letzten Jahren zu Gunsten digitaler Kommunikation stark zurückgegangen. Vor diesem Hintergrund spielt die Aktualität und professionelle Kompatibilität unserer Messverfahren nur eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist, dass die Verfahren eine technische Eigenschaft korrekt erfassen und sich die Ergebnisse vergleichen lassen.

## Messungen der Empfängerdaten

Die Betriebsart FM wird – außer im 10-m-Relais- und Direktbetrieb – nur auf Frequenzen oberhalb 30 MHz eingesetzt. Alle FM-Geräte für diese Bereiche nutzen grundsätzlich zur Erzielung geringer Rauschmaße einen HF-Vorverstärker. Dieser lässt sich meist nicht abschalten. Daher werden alle Empfängerdaten im VHF/UHF-Bereich mit aktiviertem Vorverstärker gemessen. Ein eventuell vorhandener Signalabschwächer bleibt ausgeschaltet.

Der NF-Frequenzgang wird – sofern möglich – auf „breit“ gestellt, Peakfilter oder Tonblenden bleiben deaktiviert bzw. in Mittelstellung. In der kommerziellen FM-Sprechfunktechnik wird die NF üblicherweise mit einem so genannten psophometrischen Filter nach CCITT bewertet. Dies ist ein Filter, das die Empfindlichkeitskurve des menschlichen Ohrs nachbildet und dessen Frequenzgang bei der Messung der linearen NF-Wiedergabe überlagert wird. Da die Funkamateure aber nicht nur Sprachkommunikation, sondern ebenso häufig Datenübertragung betreiben, werden wir ohne psophometrische Gewichtung messen.

Die meisten modernen FM-Geräte arbeiten auf der Sendeseite mit einer Preemphasis, einer linearen Anhebung der Höhen des Modulationssignals. Diese Anhebung wird auf der Empfangsseite durch eine so genannte Deemphasis – einer Höhenabsenkung – wieder kompensiert. Technisch gesehen entspricht diese Übertragungsart der Phasenmodulation. Die empfängerseitige Deemphasis hat aber Auswirkungen auf die Messergebnisse: Wird mit einem Generatorsignal gemessen, das FM-moduliert ist, wirkt die Deemphasis wie eine „Beschneidung“ der effektiven NF-Bandbreite, was im Mittel zu etwa 6 dB besseren Empfindlichkeitswerten im Vergleich zu einem „echten“ FM-Empfänger führt. Einen solchen Effekt hat übrigens auch das CCITT-Filter; man muss beim Vergleich mit anderen Testergebnissen aufpassen, welche Messanordnung verwendet wurde. In unseren Testserien werden wir immer identische Messverfahren anwenden, um die Geräteparameter vergleichen zu können.

Prinzipiell unterscheidet sich FM stark von einer „linearen“ Modulation wie AM oder SSB. Ein ansteigendes Nutzsignal erscheint nicht kontinuierlich aus dem Rauschen heraus, sondern „sprungartig“ erst nach Überwinden der „FM-Schwelle“. Deshalb ist es auch nicht möglich, einen Rauschflur für FM-Geräte anzugeben. Dadurch entfällt die Referenz zur Bestimmung der Stör-Dynamikbereiche. Zur eindeutigen Bestimmung der Empfindlichkeit wird jetzt nur das Rauschmaß und die Spannung an 50 Ω angegeben. Als Referenz für die Großsignalfestigkeit muss jetzt ein festzulegender Signalpegel dienen. Dieser beträgt in der professionellen Technik 1 µV an 50 Ω (-107 dBm) im 2-m-Band bzw. 2 µV (-101 dBm) im 70-cm-Band. Die hochempfindlichen Amateurgeräte müssen aber, um Übersteuerung zu vermeiden, evtl. mit einer

niedrigeren Referenz gemessen werden (z. B. 0,5 µV [-113 dBm] in beiden Bereichen). Aus dem gemessenen Intermodulationsabstand wird zu Vergleichszwecken der Eingangssinterzeptpunkt dritter Ordnung errechnet. Dieser ist – wenn man's richtig gemacht hat! – unabhängig vom verwendeten Referenzpegel.

Zur Unterdrückung von Spiegelsignalen sind VHF-/UHF-Geräte immer mit einer Vorselektion ausgestattet. Diese ist üblicherweise so ausgeprägt, dass sich Summensignale aus tiefer liegenden Frequenzbereichen kaum störend bemerkbar machen. Deshalb kann auf die Messung der Intermodulationsprodukte zweiter Ordnung verzichtet werden.

Der FM-Empfänger wertet die Phasenlage des Nutzsignals aus und kappt dessen Amplitude durch Begrenzung. Er muss daher auch nicht (amplituden-) geregelt werden, weshalb die Messung des Regelumfangs entfällt.

## E1 Messung des Rauschmaßes (Bild E1)

Signalgenerator und Rauschgenerator werden über einen Signalsummierer an den Empfängereingang angeschlossen. Das NF-Signal am Ausgang wird z. B. am Lautspre-

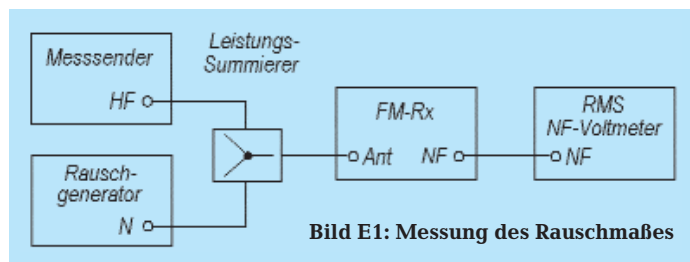


Bild E1: Messung des Rauschmaßes

cher abgegriffen und einem echt effektiv bewertenden (RMS-) Millivoltmeter zugeführt. Dann wird der Pegel des Signalgenerators so weit erhöht, bis die FM-Schwelle überwunden ist und ein lineares Verhältnis von HF-Signal am Eingang und Signal-Störabstand (SNR) am Ausgang erreicht ist [etwa bei 10...15 dB [(S + N)/N]]. Nun wird der Rauschgenerator so weit aufgedreht, bis sich eine Zunahme des NF-Rauschpegels um 3 dB ergibt. Der Rauschgenerator zeigt dann das Rauschmaß in dB an. Selbstverständlich muss zuvor die Dämpfung von Verbindungskabeln und Leistungssummierer subtrahiert werden.

## E2 Messung der Empfindlichkeit (Bild E2)

Der Signalgenerator wird direkt an den Empfänger-Eingang angeschlossen. Der

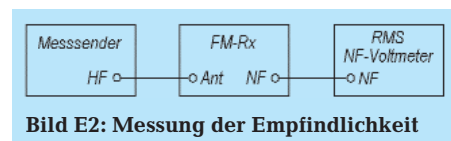


Bild E2: Messung der Empfindlichkeit

Ausgangspegel soll etwa an der Empfindlichkeitsgrenze liegen (z. B. 0,2 µV). Er wird mit 1 kHz FM moduliert.

Der einzustellende Hub richtet sich nach dem Kanalaraster: Der Spitzenhub beträgt immer ein Fünftel des Kanalarasters, der

Nennhub davon 60 %. Bei einem Kanalraster von 25 kHz beträgt der Spitzenhub somit 5 kHz, und als Nennhub ist 3 kHz am Generator einzustellen. Die meisten FM-Geräte lassen sich zwar auf ein Kanalraster von 12,5 kHz oder eine noch kleinere Frequenz-Schrittweite einstellen, das ZF-Quarzfilter ist aber überwiegend nicht für das 12,5-kHz-Raster bemessen, sondern weist, um nicht zu viel Systemverlust oder Klirren bei Hubüberschreitung zu zeigen, eine deutlich größere Bandbreite auf. Es obliegt hier dem Tester, entweder einen dem Filter angepassten Hub einzustellen (s. Bandbreitemessung E3: Filterbandbreite = 3 × Spitzenhub üblich), oder konsequent mit 12,5-kHz-Raster-Werten zu arbeiten (2,5 kHz Spitzenhub, 1,5 kHz Nennhub). So ergeben sich immer die schlechtesten Empfindlichkeitswerte. Im Zweifelsfall sollten Werte für Messergebnisse gemäß 25-kHz- und 12,5-kHz-Raster angegeben werden.

Der Empfänger NF-Pegel mit moduliertem Generator wird notiert, dann die Modulation am Generator abgeschaltet. Nun ist der Generator HF-Pegel so weit zu korrigieren, dass sich am NF-Voltmeter ein genau um 12 dB/20 dB geringerer Wert einstellt. Zur Kontrolle die Modulation nochmals an- und abschalten. Die Generator-Ausgangsspannung entspricht dann dem Empfindlichkeitswert in  $\mu\text{V}$  an 50  $\Omega$  für 12 dB bzw. 20 dB Signal-Störabstand  $[(S + N)/N]$ .

Mit einem SINAD-Meter kann der Messvorgang automatisch ablaufen. Dabei werden Signal (Signal, S), Rauschen (Noise, N) und zusätzlich die Verzerrungen (Distortion, D) im Demodulator und NF-Pfad bewertet  $[(S + N + D)/(N + D)]$ . Bei klirrarmer Signal-Verarbeitung im Empfänger müssen dieselben Werte wie oben heraus kommen.

### E3 Bandbreite und Filter-Formfaktor

Aufbau wie E1. Messsender auf Nennfrequenz einstellen und Pegel von „0“ aus so lange erhöhen, bis der NF-Pegel am Empfänger Ausgang um 10 dB zurückgeht. Dann HF-Pegel um 6 dB erhöhen. Mess-Senderfrequenz so weit verstimmen, bis die Rauschunterdrückung wieder den obigen Wert erreicht. Die Differenz der oberen und unteren Frequenzeinstellung ergibt die -6-dB-Bandbreite. Auf gleiche Weise kann die „reale“ -60-dB-Bandbreite ermittelt werden. Sie beinhaltet alle auf die Selektion wirkenden Einflüsse wie Seitenbandrauschen des Überlagerers, dessen nahebei liegende Nebenlinien oder mangelnde Weitabselektion durch unzulängliches Platinenlayout. Der Quotient aus -60 dB und -6 dB Bandbreite ist der Shape- oder Form-Faktor des Quarzfilters.

Die im professionellen Bereich angewendete Messung der dynamischen Nachbarkanal-Selektion würde im Amateurfunk nur dann Sinn machen, wenn alle FM-Geräte für ein bestimmtes Kanalraster ausgelegt und mit Filtern derselben Bandbreite bestückt wären sowie mit gleichem Spitzenhub betrieben würden. Da dies aber nicht zutrifft, beschränken wir uns auf die

Messung der Bandbreite und des Filter-Formfaktors zur Beurteilung der Nahselektion, obwohl dies nicht ganz so aussagekräftig ist.

### E4 S-Meter

#### (Bild E4, Beispiel)

Da FM-Geräte keine ZF-AGC benötigen, gibt es kein Kriterium, von dem eine Feldstärke proportionale Anzeige abgeleitet werden könnte. Dieses muss erst schaltungstechnisch erzeugt und bereitgestellt werden. Der Anzeigeumfang der üblichen Display-Balkenanzeigen beträgt vielfach nicht mehr als 20 dB. Das gibt nicht mal „Schätzzeilen“-Werte. Welche Feldstärken welcher Anzeige entsprechen, wird durch Einspeisen eines Generatorsignals einstellbarer Amplitude ermittelt und im bereits bekannten oder einem modifizierten Analog-/Balken-Diagramm dargestellt. Im VHF-/UHF-Bereich ist der S9-Pegel auf 5  $\mu\text{V}$  Eingangsspannung an 50  $\Omega$  festgelegt.

### E5 Intermodulationsabstand und Interzeptpunkt (Bild E5)

Ein Generatorsignal mit dem wie oben vordefinierten Pegel von beispielsweise -113 dBm ist in den Empfängereingang einzuspeisen und der NF-Signalpegel festzu-

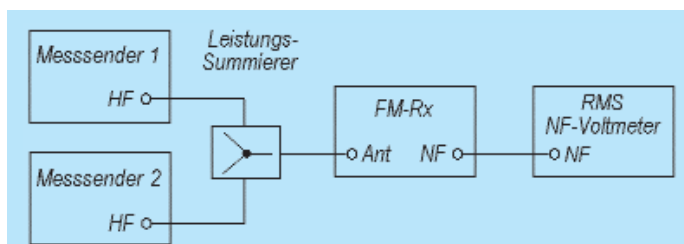


Bild E5: Intermodulationsabstand und Interzeptpunkt

stellen. Dann werden zwei Generatoren über einen Leistungssummierer verbunden und das Summensignal in den Empfänger gespeist. Nennpegel der Generatoren ist -113 dBm zuzüglich Dämpfung der Verbindungskabel und des Summierers. Nun werden die Generatoren auf die Frequenzablagen von  $\pm 50$  kHz/100 kHz zur Empfangsfrequenz eingestellt und anschließend die Pegel beider Generatoren gleichzeitig so weit erhöht, bis das jeweilige Intermodulationsprodukt einen Pegel erreicht, der dem Eingangssignal von -113 dBm entspricht. Die Differenz zwischen diesem Generatorpegel und dem vorherigen Nennpegel ist der Intermodulationsabstand. Aus dem Intermodulationsabstand IMA errechnet sich der Interzeptpunkt dritter Ordnung IPE3:  $IPE3 = (1,5 \times IMA + \text{Referenzpegel}) \text{ dBm}$  hier:  $IPE3 = (1,5 \times IMA - 113) \text{ dBm}$

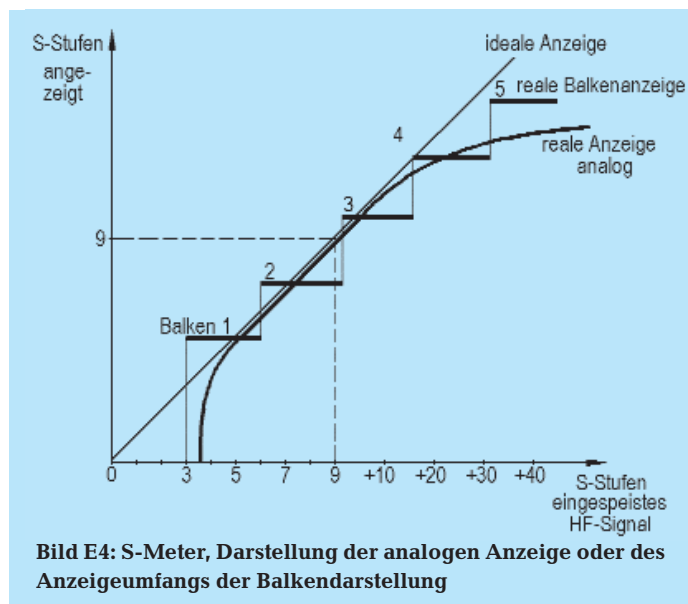


Bild E4: S-Meter, Darstellung der analogen Anzeige oder des Anzeigeumfangs der Balkendarstellung

### E6 Blocking und „Zustopfen“

Aufbau wie E5. Erst wird mit einem Generator ein Nutzsinal von 1  $\mu\text{V}$  (-107 dBm) in den Empfänger gespeist und der NF-Pegel notiert. Dann werden beide Generatoren über einen Leistungssummierer zusammen an den Empfänger gelegt und wechselseitig auf dasselbe SNR eingestellt. Generator 1 stellt jetzt das Nutzsinal auf dem Empfangskanal dar, Generator 2 einen starken Störer mit entsprechender Frequenzablage. Generator 2 auf eine Ablage von  $\pm 50$  kHz,  $\pm 200$  kHz, evtl.  $\pm 1$  MHz einstellen. Pegel dieses Generators so weit erhöhen, bis sich entweder das SNR des Nutzsignals um 6 dB verringert oder der NF-Pegel um 3 dB zurück geht. Die Differenz dieses Pegels zu -107 dBm (1  $\mu\text{V}$ ) ist der Blocking-Abstand.

Der Blocking-Abstand des FM-Rx wird im Wesentlichen vom Seitenbandrauschen des Überlagerers-Oszillators und der Weitabselektion des

ZF-Filters beeinflusst.

In der professionellen Technik wird der Blocking-Abstand auf ein Nutzsinal von 2  $\mu\text{V}/50 \Omega$  bezogen. Die empfindlichen Amateurgeräte erreichen ein vergleichbares SNR aber bei deutlich geringeren HF-Pegeln. Deshalb beziehen wir uns auch hier auf ein um 6 dB geringeres Nutzsinal. Die Messwerte weichen daher von denjenigen der Profitechnik ab; zum Vergleich messen wir aber bei allen Amateur-Geräten so.

### E7 Nebenempfang (Spiegel, ZF)

Aufbau wie Empfindlichkeit, E1: Generator auf der Nutzfrequenz auf einen Pegel von -113 dBm einstellen und Empfänger NF-Pegel notieren. Jetzt Generatorfrequenz auf die Spiegelfrequenz ( $f_E - 2 \times f_{ZF1}$ ) abstimmen und Pegel so weit erhöhen, bis sich ein identischer NF-Pegel einstellt. Auf der ZF-Fre-

quenz ebenso verfahren. Die Differenz des jeweiligen Generatorpegels zu  $-113$  dBm ist die Spiegel-/ZF-Unterdrückung. Auch bei dieser Messung bezieht man sich üblicherweise auf  $1 \mu\text{V}$  ( $-107$  dBm), nicht auf  $-113$  dBm. Bei einem so hohen Referenzpegel wäre aber mit empfindlichen Amateurgeräten u.U. eher eine Verfälschung der Messung durch Blocking-Effekte zu verzeichnen.

### E8 Ansprechschwelle Rauschsperr

Aufbau wie E1: Generator mit dem Empfänger-Eingang verbinden und HF-Pegel auf der Empfangsfrequenz so lange erhöhen, bis die Rauschsperr öffnet; Pegel als Ansprechschwelle notieren. Pegel zurückdrehen, bis der Squelch wieder das Rauschen sperrt. Auch diesen Pegel notieren. Die Pegeldifferenz ist die Squelch-Hysterese. Die Funktionstauglichkeit der Rauschsperr kann durch Messung mit moduliertem und unmoduliertem Signal und mit verschiedenen Hubeinstellungen herausgefunden werden. Ebenfalls lassen sich die Ansprechschwelle verschiedener Squelch-Einstellungen ermitteln.

### E9 Maximale NF-Ausgangsleistung und Klirrfaktor

Signal vom Generator mit  $50 \mu\text{V}/50 \Omega$  und  $1$  kHz FM und Nennhub in den Empfänger einspeisen. NF ganz aufdrehen und Leistung ermitteln. NF auf  $1$  W (Mobil-/Stations-Geräte) bzw.  $0,1$  W (Handfunkgeräte) reduzieren und Klirrfaktor ermitteln.

### E10 NF-Frequenzgang (Bild E10)

Aufbau wie E9: Modulationsfrequenz des Generators bei konstantem Nennhub von  $0...6$  kHz variieren und NF-Frequenzgang aufnehmen. Für FM soll dieser von  $300$  Hz... $3$  kHz reichen bei max.  $3$  dB Abfall an den Bandgrenzen.  $6$  kHz sollen bereits  $20$  dB unterdrückt sein. Referenzpegel ist die Spannung bei  $1$  kHz Modulationsfrequenz und Nennhub.

Hier kann die Deemphasis oder ein linearer FM-Frequenzgang beurteilt werden. Geräte mit Deemphasis sind bei der Empfindlichkeitsmessung mit FM-moduliertem Generator-Signal etwa  $6$  dB empfindlicher. Wird ein FM-modulierter Sender (ohne Pre-emphasis) mit einem Empfänger mit Deemphasis empfangen, klingt die wiedergegebene NF dumpf.

### E10 Stromaufnahme

Aufbau wie E9: Stromaufnahme messen bei maximaler und ganz zurück gedrehter NF. Spannung so lange verringern, bis Rx-Grundfunktion noch erhalten bleibt.

## Messung der Senderdaten

FM-Sender werden im Oberstrich betrieben; zur Erzielung eines guten Wirkungsgrads meist im C-Betrieb. Eine Leistungsstufe im C-Betrieb kann nicht ohne elektronischen Aufwand kontinuierlich in der Leistung herunter geregelt werden. Im

Gegensatz zu den Multimode-Geräten, die für SSB einen Linearsender benötigen und daher auch die Leistung in FM in weiten Grenzen verändern können (hier ist nur auf gute Kühlung bei max. Dauerleistung zu achten!), kann bei reinen FM-Geräten die Ausgangsleistung nur in optimierten groben Abstufungen eingestellt werden. Die Leistungsmessung kann also nur die maximale Leistung prüfen und die vorgegebene, stufenweise Verringerung.

### S1 Senderleistung (Bild S1)

Leistungsmesser an Senderausgang anschließen. Durchgangsleistungsmesser mit

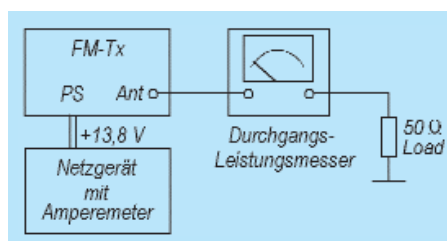


Bild S1: Leistung und Stromaufnahme

präzisem  $50\text{-}\Omega$ -Lastwiderstand abschließen. Sender in den vorgegebenen Stufen tasten und Leistungswerte notieren.

### S2 Stromaufnahme

Aufbau wie S1: Stromaufnahme in den einzelnen Leistungsstufen ermitteln. Minimalspannung ( $13,8$  V  $-20\%$   $\approx 11$  V) einstellen, maximale Sendeleistung ermitteln.

### S3 Verhalten bei Fehlanpassung (Bild S3)

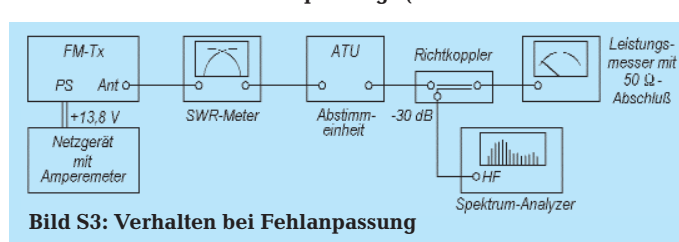


Bild S3: Verhalten bei Fehlanpassung

### S3)

Sowohl bei Fahrzeugen mit stark bewegter und mechanisch beanspruchter Antenne als auch bei Handfunkgeräten mit durch den Körper beeinflusstem Nahfeld sind an die Stabilität des Senders bei Fehlanpassung hohe Anforderungen zu stellen.

Senderausgang über ein SWR-Messgerät und eine Abstimmereinheit mit Leistungsmesser und entkoppelt dazu geschaltetem Spektrum-Analysator verbinden. Sender tasten und mit der Abstimmereinheit ein SWR von  $1...5$  durch ohmsche, kapazitive oder in-

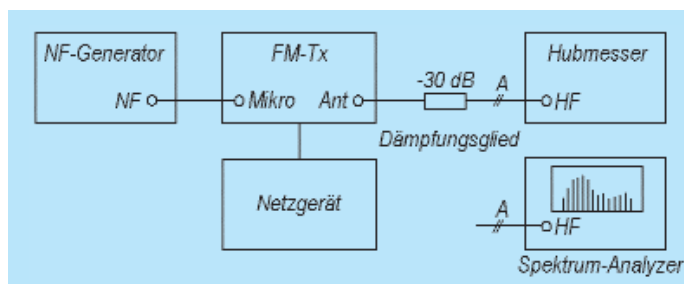


Bild S4: Nennhub, Spitzenhub und Hubbegrenzung

duktive Belastung simulieren. Leistungsreduzierung und eventuelle Schwingneigung aufnehmen.

### S4 Nennhub, Spitzenhub und Hubbegrenzung (Bild S4)

In FM ist der Sendehub und damit die Empfänger NF-Lautstärke direkt proportional zur Mikrofon-Eingangsspannung. Um keine Störungen in Nachbarkanälen hervor zu rufen, muss der Hub jedoch auf einen maximal zulässigen Wert begrenzt werden. Dies ist der Spitzenhub; er entspricht – bei korrekter Einstellung – einem Fünftel des Kanalabstands. Wird der Hub nicht ordentlich begrenzt, entstehen auf der Empfangsseite starke Verzerrungen. Manche Relaisstellen blockieren solche Hub-„Krokodile“. Moderne FM-Geräte besitzen jedoch überwiegend eine effiziente Hubbegrenzung.

NF-Generator an den Mikrofoneingang des Geräts anschließen. Antennenausgang über ein Leistungsdämpfungsglied (!) mit einem Hubmesser verbinden; Sender tasten und NF-Generator Pegel so weit anheben, bis Hubbegrenzung eintritt; Wert als Spitzenhub notieren. Dieser Wert sollte, wenn Sender und Empfänger richtig aufeinander abgestimmt sind, etwa einem Drittel der in E3 ermittelten  $-6$ -dB-Bandbreite entsprechen. Hub um den Faktor  $0,6$  verringern. Dies ist

der Nennhub. Wert notieren und Klirrfaktor messen.

Aus Gründen der Kompatibilität sollten Spitzenhub und Nennhub ebenso wie die Bandbreite in das Normraster eingeord-

net werden. Wenn der Spitzenhub beispielsweise mit  $4,5$  kHz gemessen wurde, kann man davon ausgehen, dass es sich um ein Gerät für das  $25$ -kHz-Raster handelt. Dann muss der Nennhub  $3$  kHz betragen. Eventuelle Abweichungen vom Spitzenhub sind anzugeben; der Klirrfaktor sollte jedoch bei Nennhub gemessen werden (Tabelle S4).

Vom Nennhub ausgehend NF-Generator-Pegel um  $20$  dB erhöhen (Spannung  $\times 10$ ). Wird der Spitzenhub nicht überschritten,

Kanalraster = Kanalabstand	Bandbreite Rx-ZF-Filter	Spitzenhub	Nennhub
25 kHz	15 kHz	5 kHz	3 kHz
20 kHz	12 kHz	4 kHz	2,4 kHz
12,5 kHz	7,5 kHz	2,5 kHz	1,5 kHz

Tabelle S4: Spitzenhub und Nennhub



funktioniert die Hubbegrenzung. Bei vielen Geräten wird direkt die Abstimmspannung der Sende-PLL moduliert. Da die Abstimmteilheit des VCO jedoch über der Frequenz unterschiedlich sein kann, sollte der Nennhub/Spitzenhub auf Bandmitte und an den jeweiligen Bandenden kontrolliert werden. Auch die Hubeinstellung eines Ruftons prüfen.

## S5 Modulations-Frequenzgang

Aufbau wie S3: Sender auf Bandmitte mit Nennhub modulieren und Modulationsfrequenz von 0 Hz...6 kHz variieren. Frequenzgang am Hubmesser aufnehmen. Preemphasis und Deemphasis müssen einen Frequenzgangs-Anstieg/-Abfall von jeweils 6 dB/Oktave aufweisen. Bei allen Messungen dient der Pegel mit 1 kHz Modulationsfrequenz und Nennhub als Referenz. Von diesem ausgehend, dürfen die 300 Hz bzw. 3 kHz Punkte jeweils um 3 dB abweichen und zwar sowohl bei FM und geradem Frequenzgang als auch bei Pre- und Deemphasis mit linear ansteigendem bzw. abfallendem Frequenzgang.

## S6 Nachbarkanalleistung

Die Spektrallinien des mit 1 kHz und Nennhub modulierten Sendesignals müssen innerhalb eines Fensters mit der maximalen Breite des Kanalabstands (12,5 kHz/25 kHz) liegen. Außerhalb dürfen sie nur eine Maximalamplitude von -70 dBc oder -37 dBm erreichen.

## S7 Senderspektrum (Oberwellen und Nebenwellen)

Sender über ein Leistungsdämpfungsglied mit dem Spektrum Analyzer verbinden. Sender tasten und Spektrum um den Nutzträger (trägernahe Nebenwellen aus dem Synthesizer) und bis mindestens zur fünften Oberwelle aufnehmen.

## S8 Einschwingverhalten bei Sendertastung

Bei der Sendertastung entsteht auf der Versorgungsleitung ein Stromsprung. Dieser führt zu einem kurzfristigem Einbruch der Versorgungsspannung. Der Spannungseinbruch hat zur Folge, dass der Synthesizer neu einschwingen muss. Weiterhin benötigt auch der Sender einige Millisekunden, um seine Soll-Leistung zu erreichen. In diesem Messpunkt wollen wir die Einschwingzeit ermitteln, die der Sender benötigt, um seine Sollfrequenz und Nennausgangsleistung zu

Empfänger		
10 dB	2 dB	Rauschmaß
-	+	
-10 dBm	+5 dBm	Interzeptpunkt 3.Ordnung
-	+	
80 dB	110 dB	Blockingabstand
-	+	
Sender		
-50 dBc	-70 dBc	Nebenausstrahlungen
-	+	

erreichen.

## Praxistest

Im Praxistest soll die Tauglichkeit eines Geräts an der Antenne – im Gegensatz zum Laborbetrieb – getestet werden. Dazu gehört der – natürlich immer subjektive – Eindruck des Testers.

## P1 Ergonomie des Gerätes

- selbsterklärende, intuitive Bedienung
- wenig wichtige Bedienelemente und Funktionen
- Bewertung des Bedienhandbuchs, Anschaulichkeit der Kurzbeschreibung
- Aussagekraft und Lesbarkeit (Blickwinkel) der Anzeigen
- Menütiefe (Tastenbelegung/Mehrfachbelegung)

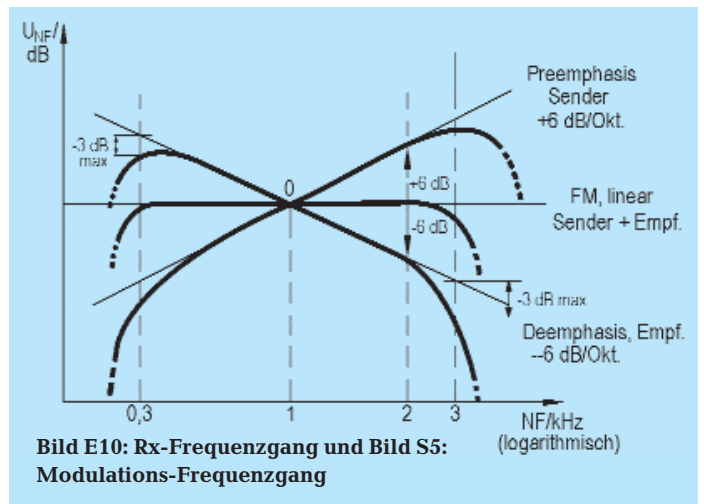
## P2 Empfänger in der Praxis

- NF-Wiedergabequalität
- Selektivität
- Empfindlichkeit
- Funktion der Rauschsperrung bei z. B. sehr stark modulierten Signalen
- Intermodulationsfestigkeit im Stadtbetrieb

## P3 Sender in der Praxis

## Absaugen mit Kühlschrank, Feuerlöscher und Wettersonde

Vor Jahren erwarb ich auf einem Amateurfunkflohmarkt einen Entlötkolben mit Vakuumpumpe. Von Anfang an ärgerte mich die geringe Saugleistung und die Lautstärke der Vakuumpumpe. Zur gleichen Zeit musste ich unseren betagten Kühlschrank entsorgen und konnte kurz vorm Abtransport noch den Kompressor ausbauen. Nun, was drückt sollte eigentlich auch saugen. Ein Test ergab, dass dieser Kompressor leicht einen Unterdruck von mehr als 0,5 bar erzeugen konnte. Ein weiterer Test direkt am Entlötkolben zeigte jedoch, dass der Aufbau des Unterdrucks zu lange dauerte und der Luftdurchsatz zu gering war. Ein Unterdruckspeicher musste her. Just im Moment traf ich einen OM, der mit der Entsorgung von nicht mehr zugelassenen Feuerlöschern beauftragt war. Er war glücklich, nun einen weniger entsorgen zu müssen. Nachdem ich auf den Flansch des Feuerlöschers etwas „Sanitärinstallation“ zum Anschluss der erforderlichen Schläuche montiert hatte, fehlte mir nun noch ein Unterdruckschalter für etwa 0,5 bar. Alle Recherchen im örtlichen Fachhandel verlie-



- Wärmeentwicklung bei max. Leistung
- Verhalten bei Fehlanpassung
- Lärmpegel des Lüfters
- Geschwindigkeit der Sende-Empfangsumschaltung für PR-Betrieb

## P4 Diverses

- Anzahl/Typ der Antennenanschlüsse
- Scan-Modi
- Anzahl der Speicher (Möglichkeit für Namensgebung)
- DTMF/CTCSS
- Anschluss, benötigte Software und Treiber für Packet Radio, APRS, SSTV,...
- Bedienmöglichkeit für Sehbehinderte

## P5 Zubehör

- Mobilhalterung
- Sprachspeicher

fen negativ. Es waren nur Überdruckschalter zu bekommen, die sich auch nicht modifizieren ließen. Beim Durchstöbern meines Elektroniklagers fiel mir eine Wettersonde in die Hand. Aus der baute ich die Druckmessdose aus, durchbohrte ihren Flansch und schraubte sie auf meine „Sanitärinstallation“. Auf der Gegenseite der Dose platzierte ich einen Mikroschalter, und schon war der Unterdruckschalter zum Steuern des Kompressors fertig.

Meinen komfortablen Fußtaster wollte ich natürlich beibehalten. Also musste in den Schlauch zum Lötkolben noch ein Magnetventil. Solche hatte ich bereits vor längerer Zeit aus medizinischen Geräten auf dem Schrottplatz erbeutet. Nach dem Zusammenbau der große Test: Alles funktionierte zur vollsten Zufriedenheit. Bei längeren Entlötarbeiten hört man nun ab und zu ein sanftes Brummen unter dem Werkstisch, und die Saugleistung ist erstklassig.

Später beim Bau eines Platinenbelichtungsgerätes für doppelseitige Platinen habe ich meine Unterdruckanlage um einen Anschluss erweitert und kann dadurch die Belichtungsfolien an die Platine ansaugen, was eine professionelle Randschärfe ergibt.

Armin Gräwe DF1QE