

12,5 kHz-Raster

FM-Relais optimiert (1)

Matthias Fehr, DL4MF

Die Einführung des 12,5-kHz-Rasters für FM-Relaisfunkstellen ist durch die IARU beschlossene Sache. Diesem Beschluß können wir uns kaum entziehen, zumal Deutschland durch die Vergabe einer ganzen Reihe von „X-Kanälen“ schon vor geraumer Zeit aktiv wurde. Daher halte ich es für angeraten, daß wir diesen Beschluß aktiv aufgreifen und umsetzen.

Die Vor- und Nachteile von mehr Kanälen in einem kleineren Raster haben wir in der Praxis bereits anschaulich erleben können, zum einen werden Gleichkanalstörungen beseitigt, zum anderen entstehen nun Nachbarkanalstörungen.

Während Punkt 1 in der Praxis zu erheblicher Entspannung geführt hat, belegt Punkt 2 die Notwendigkeit technischer Verbesserungen, insbesondere der Begrenzung der maximalen Modulationsparameter. Die dabei befürchtete drastische Reduzierung der Reichweiten der betroffenen Relaisfunkstellen, konnte durch Praxisversuche jedoch nicht bestätigt werden.

aufbereitung erlauben interessante Ansätze für kreatives Entwickeln und Erproben.

Beispielsweise kann man durch die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen an wichtigen Stufen eines FM-Relais deutliche Verbesserungen erzielen. Eine so modifizierte Relaisfunkstelle für das 12,5-kHz-Raster wird einer im 25-kHz-Raster subjektiv nicht nachstehen.

Ich möchte anregen, daß wir uns gemeinsam die Möglichkeit einräumen, die Beschlüsse der IARU so umzusetzen, daß für unser Hobby möglichst interessante Freiräume für kreatives Handeln entstehen. Gleichzeitig bezwecke ich, das vorhandene Erfahrungspotential unserer Relaisstellenbetreiber und -nutzer zu einer konstruktiv – kritischen Diskussion und Weiterentwicklung meiner Vorschläge zu motivieren.

Betrachten wir nun das Blockschaltbild einer vorstellbaren Zusatzbaugruppe und erörtern die daraus folgenden Modifikationen für die einzelnen Baugruppen (Bild).

Modifikation des Empfängers

Mit einem engeren Frequenzraster reduziert sich natürlich auch der Sicherheitsabstand zum Nachbarkanal. Da sich alle Änderungen aber zunächst auf die Relaisstelle beschränken – die meisten User werden erst mit erheblicher Verzögerung verbesserte Technik einsetzen – muß die Frequenzgenauigkeit des Empfängerhauptoszillators erheblich verbessert werden. Die Temperaturstabilität für Basisstationen sollte nun kleiner –5 ppm sein. Hierzu können unter anderen Stabilisierungs-

Frequenz kann mit erträglichen Qualitätseinschränkungen auf einer der beiden Filterflanken gefunkt werden.

Die Verringerung der Filterbandbreite führt dazu, daß OM mit übergroßem FM-Hub lebhaft darauf aufmerksam gemacht werden. Bis zu einem FM-Hub von etwa 3,5 kHz sind keine Qualitätseinbußen hörbar.

Es liegt scheinbar auf der Hand, daß der Empfängerdiskriminator verändert werden muß. Zu beachten ist jedoch, daß der durchschnittliche FM-Hub der Nutzer sich erst über einen längeren Zeitraum reduziert. Von Bedeutung ist jedoch, daß man für Stationen mit geringerem FM-Hub eine wirksame Impulsbegrenzung vorsieht.

Die Squelchschaltung darf auf keinen Fall das Rauschen in den NF-Frequenzbereichen um 12,5 kHz oder 25 kHz auswerten, da dort Interferenzen mit den Nachbarkanälen auftreten. Empfohlen wird ein Bandpaß für die Frequenzen 16...21 kHz.

Zusatzfunktionen in der Rx-NF-Aufbereitung

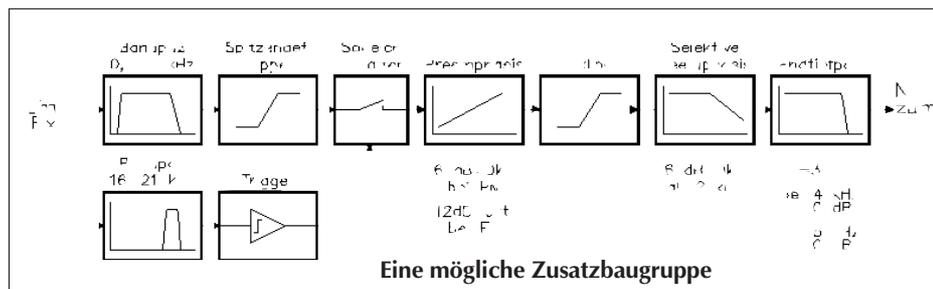
Der subjektive Lautstärkeindruck der zu übertragenden Sprache wird nicht, wie zunächst zu vermuten ist, vom maximalen, sondern vom mittleren Modulationsgrad eines Senders bestimmt. Durch eine geeignete, adaptive Anhebung kann die mittlere „Lautstärke“ eines Senders dauernd in der Nähe der höchstzulässigen Spitzenmodulation gehalten werden. Dadurch steigt die Übertragungsgüte erheblich.

Die notwendige Vorarbeit für eine derartig verbesserte Sprachaufbereitung sollte bereits in der Empfängerbaugruppe realisiert werden. Der Signalverlauf nach dem Demodulator sollte also folgendermaßen aussehen:

Ein Bandpaß engt die Bandbreite des NF-Signals auf 300 Hz bis 3 kHz ein, um störende Frequenzanteile zu unterdrücken.

Einen ganz entscheidenden Beitrag leistet ein „spitzengeführter Clipper“. Sein Grundprinzip ist die Bewertung der Breite von Sprach- oder Impulsspitzen. Liegt die Impulsbreite unter einer geeigneten Bemessungsgrenze (bei Sprachspitzen von Konsonanten oder Störimpulsen), so werden diese Impulse durch Begrenzung abgeschnitten. Ist die Impulsbreite größer (bei Vokalen oder Tönen), dann wird ein Regelkriterium gebildet. Dieses reduziert die Signalamplitude so, daß der nachgeschaltete Senderclipper nur wenig und konstant angesteuert wird. (Ein Klirrfaktor von weniger als 5 % ist in der Praxis trotz Clippen realisierbar!) Die damit bewirkte automatische Verstärkungsregelung sorgt für einen konstant kräftigen Lautstärkeindruck. Gleichzeitig handelt es sich beim vorgeschlagenen Schaltungsprinzip um einen sehr wirksamen adaptiven Störungsbegrenzer, da kurze Störimpulse einfach „abgeschnitten“ werden.

Der Squelchschalter ist hinter dem Meßfühler des „spitzengeführter Clippers“ anzuschalten und schaltet natürlich ohne Klickgeräusche. Das Signal hinter dem Squelchschalter hat nun eine nahezu konstante Am-



Ich möchte hier beschreiben, wie man eine FM-Relaisfunkstelle für das 12,5 kHz-Raster optimieren kann, so daß die Auswirkungen der geringeren Kanalbreite gemindert und die Relaisnutzer behutsam zu einer verbesserten Qualität der Aussendung gedrängt werden.

Die Grundlage dafür ist die Theorie der Frequenzmodulation – keine Angst es folgen keine „Gleichungsbänderwürmer“. Die Theorie legt das Verhältnis von zulässigem Hub und maximaler Modulationsfrequenz eindeutig fest. Diese Regeln sind von grundsätzlicher Bedeutung, und es bedarf kaum einer erneuten Diskussion. Aber eine frequenzselektive Gewichtung der technischen Parameter zueinander und eine verbesserte Sprach-

konzepte aus der 23-cm-Linktechnik verwendet werden, sogenannte „geheizte“ Quarze. Die –6-dB-Bandbreite der ersten Zwischenfrequenz muß nach Austausch des Quarzfilters bei rund 10 kHz (–5 kHz zur Mittenfrequenz) liegen. Die Filter in der zweiten ZF werden im Originalzustand belassen. Dadurch werden eine Reihe von positiven Effekten bewirkt:

Die Reduktion der Empfängerbandbreite vermindert durch erhöhte Trennschärfe das Übersprechen aus dem Nachbarkanal erheblich. Die bewußt größer gehaltene (im Vergleich zu kommerziellen 12F3-Specs) Bandbreite und die in der ersten ZF eher „runden“ Filterflanken erlauben die Kompatibilität zu älteren Funkgeräten im 5-kHz-Raster. Je nach

plitude, einen geringeren Klirrfaktor und innerhalb des Sprachbandes fast keinen Frequenzgang.

Maßnahmen an Sender und Ablaufsteuerung

Eine Preemphasis hebt die hohen Frequenzanteile des Signals an und muß an den jeweiligen Modulatortyp des Senders angepaßt werden. Bei Frequenzmodulation ist die Anhebung 6 dB/Oktave, bei Frequenzmodulation 12 dB/Oktave.

Der Endclipper ist für die Vermeidung jeglicher Übermodulation des Senders verantwortlich. Sein Eingangspegel soll so einge-

stellt werden, daß das Sprachsignal um maximal 3 dB geclippt wird. Das hält den Klirrfaktor in jedem Fall unter 5 %.

Eine „selektive Deemphasis“, realisiert durch einen Tiefpaß erster Ordnung, wird ab 1,5...2 kHz aktiv und hebt die Wirkung der Sender-Preemphasis teilweise auf. Es werden die Verzerrungen des Endclippers reduziert, und das nachgeschaltete Sprachfilter wird entlastet. Die Erfahrung zeigt, daß so leichter ein steiler Abfall des Signalspektrums außerhalb des Nutzkanales erreicht werden kann. Der Endtiefpaß – also das Sprachfilter – begrenzt die Bandbreite des Signalgemisches hart ab 3 kHz. Bei 4 kHz soll er mindestens 20 dB, bei 5 kHz mindestens 60 dB ab-

schwächen und damit die Einhaltung der maximalen Sender-Signalbandbreite sicherstellen. (Dieser steile Abfall ist erforderlich, da auf der Userseite noch für längere Zeit „zu breite“ Empfänger verwendet werden)

Der Sender-Modulator wird so angesteuert, daß keinesfalls mehr als -3 kHz FM-Hub erzeugt werden.

Rufzeichengeber und Tonrufauswerter sollen für einen Nennhub von -1,6 kHz ausgelegt werden.

Das Ausgangssignal des Rufzeichengebers muß Sinusform haben und vor dem Sprachfilter eingekoppelt werden.

(Dieser Beitrag wird mit einer Besprechung der Komponenten und Schaltungsdetails fortgesetzt.)

ICOM HF-Transceiver

Pactor, Amtor und RTTY mit 500-Hz-Filter

Der Wunsch nach mehr Selektivität beim Betrieb mit Pactor und Amtor kam auf, nachdem ich die Verbesserung mit den entsprechenden 500 Hz-Filter im Kenwood TS-50 bestätigen konnte.

Ich beschaffte mir also den 500 Hz-Filter FL-100, der zu verschiedenen Modellen der ICOM HF-Transceiver paßt. Nach dem Einbau stellte ich fest, daß noch zwei Hindernisse zu überwinden waren:

Zum Ersten ist in der Programmlogik des Transceivers die Benutzung des Narrow-Filter in SSB nicht vorgesehen, zum zweiten hat der Filter ein Audio-Passband von ca. 2300–2800 Hz. Damit liegen die Modemtöne von 1200/1400 Hz oder 2300/2100 Hz neben dem Durchlaß.

Schema der Main Unit IC-725 rechter Teil oben: über eine Diode und einen Schalter muß dem Q24 Emitter die 7,1 V des Emitters Q25 zugeführt werden. Zudem muß die bestehende Zuleitung zu Q24 (CW-N: 7,2 V; SSB, CW: 1,4 V) mit einer Diode gegen Rückspeisung geschützt werden. Auf der Platine (Unterseite des Gerätes) ist die Ausführung der Änderung dadurch erleichtert, daß man die entsprechenden Leitungen in Form von Drahtbrücken vorfindet, bezeichnet mit W62 zu Emitter Q25 und W60 zu Emitter Q24. Als Schalter kann einer in der Rückwand des Chassis eingebaut werden oder aber, wie ich es mit etwas mehr Aufwand machte, das für den Attenuator verwendete Relais RL1 umfunktioniert werden. Dank dessen kann ich nun in SSB den Filter von der Frontseite mit der Attenuator-Taste zu- und abschalten. Den Attenuator habe ich sowieso nie benutzt, es bleiben immer noch zwei Empfindlichkeitsstufen: mit oder ohne Vorverstärker.

Das PTC-2 bietet die Möglichkeit, Mark- und Space-Töne selbst zu definieren. Entsprechend Hinweisen von anderen OMs habe ich Mark auf 2600 und Space mit 2400 definiert. Diese Definition wird durch die Wahl „Tones 2“ wirksam. Nun muß ich natürlich am Transceiver die angezeigte, unterdrückte Trägerfrequenz gegenüber Mark in USB um

2,6 kHz tiefer einstellen, gegenüber „Center“ sind es 2,5 kHz. Das scheint im ersten Moment etwas mühsam, es gibt aber einen eleganten Ausweg dank der Transceiversteuerung durch den PTC-2.

Das Trx-Menü bietet dazu die folgenden Befehle Offset: hier kann ich den Versatz programmieren: „Of -2600“ (für Mark) oder: „Of -2500“ (für Center). Auch kann noch ein eventueller konstanter Frequenzfehler der Anzeige berücksichtigt werden. Mein IC-725 arbeitet z. B. konstant 20 Hz tiefer als die Anzeige. Statt -2500 Offset programmiere ich -2480, damit wird die Trägerfrequenz immer richtig.

Im PTC-2 können bis zu 16 Kanalfrequenzen gespeichert werden, die ich je nach Präferenz in Mark oder Center-Norm eingebe. Rufe ich dann einen Kanal auf, rechnet der PTC-2 selbst den Versatz aus und stellt den Transceiver auf die z. B. 2,6 kHz tiefer liegende Trägerfrequenz ein.

Ich kann auch direkt ab Tastatur eine Mark-QRG eingeben, z.B. mit dem Befehl „F 14075“. Der Transceiver wird entsprechend 2,6 kHz tiefer eingestellt. Umgekehrt, wenn ich am Transceiver auf eine Station abgestimmt habe, kann ich mit dem Befehl „F(Enter)“ deren Mark- (oder Center-) -QRG erfahren, denn der PTC-2 rechnet zur vom Transceiver zurückgemeldeten Frequenz den Offset hinzu und zeigt das Resultat auf dem Bildschirm des Terminals.

Recht komfortabel wird dadurch das Scanning einer Auswahl aus den programmierten Kanälen. Im Gegensatz zu Transceiver-Scanning geht der PTC-2 nach beendetem Amtor oder Pactor-QSO selbsttätig wieder in Scanning. Das Modem-Logbuch zeigt für jedes QSO den benutzten Kanal an. Man lese das Handbuch ab Seite 126!

Nun scheint es mühsam, alle diese Befehle in den PTC eingeben zu müssen, insbesondere, wenn wegen Erschöpfung der Backup-Batterie der Speicherinhalt beim Abschalten nicht erhalten bleibt. Diese können aber in einer Computerdatei zusammengefaßt, und wenn immer nötig, in das Modem geladen werden.

Verschiedene Dateien können so für verschiedene Zwecke verschiedene Konfigurationen und QRG-Listen enthalten. Eine solche Datei kann z. B. so aussehen (mit Center-QRG, s. rechts):

Nach dem Laden dieser Datei ist der Transceiver mit 16 zusätzlichen (virtuellen) Speicherplätzen ausgestattet worden und geht automatisch in Scanning über (Befehl „Scan 1“)! Die Terminalprogramme bieten verschiedene Möglichkeiten, die Konfigurationsdatei in das Modem zu laden.

Für die Transceiversteuerung der ICOM-Geräte genügt ein einadriges, abgeschirmtes Kabel vom Anschluss „ICOM“ (Pin 6) des PTC-2 TRX-Port zur CI-V Buchse am Transceiver. Die im Befehl „Icom 1200 40“ an letzter Stelle enthaltene Transceiveradresse findet sich für jeden Transceiver-Typ im Manual.

```

Lock 0
TRX
Type Icom 1200 40
Ch 1 0
Ch 2 0
Ch 3 0
Ch 4 0
Ch 5 0
Ch 6 0
Ch 7 0
Ch 8 0
Ch 9 0
Ch 10 0
Ch 11 0
Ch 12 0
Ch 13 0
Ch 14 0
Ch 15 0
Ch 16 0
Ch 1 7034.900
Ch 2 3574.000
Ch 3 3592.000
Ch 4 14067.900
Ch 5 14583.700
Ch 6 3580.900
Ch 7 3584.900
Ch 8 3594.900
Ch 9 14071.300
Ch 10 21070.900
Ch 11 14072.900
Ch 12 14069.000
Ch 13 21064.000
Ch 14 28073.000
Ch 15 14070.900
Ch 16 21075.900
Scan Ch 1
Scan Ch 2
Scan Ch 3
Scan Ch 6
Scan Ch 7
Scan Ch 8
Offset -2.480
Dwell 20
Wait 40
Scan 1
dd
Mark 2600
Space 2400
Tone 2
APower 1
Mode 2
Terminal 3
Phase -20
( für IC-725)
FSKA 100
PSKA 160
    
```

Beat Streckeisen, HB9DAN

(Übermittelt von Peter Naujoks, DHØKN)

(Anm. d. Red.: Arbeiten am Gerät auf eigene Gefahr. Alle Angaben ohne Gewähr. Bei Arbeiten im Gerät erlischt die Garantie)

12,5 kHz-Raster

FM-Relais optimiert (2)

Matthias Fehr, DL4MF

Die Einführung des 12,5 kHz-Rasters für die Amateurfunk-FM-Relaisstellen ist nach wie vor ein intensiv diskutiertes Thema.

Wenn man den Gesprächen auf Amateurfunkrelaisstellen lauscht, so kann man sehr viel über die praktischen Auswirkungen von unterschiedlichen Modulationen lernen. Treffen sich Funkamateure, die die Relaisstelle mit guten Feldstärken arbeiten können, so dominieren die leisen Töne. Ich meine damit, daß die absolute Lautstärke der Modulation keine große Rolle spielt, da man die Relaisstelle ohne oder nur mit geringen Restrauschen empfangen kann. Ganz anders ist die Situation, wenn Funkamateure unter erschwerten Bedingungen das Relaisignal empfangen wollen. Dabei ist es ohne Bedeutung, ob es sich um eine schlechte Empfangsfeldstärke, Störungen oder Fahrzeuggeräusche handelt. Plötzlich ist die Qualität der Aussendung von untergeordneter Bedeutung. Nun hilft nur eine kräftige und durchdringende Modulation weiter. Was vom Funkamateure im Fahrzeug als hilfreich gewünscht ist, wird von Heimstationen eher als „gerade noch erträglich“ empfunden. Die Betreiber von Relaisstellen reagieren auf diesen Widerspruch mit unterschiedlichen Konzepten (s. CQ DL 2/99, S.114).

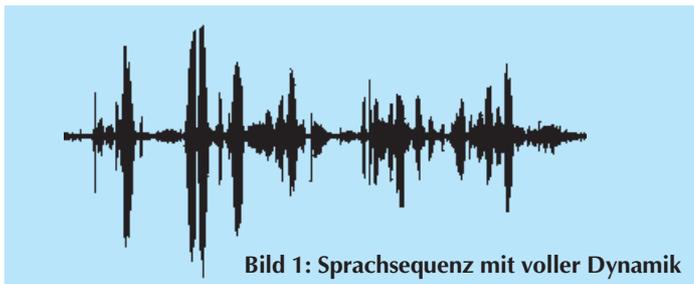


Bild 1: Sprachsequenz mit voller Dynamik

Ein praktisches Beispiel

Reist man durch „unsere Welt“ so findet man Relaisstellen, die alle eingehenden Signale möglichst unverfälscht passieren lassen und die Verantwortung für die Modulationsqualität ausschließlich deren Ursprung überlassen. Dort hört man sehr häufig „Bitte lauter sprechen“. Die Modulation wird dort also nicht selten als zu leise empfunden.

Ein wenig weiter hört man eine Relaisstelle, deren Modulation so weit angehoben wurde, daß meine Rauschsperrung jeder gesprochenen Silbe mit heftigem „Flattern“ antwortet. Diese Relaisstelle ist dafür aber „sehr schön laut“. In der Reichweite dieser Relaisstellen werden benachbarte Frequenzen nicht selten durch

Nachbarkanalstörungen (Splattern) unbrauchbar. Zwangsläufig gibt es im Einflußbereich derartiger Relaisstellen heftige Diskussionen über die Qualität der eingesetzten Technik.

In der Praxis befindet sich die Modulation der meisten Relaisfunkstellen zwischen diesen beiden Extremen. Das bedeutet aber nicht zwangsläufig, daß damit die technischen Möglichkeiten ausgeschöpft wurden. Vielmehr handelt es sich um Kompromisse.

Forderung: Es müßte also eine NF-Aufbereitung geben, die es ermöglicht, kräftig zu modulieren, ohne dabei die Grenzen des Nutzkanals zu überschreiten.

Diese NF-Aufbereitung kann mit einem Modulationskompressor (im Folgenden vereinfacht nur noch Clipper genannt) realisiert werden. Doch wie verwendet man einen Clipper, um laute Modulation mit bester Qualität zu erzeugen? Dieser Fragestellung will ich mich nun widmen und beschreibe zunächst einzelne Funktionsgruppen.

Was ist eigentlich Clippen?

Bild 1 zeigt das Oszillogramm eines gesprochenen Satzes. Man erkennt deutlich laute und leise Teile der Sprache. Signifikant ist der große Unterschied zwischen Sprachspitzen und leisen Passagen. Das Verhältnis zwischen den leisen Teilen der Sprache, die noch übertragen werden sollen, und den Sprachspitzen nennt man Sprachdynamik. Um die Sprach-

dynamik unverfälscht zu übertragen, muß man sehr hohe Modulationsspitzen des Senders zulassen; es bedarf also fast der Parameter von UKW-Rundfunksendern. Diese Modulationsparameter lassen sich im Amateurfunk aber nicht beliebig verwirklichen, denn dazu sind die verfügbaren Kanäle einfach zu schmal. Daher muß man sich auf wesentliche Teile der Dynamik und Sprachbandbreite beschränken. Diese Einschränkung sollte aber die Qualität der Sprachübertragung nur unwesentlich beeinflussen. Dazu macht man sich unter anderem folgenden Umstand zu eigen:

Wenn ein und derselbe Satz von unterschiedlichen Sprechern vorgetragen wird, so erhält man immer ein anderes Sprachbild. Das be-

deutet, daß offensichtlich jeder Sprecher auch eine andere Sprachfrequenzverteilung und -dynamik aufweist. Man kann beobachten, daß Sprecher bei normaler Sprechweise einen Sender kräftig modulieren, während andere an derselben Station untermoduliert klingen. Es ist interessant zu erfahren, daß Sprecher mit einem kleinen Pegelverhältnis von leisen Sprachanteilen zu den Sprachspitzen immer kräftiger zu hören sind. Man kann daher annehmen, daß die Sprachinformation

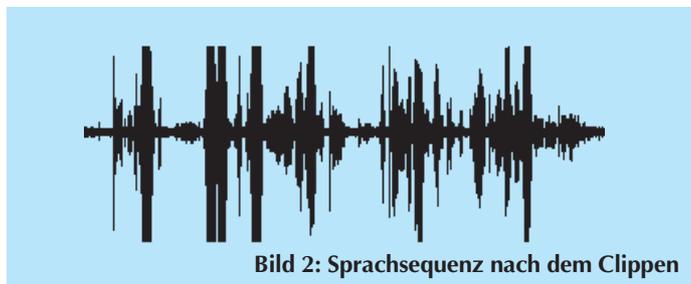


Bild 2: Sprachsequenz nach dem Clippen

weniger in den Sprachspitzen als in der Nähe der Nulldurchgänge enthalten ist.

Für Bild 2 wurden die Spitzen der Sprachimpulse abgeschnitten und das daraus entstandene Bild in der Y-Richtung gedehnt. Bereits in diesem Bild erkennt man, daß die Sprache im Vergleich zum vorherigen Bild eine viel größere Fläche ausfüllt. In der Funkpraxis bedeutet das, daß die Sprache kräftiger wird. Ein Clipper mit nachfolgendem Verstärker (Bild 3) hätte elektrisch dieselbe Wirkung. Die Spitzen werden abgeschnitten und die dadurch verlorene Amplitude dann durch einen Verstärker wieder ausgeglichen.

Je stärker man die Sprachspitzen durch Clippen beschneidet (und danach den Pegelverlust durch einen Verstärker wieder ausgleicht), um so lauter wird die mittlere Lautstärke der Modulation eines Senders.

Man kann das Clippen oder den Clippgrad natürlich nicht beliebig steigern. Wenn man es übertreibt, dann verliert die Sprache ihren natürlichen Charakter, und Hintergrundgeräusche treten störend in den Vordergrund – und dies nicht nur in den Sprachpausen!

Der in der Praxis optimale Clippgrad ist abhängig von den Eigenschaften des Sprechers (Frauen modulieren anders als Männer, Europäer anders als Asiaten...).

Zusammenfassung: Durch Clippen kann man die maximale Amplitude der Modulation effektiv begrenzen und schützt damit den Sender wirksam vor Übermodulation. Weiter erhält man eine komprimierte, das heißt in der mittleren Lautstärke angehobene und dadurch wesentlich lautere Sprache.

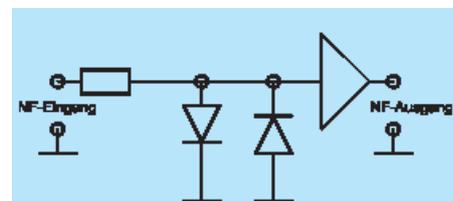


Bild 3: Prinzipschaltung des Clippers

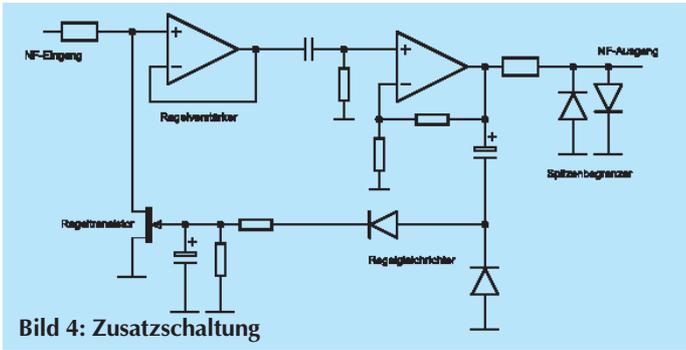


Bild 4: Zusatzschaltung

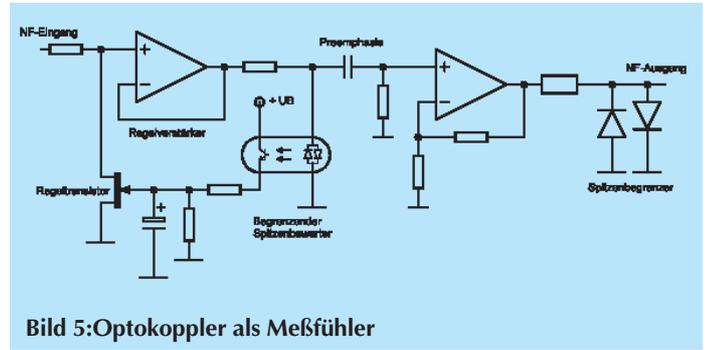


Bild 5: Optokoppler als Meßfühler

Nachteile eines Clippers

Wie fast jede technische Einrichtung hat auch der Clipper neben seinen Vorteilen auch Nachteile.

Die Clipperschwelle ist starr: Das bedeutet, daß der Clipper immer erst ab einer bestimmten Eingangsspannung wirksam wird. Wird diese Schwelle unterschritten, so tritt auch keine Sprachverdichtung durch Kompression auf. Diesen Fall haben wir, wenn beispielsweise ein Funkamateurler ein Funkgerät verwendet, welches zu wenig Sendermodulation erzeugt. Die Clipperschaltung in der Relaisstelle verdichtet also nicht die Sprachdynamik, und der Sprecher hört sich unter Umständen viel zu leise an. Es gibt aber auch den umgekehrten Fall. Ein Funkamateurler verwendet ein Funkgerät, das eine viel zu starke Modulation produziert. Dann wird die Clipperschaltung in der Relaisstelle mit einem zu großen Pegel angesteuert. Dieser Effekt bewirkt dann eine deutliche Verschlechterung der Modulation nach Passieren der Relaisstelle. Die Sprache klingt unnatürlich laut, verzerrt, und Hintergrundgeräusche wirken sich störend aus.

Beim Clippen entstehen Oberwellen. Wenn die Sprachspitzen abgeschnitten werden, so bekommen diese eine rechteckige Kurvenform (Bild 2). Rechteckige Sprachspitzen weisen gegenüber den natürlichen und eher runden Sprachspitzen viel mehr Oberwellen auf. Werden diese Sprachspitzen ungefiltert auf einen Sendermodulator gegeben, so bewirken die Oberwellen erhebliche Störungen auf den Nachbarkanälen.

Schalten Sie also immer ein geeignetes Tiefpaßfilter (im folgenden auch Sprachfilter genannt) zwischen Clipper und Sendermodulator!

Verbesserungen am Clipper

Die oben genannten Nachteile können nur verringert werden, wenn man durch eine Zusatzschaltung (Bild 4) das dem Clipper ange-

botene Sprachsignal immer im optimalen Pegelwert anlegt. Derartige Schaltungen sind in der Funkpraxis eingeführt und verbessern die Sprachaufbereitung deutlich. Leider ist die Wirkung dieser Schaltungen abhängig vom jeweiligen Sprecher und hat daher auch Nachteile. Ein Effekt entsteht unter anderem dadurch, daß zum Beispiel Sprecher mit sehr hoher Sprachdynamik den Vorregler zu weit herab regeln und damit der Clipper nicht den optimalen Sprachpegel erhält.

Der „spitzengeführte Clipper“

Ich habe mich lange Zeit gefragt, mit welcher Schaltungs konstruktion man wohl der gewünschten Unabhängigkeit vom jeweiligen Sprecher oder der Berücksichtigung der bereits vom Funkamateurler verwendeten Sprachaufbereitung näher kommen kann. Der Kernpunkt ist dabei die Gewinnung eines geeigneten Kriteriums für den regelbaren Vorverstärker. Die Bildung dieses Regelkriteriums hat dazu auf folgende Punkte Rücksicht zu nehmen:

- Enthält die Sprache hohe Sprachspitzen oder Störimpulse? Wenn ja, dann muß der Clipper viel Sprachpegel erhalten, damit die Impulsspitzen wirksam abgeschnitten werden. Der Clipper-Vorverstärker sollte also mit seiner maximalen Verstärkung arbeiten.
 - Enthält die Sprache nur geringe Sprachspitzen oder wurde die Sprache bereits am Ursprung durch einen Clipper aufbereitet? Wenn dem so ist, dann darf der Clipper in der Relaisstelle das Sprachsignal nicht mehr zusätzlich begrenzen! Der Clipper-Vorverstärker muß also abgeregelt werden.
- Ich habe mich also entschieden, das Regelkriterium durch eine Impulsbreitenmessung der Sprachspitzen zu gewinnen. Dabei bin ich von folgenden Annahmen ausgegangen: Sind die Sprachspitzen sehr kurz, so handelt es sich um unwesentliche Sprach-

inhalte oder Störimpulse, die es abzuschneiden gilt. Sind die Sprachspitzen eher rund und von größerer Impulsbreite, dann handelt es sich um wesentliche Sprachinhalte, oder die Sprache wurde bereits durch einen Clipper vorbehandelt. Ein derartiges Sprachsignal will ich nicht zusätzlich bearbeiten.

Bei der Suche nach einer geeigneten Schaltung für einen Meßfühler bin ich auf die artfremde Verwendung eines Optokopplers gestoßen (Bild 5). Wenn man an einen Optokoppler mit zwei antiparallelen Leuchtdioden über einen Widerstand das Sprachsignal anlegt, so erhält man am Ausgang des Optokopplers eine Information über die Impulsbreite der Spitzen (Der Optokoppler stellt zugleich einen wirksamen Begrenzer für kurze Störimpulse dar. Damit werden die nachgeschalteten Funktionen entlastet).

Um möglichen Einwänden zuvorzukommen, möchte ich darauf hinweisen, daß man mit der Widerstandskombination zwischen Optokoppler und Regel-FET sorgfältigen Einfluß auf die Regeldynamik und -zeitkonstanten nehmen muß. Gleichzeitig verweise ich darauf, daß der Regelverstärker nur einen Regelbereich von maximal 8..10 dB aufweisen darf, damit störende Pausengeräusche nicht übermäßig aufgeregt werden können. Trifft man eine günstige Auswahl, so bleibt die Reglerfunktion im praktischen Funkbetrieb fast unbemerkt.

Ergebnis: Wenn ein „spitzengeführter“ Clipper richtig in eine Relaisstelle implementiert wird, dann weisen zukünftig ein Großteil der darüber sprechenden Stationen scheinbar gleiche Modulationslautstärke auf. Für den Mobilbetrieb bedeutet dies, daß man kaum noch am Lautstärkeregel drehen muß. Um die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit zu verstehen, möge man sich bitte einmal selber während einer Fahrt beobachten. Es ist erstaunlich wie oft man unnötig zum Funkgerät greift!

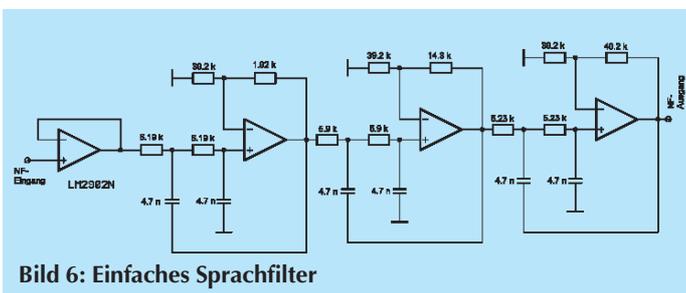


Bild 6: Einfaches Sprachfilter

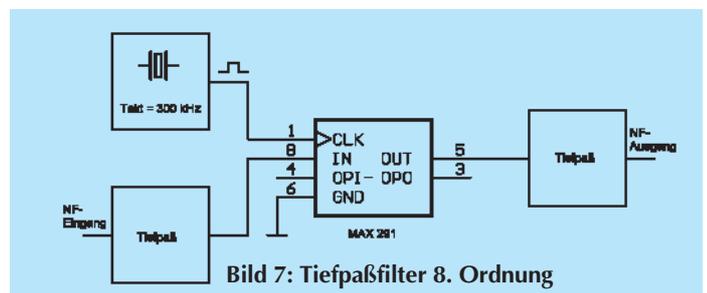


Bild 7: Tiefpaßfilter 8. Ordnung

Das Sprachfilter

Das Sprachfilter hat die Aufgabe, alle Signale im Bereich von rund 300...3000 Hz ungestört passieren zu lassen, aber alle darüberliegenden Signalanteile wirksam zu unterdrücken. Durch das Sprachfilter wird sichergestellt, daß ein guter Sender seine Modulation nur auf den Nutzkanal konzentriert und die Nachbarkanäle unbeeinflusst bleiben.

Ein Sprachfilter ist (mindestens) ein Tiefpaßfilter 4. Ordnung oder höher (besser). Einfach formuliert, beschreibt die Ordnungszahl die Steilheit der abfallenden Filterflanke eines Sprachfilters oberhalb des Durchlaßfrequenzbereiches. Je höher die Ordnungszahl, um so besser werden hohe Störfrequenzen unterdrückt. Zumeist steigt aber auch der Schaltungsaufwand mit der Ordnungszahl beträchtlich an.

Sprachfilter können in analoger, digitaler oder gemischter Schaltungstechnik aufgebaut werden. Generell gilt für alle Sprachfilter, daß man diese genau auf das am Eingang anliegende Signalgemisch und dessen Signalpegel auslegen muß.

Analoge Sprachfilter

Analoge Sprachfilter lassen sich in 2. Ordnung bis 3. Ordnung relativ einfach realisieren. Höhere Ordnungszahlen kann man durch die Reihenschaltung einiger Einzelfilter erreichen. Die Schaltung in **Bild 6** zeigt ein einfaches Sprachfilter 6. Ordnung [1].

Haben Sie nur geringe Erfahrungen mit derartigen Filtern, so empfiehlt sich immer die Realisierung aus einigen Einzelfiltern. Beachten Sie bitte, daß viele Filterschaltungen von einer kleinen Quellimpedanz angesteuert werden müssen! Ich habe diesen Umstand bereits durch einen zusätzlichen Operationsverstärker im Eingang berücksichtigt.

Werden aktive Sprachfilter mit zu großen Eingangspegeln angesteuert und geraten damit in die Nähe der Begrenzung, so produzieren diese Filter eigenständig Oberwellen, die man dann natürlich als Sendernebenwellen in den Nachbarkanälen wiederfindet.

Digitale Sprachfilter

Digitale Tiefpaßfilter sind integrierte Schaltkreise, die heute von vielen Herstellern entwickelt und produziert werden. Die Vorzüge dieser Filter sind leichte Reproduzierbarkeit, optimales Durchlaßverhalten und gute Sperrereigenschaften.

Die Prinzipschaltung in **Bild 7** stellt ein Tiefpaßfilter 8. Ordnung dar. Ein Taktgenerator legt die obere Grenzfrequenz des Filters fest (Teilerfaktor hier 1:100). Analoge Tiefpaßfilter ergänzen die Schaltung. Der Einsatz eines solchen Filters muß jedoch sehr gut überlegt werden, da diese Filter zwei wesentliche Nachteile aufweisen:

- Am Ausgang digitaler Filter finden sich neben dem gefilterten Sprachsignal auch Signalreste der schaltkreisinternen Schaltungsvorgänge oder des Steuerszillators. Wenn man diese Störsignale nicht vollständig durch ana-

loge Nachfilter beseitigt, so findet man diese Störprodukte als Nebenaussendungen auf dem Senderausgangssignal wieder.

- Die meisten digitalen Filter erzeugen Interferenzen der schaltkreisinternen Schaltstufen, wenn ein NF-Signal am Filtereingang wesentlich die Filtergrenzfrequenz überschreitet (zum Beispiel durch die beim Clipping erzeugten Oberwellen). Das führt dazu, daß die Sprachqualität deutlich sinken kann. Daher sollte auch vor den Eingang des Digitalfilters ein analoges Tiefpaßfilter geschaltet werden.

Digitale Filter sind interessante Schaltungen mit großer Zukunft. Der Einsatz dieser Filter als Sprachfilter vor einem Sendermodulator sollte jedoch ohne ausreichende Erfahrung und Meßtechnik vermieden werden.

Die Preemphasis

Um den Rauschabstand bei Sprach- und Musikübertragung zu verbessern, bedient man sich unter anderen eines einfachen Tricks. Auf der Senderseite werden beim zu übertragenden Signalgemisch die Höhen gegenüber den Tiefen angehoben. Diesen Vorgang nennt man Preemphasis. Auf der Empfängerseite

wird dieser Vorgang wieder rückgängig gemacht, das heißt dann Deemphasis. Dadurch wird das ungewollte Empfängerrauschen deutlich reduziert, aber der natürliche Klang der Übertragung bleibt erhalten. Auf die Preemphasis kann derzeit in der FM-Relaisstellenpraxis nicht verzichtet werden! Eine zu tiefe oder „dumpfe“ Modulation wäre die Folge.

Wenn man einen Clipper an einen vorhandenen Sendermodulator anschließen und die dafür notwendige Preemphasis bestimmen will, so muß man sich erst über den Typ des vorhandenen Modulators kundig machen. Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen Phasenwinkel- und Frequenzmodulatoren. Beide Modulatoren erzeugen im Endeffekt einen in seiner Frequenz modulierten HF-Träger. Dies aber mit grundsätzlich unterschiedlichem Modulationsverhalten.

Am besten prüfen Sie die Modulationseigenschaften des zur Verfügung stehenden Senders mit einem einfachen Versuchsaufbau (**Bild 8**).

Verbinden Sie dazu den Modulatoreingang des Senders mit einem NF-Generator und den Senderausgang mit einem geeigneten Abschlußwiderstand. In einem Kontrollempfänger können Sie die erzeugte Modulation abhören. Vorteilhaft ist es, wenn parallel zum Lautsprecher des Kontrollempfängers ein geeignetes Wechselspannungsmessgerät geschaltet wird. Dann lassen sich die Ergebnisse leichter interpretieren und „Hörfehler“ vermeiden.

Schalten Sie den Sender ein und stellen Sie bei 1 kHz NF einen Modulationshub von rund – 1 kHz ein (genauer Wert ist nicht so wichtig). Darauf lesen Sie am Spannungs-

meßgerät den angezeigten NF-Pegel ab. Das ist nun Ihr Referenzpegel. Stimmen Sie anschließend den NF-Generator von 300...3000 Hz durch. Lesen Sie bei mehreren NF-Frequenzen die dazugehörigen NF-Spannung ab und ermitteln Sie daraus den NF-Frequenzgang des Modulators.

Berücksichtigen Sie bitte bei den Messungen den Frequenzgang des Kontrollempfänger und kompensieren Sie ihn!

Ergebnis: Die Auswertung sollte einen geradlinigen Frequenzgangverlauf ergeben. Steigt die Ausgangsspannung linear mit der Frequenz an, so haben Sie einen in der Phase modulierten Sender (PM-Tx). Bleibt die NF-Spannung unabhängig von der NF-Frequenz etwa konstant, so haben Sie einen Sender mit einem FM-Modulator (FM-Tx).

Sollte sich ein gänzlich anderer Frequenzgang ergeben, so haben Sie den Modulator nicht richtig angeschlossen, oder es sind noch einzelne Komponenten der alten NF-Frequenzaufbereitung angeschlossen. Korrigieren Sie dieses und wiederholen Sie die Meßreihe.

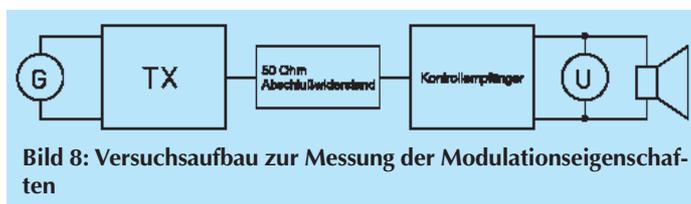


Bild 8: Versuchsaufbau zur Messung der Modulationseigenschaften

Nun fällt die Entscheidung über die Verwendung einer zusätzlichen Sender-Preemphasis: Wenn Sie einen Sender mit Phasenwinkelmodulator besitzen, so benötigen Sie keine zusätzliche Preemphasis. Sollten Sie einen Sender mit FM-Modulator besitzen, so fügen Sie bitte in Ihre Clipperschaltung die zusätzliche Höhenanhebung ein.

Bei der Vorstellung des Clipperschaltbildes wird ausführlich auf die Preemphasis eingegangen werden.

Selektive Deemphasis

Bei der „selektiven Deemphasis“ (Anordnung siehe Blockschaltung in **Bild 10**) handelt es sich um eine für mich neue Schaltungsfunktion, mit der ich erreichen will, daß insbesondere Sender für das 12,5-kHz-Raster bei voller Modulation ein schmales Ausgangsspektrum erzeugen.

Um die Funktion zu erklären, verweise ich auf den Meßaufbau für einen Sender mit Phasenwinkelmodulator. Dort haben wir festgestellt, daß insbesondere ein Sender mit Preemphasis einen mit steigender Modulationsfrequenz rasch wachsenden Frequenzhub erzeugt. Wenn wir unseren Clipper an den Sendermodulator angeschlossen haben, dann wird unser Sender eben solch ein Verhalten aufweisen. In der Praxis bedeutet dies, daß die vom Sender belegte hochfrequente Bandbreite auf dessen Nutzfrequenz mit wachsender NF-Frequenz immer größer wird. Daraus folgt, daß insbesondere die hohen Töne der Sprache eine „breite“ Sendermodulation erzeugen.

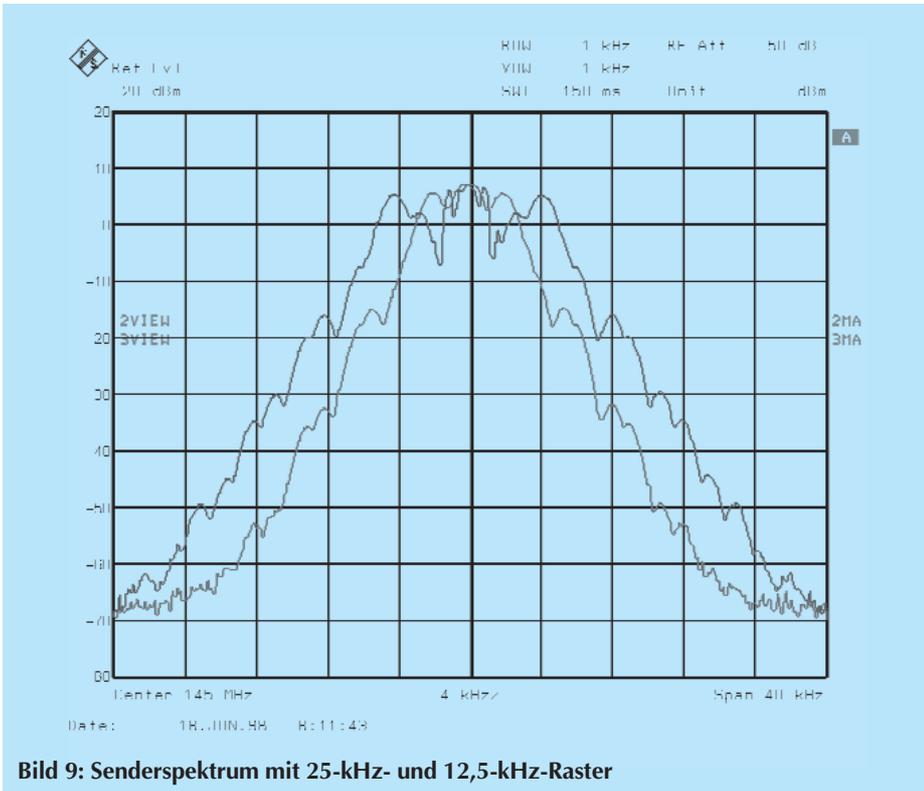


Bild 9: Senderspektrum mit 25-kHz- und 12,5-kHz-Raster

Wenn man nun ab einer bestimmten Frequenz (etwa 1,5...2 kHz) die Wirkung der Preemphasis aufhebt, so kann man die Bandbreite des Senders wirksam einschränken. Auf dem Nutzkanal ist diese zusätzliche Deemphasis fast nicht hörbar; auf den Nebkanälen aber sehr hilfreich.

Zusammenfassung: Bisher wurden wichtige Funktionen und Schaltungsteile für den Aufbau einer für den Funkbetrieb besonders im 12,5 kHz-Raster geeigneten Modulationsaufbereitung beschrieben. Bevor wir uns den neuen Clipper im gesamten Blockschaltbild ansehen, möchte ich auf **Bild 9** verweisen.

Diese Grafik zeigt das Senderspektrum (Maxpeak!) eines IC-2100H im 25-kHz- und 12,5-kHz-Betrieb. Man erkennt die deutliche Reduktion der belegten HF-Bandbreite in der 12,5-kHz-Stellung. Mit unserem neuen Clipper wollen wir aber noch bessere Ergebnisse erreichen!

Der neue Clipper

Nun wird es ernst. Wir nähern uns dem neuen Clipper in großen Schritten. Betrachten wir also zunächst die zusammengefaßte Blockschaltung in **Bild 10**. Nur noch wenige, bisher nicht besprochene Komponenten sind zu die-

sem Blockschaltbild hinzugekommen. Das sind zunächst je ein Einstellregler an Eingang und Ausgang des Clippers, mit denen die Pegel angepaßt werden. Weiter erkennen Sie einen zusätzlichen Bandpaß vor dem Eingang des Regelverstärkers. Dieser Bandpaß, bestehend aus einer Hoch- und Tiefpaßkombination, verbessert die Regeleigenschaften der Gesamtbaugruppe. Damit ist die Baugruppe fast vollständig abgeschlossen. Für den Heimgebrauch könnte man am Eingang ein Verstärkermikrofon und am Ausgang den Modulator eines beliebigen Senders oder Transceivers anschließen. Richtig eingepegelt, erzeugt man nun einen unverkennbaren Sound.

Trotzdem ist es sinnvoll, diese Baugruppe auch für den Heim- oder Mobilbetrieb noch ein wenig zu erweitern. Ein geeigneter Vorverstärker erlaubt den Anschluß beliebiger Mikrofone. Ein kleiner Effekt trübt aber noch die Freude. Immer, wenn man nach längeren Sprachpausen die PTT betätigt, ist die Regelspannung am Regelverstärker auf nahezu Null abgefallen. Die ersten Silben werden durch die dann volle Verstärkung zu laut übertragen. Es gibt das typische Reglereinschwingen. Um diesen Effekt zu verringern, verknüpfen wir die Regelspannung mit der PTT-Steuerung. Immer, wenn nicht gesendet wird, wird die Regelspannung auf die Mitte des Regelbereiches geführt. Mit Betätigen der PTT wird der Regelkreis wieder mit dem Optokoppler verbunden. Wir können jetzt also eine Schaltung erstellen, die nahezu allen Anforderungen der Amateurfunkpraxis gerecht wird. Danach erweitern wir diese Baugruppe für den Einsatz in der Relaisstelle.

(Dieser Beitrag wird fortgesetzt)

Fragen und Wünsche bitte an die Redaktion richten, die sie weiterleitet.

Literatur:

- [1] „Das AKTIV-FILTER-Kochbuch“, Lancaster, Don, IWT-Verlag, 1. Auflage 1982, ISBN 3-88322-07-8

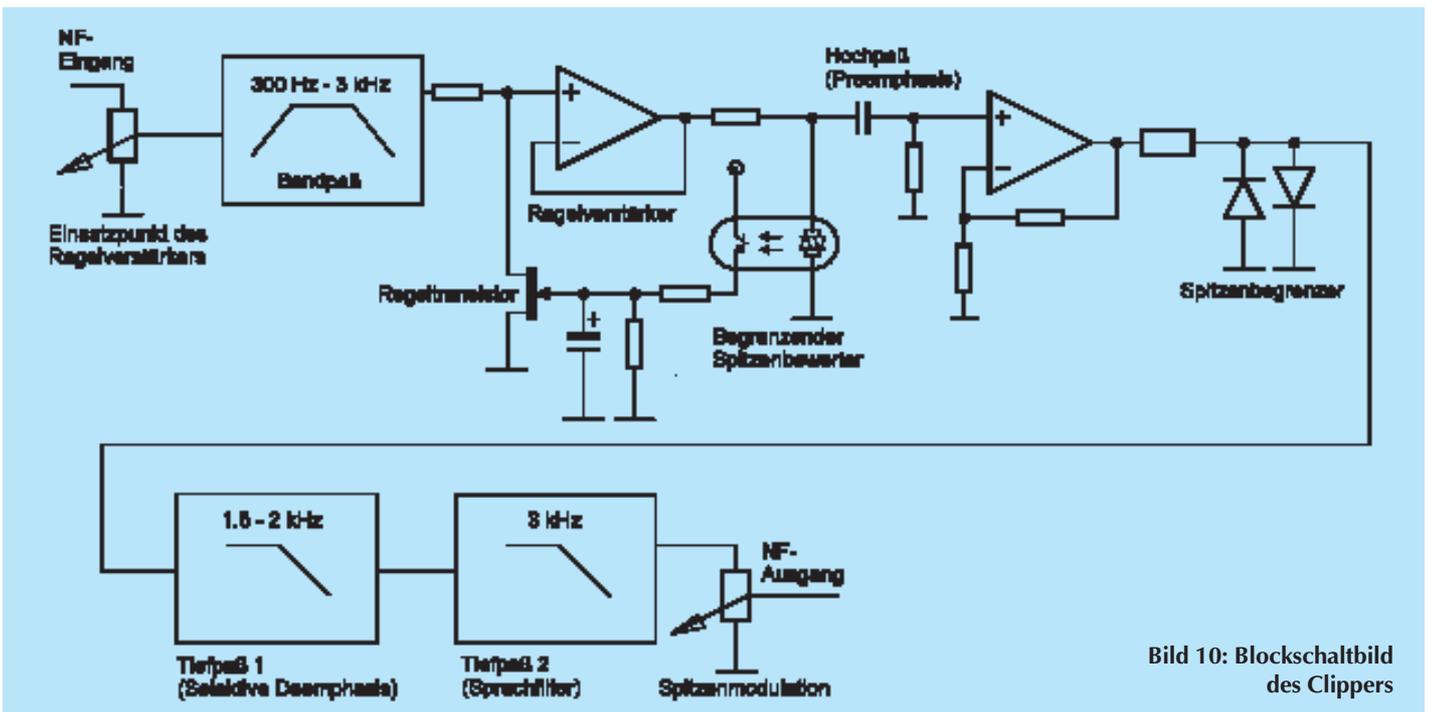


Bild 10: Blockschaltbild des Clippers

12,5-kHz-Raster (3 und Schluß) FM-Relais optimiert

Matthias Fehr, DL4MF

Nachdem ich in den ersten beiden Teilen auf die theoretischen Grundlagen eingegangen bin, ist es nun an der Zeit, mich der Schaltungspraxis zu widmen.

Bei der Erstellung dieses Beitrages ist mir ein damit verbundenes Problem deutlich geworden. Eigentlich gibt es gar keine Optimalschaltung für die Sprachaufbereitung bei Heimstation und Relaisstellen. Zu unterschiedlich sind Technik und Erfahrungen der beteiligten Funkamateure. Daher habe ich mein Konzept umgestellt. Ich werde also kein „Kochrezept“ für einen Clipper vorstellen. Ich glaube, daß ich den Wünschen der Leser viel mehr entgegen komme, wenn ich einen Experimentalaufbau mit den wichtigsten Komponenten und reichlich Platz für eigene Erweiterungen vorstelle. Sein Name: „Clipper-Sandkasten“.

Im zweiten Teil meines Beitrages (CQ DL 3/99, S. 217ff) gibt es davon zwei Ausführungen für FM-Sender und PM-Sender. Beide unterscheiden sich nur durch die Erzeugung der Preemphasis mittels Höhenanhebung bei FM-Sendern. Bei PM-Sendern übernehmen dieses die Eigenschaften des Modulators.

Das vorgestellte Schaltbild (Bild 1) ist für PM-Sender ausgelegt. Nach der Erläuterung dieses Schaltbildes gehe ich auf die Modifikationen für FM-Sender ein. Die Leiterplatte, die ich abschließend vorstelle, kann für beide Varianten verwendet werden.

Der „Clipper-Sandkasten“

Bei einer FM-Relaisstelle steht als speisende Niederfrequenzquelle der Empfänger und bei der Heimstation ein Verstärkermikrofon bereit. Diese Quellen sollten einen Pegel von minimal $0,03 V_{eff}$ und maximal $2 V_{eff}$ zur Verfügung stellen. Die NF-Spannung wird über einen Einstellregler (P1) an einen Impedanzwandler (IC1A) angelegt. Dessen Verstärkung kann durch einen Regeltransistor (T1) verändert werden. Danach folgt ein Hochpaßfilter (IC1C) und ein Tiefpaßfilter (IC1D). Das dadurch gebildete Bandpaßfilter unterdrückt störende Signale außerhalb des Sprachbandes. Das ist für die nachfolgenden Baugruppen wichtig. C3 und R3 sind zunächst für einen frequenzunabhängigen Spannungsverlauf ausgelegt. Durch Änderung der Parameter kann man an dieser Stelle leicht eine Preemphasis einfügen.

Für alle Operationsverstärker wird eine Versorgung zur Arbeitspunkteinstellung bei rund der halben Betriebsspannung benötigt. Diese Spannung wird mittels IC1B erzeugt und mit C1 und C21 gefiltert.

Nach dem Bandpaß folgt eine Treiberstufe (IC2A) für den „spitzengeführten Clipper“ (CQ DL 3/99, S. 217ff). Über R13 und C11 wird dann ein Wechselspannungsoptokoppler (IC3) angesteuert. Sobald die Signalspitzen die Schwellenspannung der internen Leuchtdioden übersteigen, wird der Transistor am Ausgang leitend. Er schaltet dann für die Dauer der Impulsbreite der Signalspitze die Betriebsspannung auf R17. Ein nachfolgender Tiefpaß, bestehend aus R18 und C12, wird durch diese Impulse aufgeladen. Je länger die Impulse sind, um so höher wird C12 aufgeladen. Die Spannung an C12 wird T1 zugeführt und regelt damit die Verstärkung des Impedanzwandlers am Eingang (IC1A) herab. Damit bekommen die nachfolgenden Stufen einen relativ konstanten Signalpegel. Das Tiefpaßfilter R18 und C12 hat eine recht kleine Zeitkonstante. Dadurch folgt die Regelspannung für T1 rasch der Sprachamplitude. In der Praxis führt das dazu, daß bereits in kleinen Sprachpausen Hintergrundgeräusche herauf geregelt werden. Das klingt nicht besonders gut. Um diesen Effekt zu verbessern, wird ein weiterer Tiefpaß eingefügt (R45 und C9). Dieser Tiefpaß hat eine wesentlich längere Zeitkonstante. Beide Tiefpässe werden über Entkopplerdioden (D2 und D3) zusammen geschaltet. Dadurch entsteht eine sogenannte „Hänge-Regelung“. Durch diese wird bewirkt, daß zunächst der Sprachamplitude schnell gefolgt wird. Bei Sprachpausen setzt dann die Wirkung der zweiten Zeitkonstante ein. Es entsteht ein verbesserter Regelverlauf. In der Praxis ist kaum noch zu bemerken, daß ein Regler verwendet wird. Die Feinabstimmung der Reglerzeitkonstanten ist sozusagen eine Frage des

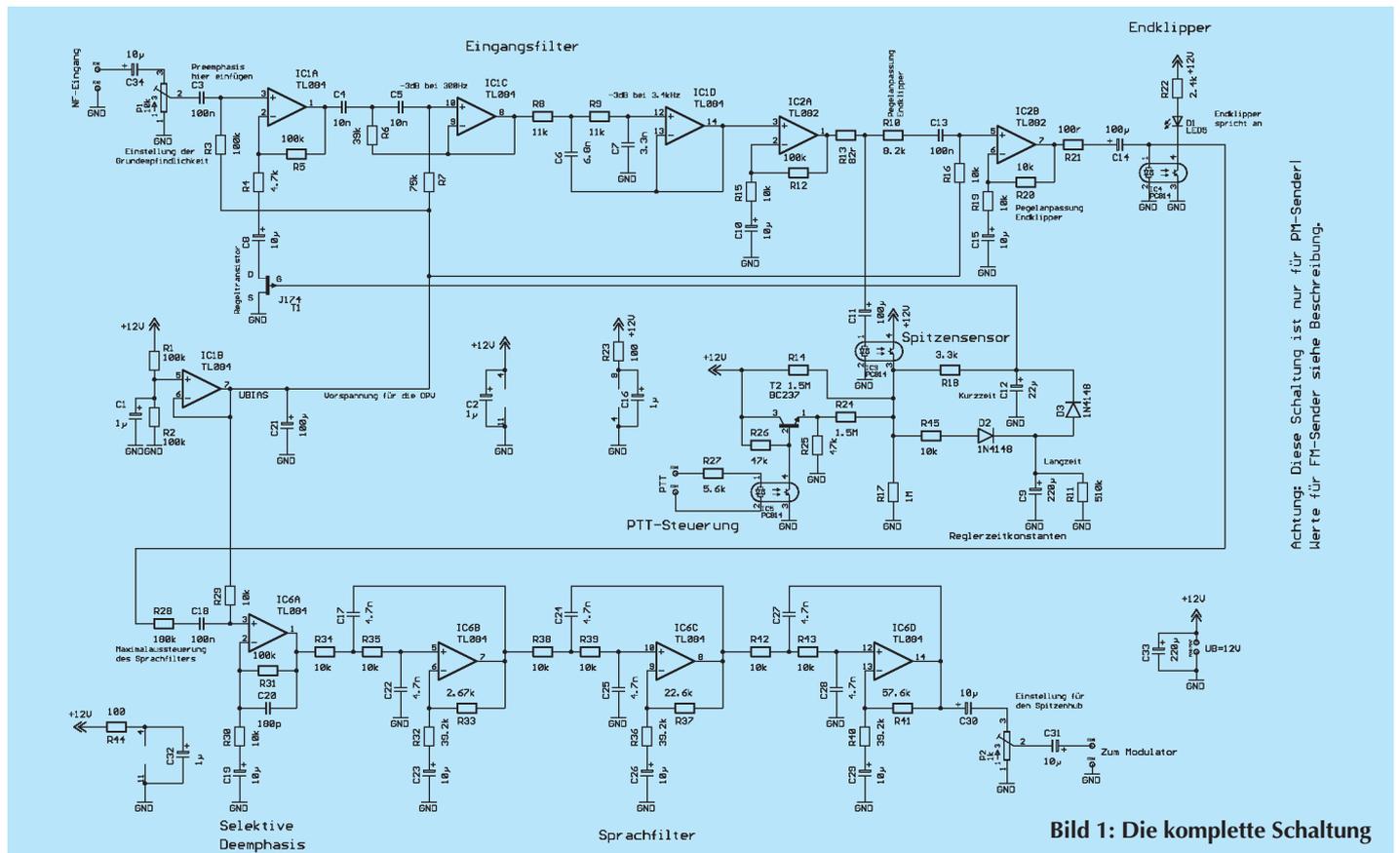


Bild 1: Die komplette Schaltung

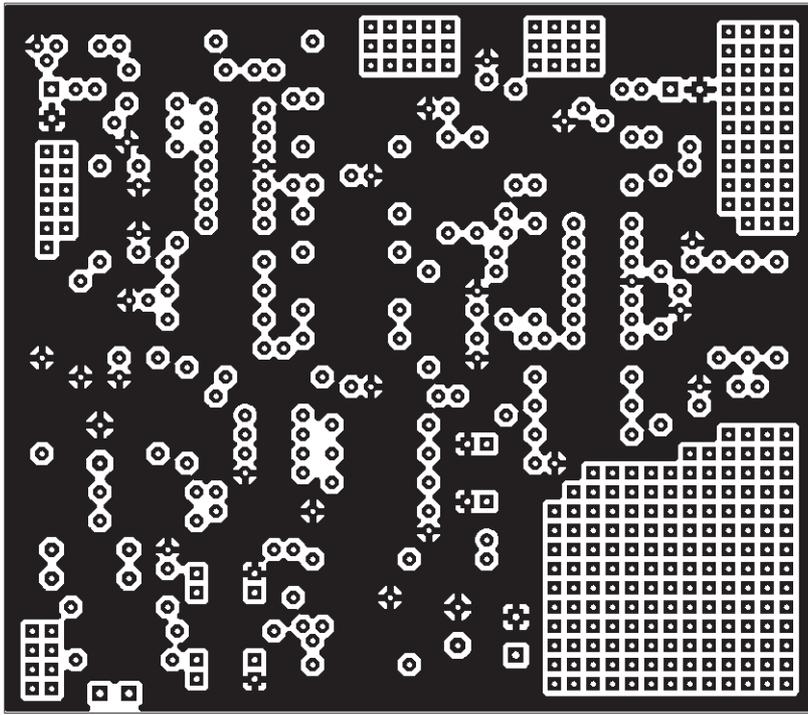


Bild 2: Die Oberseite der Platine (Masseverbindung)

Der Aufbau

Bild 2 (Oberseite/Top) und **Bild 3** (Unterseite/Bottom) zeigen die Leiterplatte für den Experimentalaufbau. Es handelt sich um eine doppelseitig beschichtete Leiterplatte. Die Oberseite ist allerdings ausschließlich der Masseverbindung vorbehalten. Es ist nicht unbedingt erforderlich, diese Leiterplatte durchkontaktieren zu lassen. Bis auf die Masseverbindung werden alle Signalverbindungen auf der Unterseite verlötet. Die Masseverbindungen sind auf der Oberseite zu verlöten. Erkennbar sind diese durch die mit Kreuzen markierten Bohrungen. Bitte verwenden Sie beim Aufbau der Leiterplatte den Bestückungsplan (**Bild 4**).

Ich habe auf der Leiterplatte mehrere Rasterfelder vorgesehen. Auf diesen kann man eigene Schaltungserweiterungen vornehmen.

Für den Fall, daß die Leiterplatte industriell hergestellt werden soll, kann auf der Homepage der CQ DL - www.darc.de/cqdl/download - ein Eagle-Layoutfile (Clipper.brd) herunter geladen werden (Clipper.sch ist das Schaltplan-File). Viele Leiterplattenhersteller können dieses Format unmittelbar für die Leiterplattenherstellung verwenden.

Standpunktes. Ich schlage eine Konfiguration vor, die mir persönlich gut gefällt. Trotzdem sollte man ruhig einmal an diesen Parametern „drehen“ und sich eine eigene Meinung bilden.

Nachdem die Grundzüge des Vorreglers erläutert wurden, wenden wir uns dem weiteren Signalverlauf zu. Über R10 und C13 wird die Signalspannung an einen weiteren Treiber (IC2B) gelegt. Durch IC2B werden über R21 zwei antiparallele Dioden (in IC4) angesteuert. Diese sind im Normalfall nicht leitend, da deren Durchlaßspannung nicht überschritten wird. Treten aber Sprachspitzen auf, die der Vorregler nicht ausreichend begrenzt, werden diese durch die zweite Clipperstufe (R21 und IC4) wirksam abgeschnitten. Eine Leuchtdiode (D1) signalisiert das Erreichen der Clipperstufe.

R10, C13 und R20 haben zunächst scheinbar keine Bedeutung. Beim Experimentieren ist es aber sehr wichtig, wenn man an dieser Stelle einige Freiheiten eingeräumt bekommt. Dazu später mehr.

Das in den Signalspitzen wirksam begrenzte Sprachsignal muß nun noch von den Oberwellen, die durch das Begrenzen entstanden sind, bereinigt werden. Das geschieht mit einem Sprachfilter (IC6). (Bitte nehmen Sie an diesen Schaltungsteilen nur dann Veränderungen vor, wenn Sie in der Lage sind, die Auswirkungen meßtechnisch zu erfassen!)

An C31 kann eine gefilterte Ausgangsspannung von $2 V_{eff}$ an $2 kW$ abgenommen werden. Das sollte zur Ansteuerung der meisten Modulatoren ausreichen.

Die PTT-Steuerung mittels IC5 und T2 klemmt die Regelspannung von T1 auf die Mitte von dessen Regelbereiches. Damit kann man das Reglereinschwingen bei Heim Anwendungen vermeiden.

Eine ähnliche Funktion kann man mit R14 erreichen. Durch diesen Widerstand wird eine Vorspannung auf die Regelleitung gegeben. Damit verkürzt sich die Ladezeit von C9 und C12.

Die gesamte Baugruppe wird mit einer Betriebsspannung von 12 V gespeist. C33 verringert den Innenwiderstand der Spannungsquelle. Die Stromaufnahme der Gesamtbaugruppe sollte 20...25 mA nicht übersteigen.

Erste Ergebnisse

Um die Ergebnisse, der von mir aufgebauten Baugruppe zu testen, habe ich diese mit einem FM-Meßgenerator verbunden. Dieser wurde auf die Betriebsart Phasenwinkelmodulation eingestellt. An den Eingang der Clipperbaugruppe habe ich zunächst einen Sinusgenerator geschaltet. Dessen richtige Aussteuerung ermittelt man durch die Regelspannung an C12. Bei rund 7 V befindet man

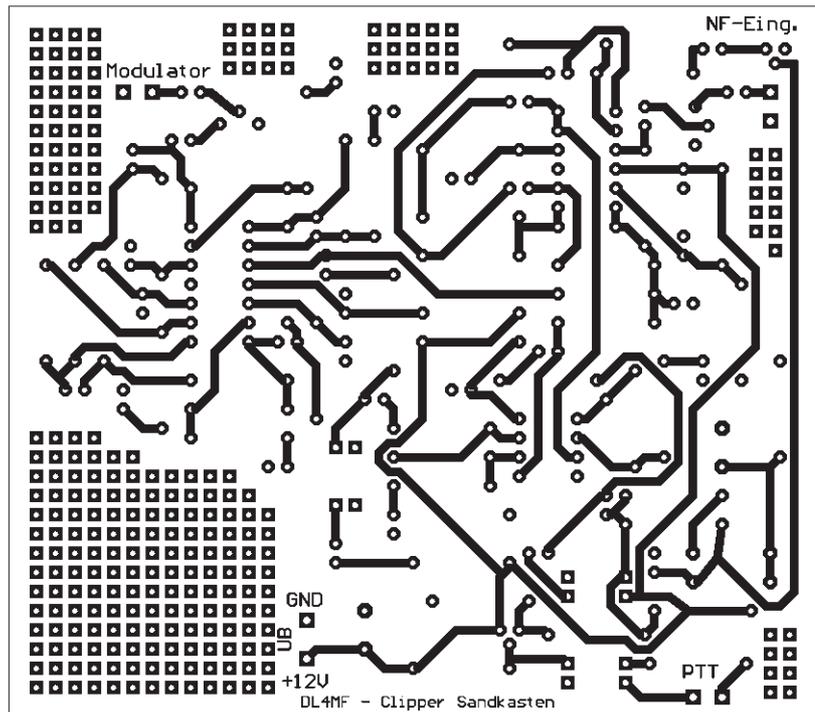


Bild 3: Die Unterseite der Platine

3/99, S. 217ff). Mit P2 wird nun die Maximalmodulation des Senders eingestellt (im 12,5-kHz-Raster wären das ± 3 kHz Hub). Während für den Heimbetrieb nun der Abgleich abgeschlossen ist, muß man bei der Relaisstelle noch einen Umstand prüfen: Der Regelumfang der Baugruppe ist unter Umständen zu groß. Dann würde das Rauschen bei schwachen oder untermodulierten Stationen zu stark aufgeregt. Daher habe ich mir angewöhnt, in einem weiteren Abgleichschritt das Meßgeneratorsignal am Relaisstellenempfänger abschließend zu verändern. Dazu verringere ich dessen Modulation auf ± 1 kHz. (Für mich der kleinste Hub, den ich ausregeln will. Andere mögen diese Schwelle höher oder tiefer legen.) Mit P1 wird nun die Eingangsempfindlichkeit der Clipperbaugruppe soweit verringert, daß die Regelspannung über C12 unter 4 V (das ist der Reglereinsatzpunkt) abfällt.

Die praktische Auswirkung dieser Modifikation ist, daß Signale ab etwa 1 kHz Hub geregelt werden. Signale darunter bleiben unbeeinflusst. Einfach mal selber probieren!

● **Vergrößerung der Dynamikverdichtung:** Bisher wird der Endclipper nicht zur Dynamikverdichtung verwendet. Dieser hat also nur die Aufgabe, als zusätzliche Komponente Modulationsspitzen des nachgeschalteten Senders sicher zu unterbinden.

Die Bauelemente der Schaltung zwischen R10 und R34 können aber auch für eine stärkere Sprachverdichtung modifiziert werden. Das darf dann aber nicht mehr unabhängig von der Modulationsfrequenz erfolgen. Die Verzerrungen bei tiefen Tönen wären viel zu stark! Als Ausgangskonfiguration werden R10 durch einen Kurzschluß ersetzt und C13 auf 10 nF verkleinert. Dadurch entsteht eine kräftige Höhenanhebung. Danach wird die gewünschte Kompression (Sprachverdichtung) mittels R20 (maximal 150 kW !) eingestellt. An der Helligkeit der Leuchtdiode erkennt man die Verdichtung. Abschließend muß die Höhenanhebung wieder rückgängig gemacht werden. Dies geschieht durch die Verschiebung der „selektiven Deemphasis“ nach tieferen Frequenzen. Dazu vergrößert man C20 auf mindestens 1 nF. Spielen Sie ruhig ein wenig mit den Parametern! Man kann dabei viel lernen.

Wie weit eine höhere Sprachkompression in einer Relaisstelle sinnvoll ist, sollte einfach in der Praxis erprobt werden. Für Heimanwendungen, zum Beispiel in DX-Verkehr, ist es auf jeden Fall interessant.

● **Relaiskennung oder Tonruf einkoppeln:** Ich schlage vor, die Relaiskennung oder den Tonruf direkt über einen Kondensator und einen Widerstand auf Pin 1 von IC4 einzukoppeln.

● **Sonstiges:** Die Spannung über C12 ist ein Maß für die Eingangsspannung der Baugruppe. Man könnte dieses Kriterium zur Modulationsbewertung (quasi ein Hubmesser) verwenden.

Die Leuchtdiode signalisiert das Auftreten von Sprachspitzen und wird bei Sprache normalerweise immer leicht flackern. Dieses Signal könnte man durch einen monostabilen

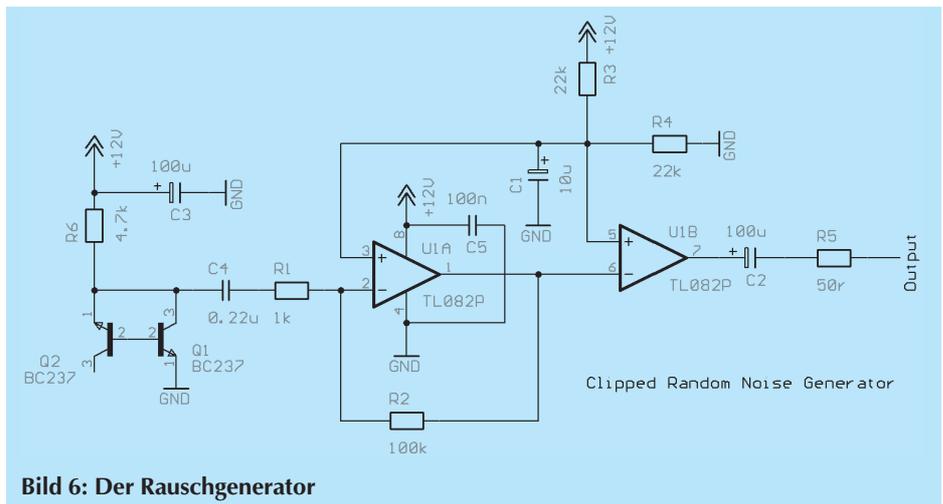


Bild 6: Der Rauschgenerator

Multivibrator verlängern und zum Beispiel als Vox-Kriterium heranziehen.

Zusammenfassung

Innerhalb der letzten Monate habe ich versucht, meine Erfahrungen mit der Aufbereitung von Sprachsignalen schriftlich zu erfassen und in eine einfache Experimentalschaltung umzusetzen. Ich war mir dabei bewußt, daß die Themen 12,5-kHz-Raster und sinnvolle Sprachaufbereitung heftig diskutiert und umstritten sind. Ich habe bewußt dazu keine Stellung bezogen, da ich der Meinung bin, daß zunächst eine gemeinsame Ausgangsbasis, zum Beispiel der „Clipper-Sandkasten“, für sinnvolle Streitgespräche erforderlich ist.

Es ist mein Wunsch, möglichst viele Funkamateure zum Experimentieren anzuregen.

Von VLF auf 80 m

Da ich mit dem Empfänger von DF2FQ [1] im VLF-Bereich kaum noch Fax-Aussendungen empfangen konnte, habe ich ihn für das 80-m-Band umgebaut. Mit einer 4 m langen Wurfantenne, welche ich an einem Fenster zwischen den Blumen aufgehängt hatte, konnte ich so in den Abendstunden mehrere europäische Stationen hören. Das bescheidene Selektionsvermögen des Empfängers störte kaum, da die Behelfsantenne nur schwache Signale lieferte. An einer guten Antenne kann es jedoch Störungen geben. Der Empfänger besitzt eine ausgezeichnete Empfindlichkeit und ist gut geeignet für Leute, die mit wenig Aufwand auf 80 m hören wollen.

Da er bereits für SSB geeignet ist, mußten nur Eingangsfiler und Oszillatorschaltkreis geändert werden. Während für VLF lediglich ein Tiefpaßfilter genügte, wurde nun ein Bandfilter vorgesehen. Gewählt wurde ein dreikreisiges mit kapazitiver Hochpunkt koppung

Da ich mir sicher bin, daß dieses Thema noch sehr viele Überraschungen birgt, freue ich mich schon auf zahlreiche Hinweise und Anregungen.

Relaisgruppen, die einen kurzfristigen Test planen, möchte ich, wenn sie es wünschen, in meiner knappen Freizeit gerne unterstützen. Schreibt mir eine E-Mail oder eine Nachricht via Packet Radio. Ich bitte aber um Geduld, da ich nur wenig Freizeit dem Hobby widmen kann.

Ausdrücklich danken möchte ich den Funkamateuren, die mich bei der Erstellung dieses Beitrages unterstützt haben. Ohne deren Zuspruch und Ratschlag wäre ich wohl nie fertig geworden...

Matthias Fehr, DL4MF
E-Mail: matthias.fehr@t-online.de
Packet Radio: DL4MF@DB0KFB

nach [2]. Antenne und Mischer werden über kapazitive „Anzapfungen“ angeschlossen (Bild). Das Filter kann freitragend oder auf einer Lochrasterplatte verdrahtet werden.

Der Oszillator arbeitet zwischen 3,05 MHz und 3,35 MHz, also unterhalb der Empfangsfrequenz. Die Induktivität der neuen Oszillatortspule beträgt 27 μ H. Die Bauform der

Spule bleibt unverändert. Sollte der Wert nicht verfügbar sein, kann man auch zwei Festinduktivitäten in Reihe schalten, z. B. 22 μ H und 4,7 μ H.

Sind die Schaltungsänderungen erfolgt, dreht man den Abstimmknopf zum Anfang (Schleifer an R27) und stellt mit C31 eine Oszillatorfrequenz von 3,04 MHz ein. Die Frequenz kann man mit einem Zähler an Pin 7 des NE 612 messen, wobei ein 10:1-Teiler verwendet werden sollte, um den Schwingkreis nicht zu sehr zu verstimmen.

Erwin Schulze, DH1ES

Literatur

- [1] H. Eckardt: Fax-Empfänger für den VLF-Bereich, CQ DL 4/95, S. 282ff
[2] G. Borchert: Der Newcomer, CQ DL 2/93, S. 80ff

12,5-kHz-Raster

FM-Relais optimiert (4)

Matthias Fehr, DL4MF

Mehr als anderthalb Jahre sind seit dem dritten Teil vergangen. In den Teilen 1 und 2 [1, 2] wurde ein theoretischer Lösungsansatz vorgestellt, im 3. Teil [3] der Entwurf einer Experimentalschaltung sowie die Diskussion dieses „Clipper-Sandkastens“, die Zusammenfassung von Anregungen, Hinweisen und Erweiterungswünschen.

Als Fazit ist eine universell verwendbare NF-Aufbereitung als Kompaktbaugruppe für FM-Relaisfunkstellen entwickelt worden („Universelle Clipperbaugruppe“). Diese Baugruppe, deren Implementierung in eine Relaisstelle und erste Erfahrungen in DBØTHA sollen den vorläufigen Abschluss bilden.

Um diesen Betrag nicht unnötig auszuweiten, wird bewusst nicht mehr auf die theoretischen Grundlagen eingegangen. Allen Interessenten, die sich in die Problematik einarbeiten wollen, sind daher auf die ersten drei Beiträge verwiesen [1, 2, 3], die auch als PDF-Dateien von der Homepage der CQ DL unter www.CQDL.de/download heruntergeladen werden können.

Kernbaugruppen des „Clipper-Sandkastens“

Die Kernbaugruppen des „Clipper-Sandkastens“ wurden beibehalten und sichern die grundlegende NF-Sprachaufbereitung [3]. Das Blockschaltbild zeigt **Bild 1**. Der Clipper wurde um eine weitere Clipperstufe [1] erweitert, die es erlaubt, die Sprache gezielt zu komprimieren. Damit soll eine kräftigere Modulation erzielt werden. Wichtig ist für das Verständnis der Schaltung, dass der Clipper das NF-Signal unmittelbar vom Empfängerdiskriminator erhält. Es darf also keine Deemphasis vorgeschaltet werden! Zunächst warnte ich vor der übereilten Anwendung von digitalen Sprachfiltern [2]. Doch die Entwicklung ist auch auf diesem Gebiet nicht stehen geblieben, und daher wurde ein geeignetes Filter integriert [4]. Über eine NF-Mischstufe kann der Kennungsgeber und/oder Roger-Beep der Relaisfunkstelle rückwirkungsarm in den Modulationstrakt eingespeist werden. Als zusätzliche Funktion wurde eine Rauschsperrung entworfen. Dies wurde erforderlich, da der Betrieb bei verringerten Kanalraster bei den zumeist vorhandenen Rauschsperrungen Probleme bereitete. Zusätzlich wird so ein Schaltsignal gewonnen, das es erlaubt, die Lautstärke des Kennungsgebers bei Empfang abzusenken.

Weiter wurde ein eigenständiger Tonrufauswerter in die Clipperbaugruppe aufgenommen. Dadurch sollen Kompatibilitäts-

probleme von kräftig modulierten Funkgeräten mit den doch recht schmalen 12,5-kHz-Empfängern verringert werden. Zusätzlich wird ein Schaltkriterium gewonnen, das es erlaubt, die Lautstärke des Tonrufs abzusenken.

Um den Störungen aus dem Nachbarkanal besondere Aufmerksamkeit zu widmen, wurde in die Clipperbaugruppe ein Frequenzablageindikator aufgenommen. Damit soll verhindert werden, dass Stationen außerhalb einer wählbaren Frequenzablage die Rauschsperrung öffnen.

Die Clipperschaltung

Die Clipperschaltung (**Bild 2**) entspricht im Kern dem „Clipper-Sandkasten“ [3]. Neu hinzugekommen ist mit IC12B ein weiterer Verstärker, der eine zweite Clipperstufe ansteuert. Mit dem Verstärkungsgrad an IC12B kann man die Kompression einstellen, die zusätzlich auf alle zuvor ausgeregelten NF-Signale aufgebracht wird. In der dargestellten Schaltung wird durch die Clipping ein zusätzlicher Klirrfaktor von rund 5 % auf die Modulation aufgeprägt. Dadurch entstehen kaum Qualitätsverschlechterungen für die Modulation. Deutlich hörbar ist jedoch die Anhebung der mittleren Modulationslautstärke. Für Anwendungen im Kurzwellengebiet kann man durch Verkleinerung von R63 die Clipping weiter erhöhen.

Bereits in der Beschreibung des „Clipper-Sandkastens“ wurde auf die Funktion der „frequenzselektiven Deemphasis“ hingewiesen. IC13B übernimmt diese Aufgabe. Gleichzeitig fungiert dieser Schaltkreis als NF-Mischer für den Kennungsgeber. Die Bemessung der „frequenzselektiven Deemphasis“ wurde in langwierigen Versuchsrei-

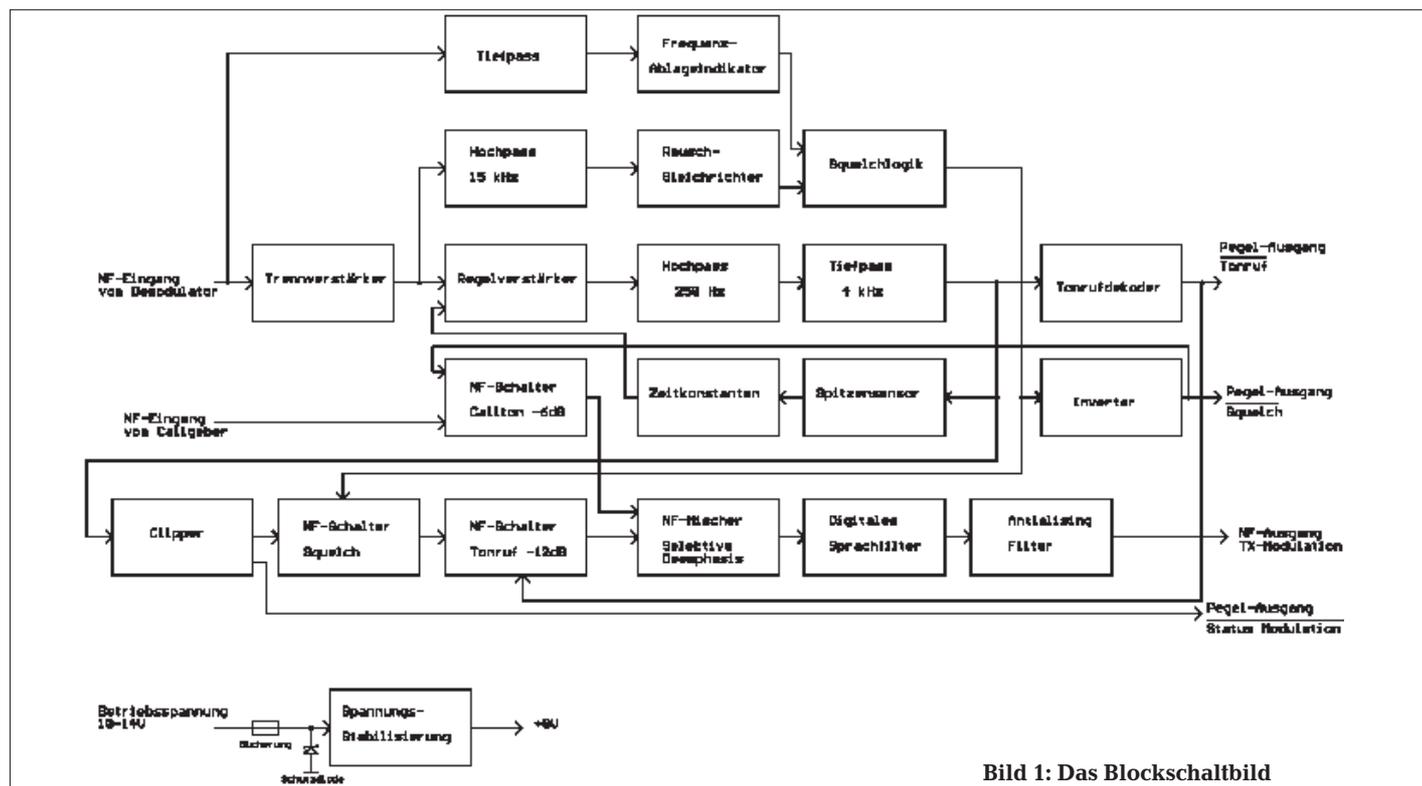


Bild 1: Das Blockschaltbild

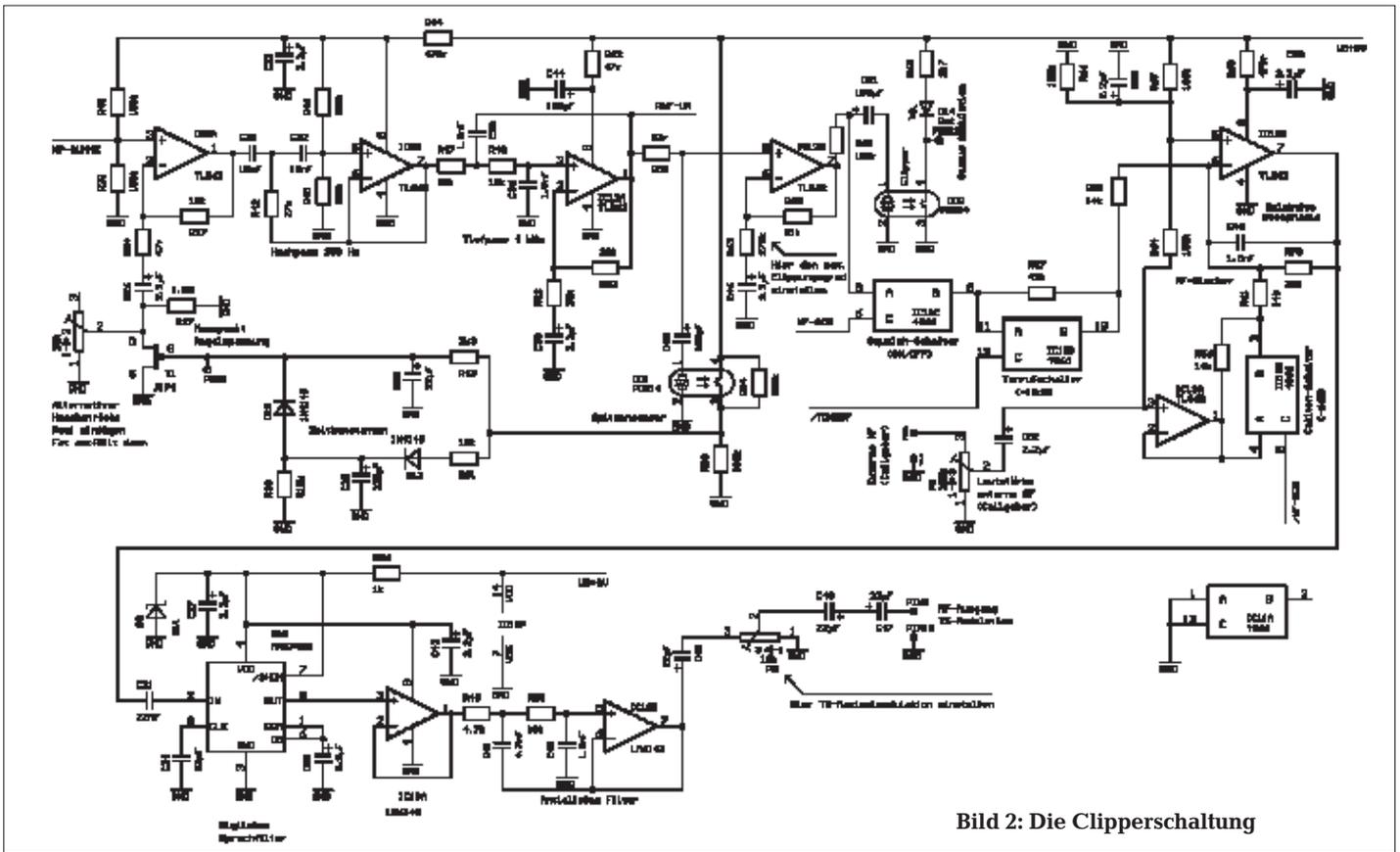


Bild 2: Die Clipperschaltung

hen ermittelt. Anliegen war die deutliche Reduktion der spektralen Senderbandbreite durch allmähliche Absenkung der Sender-Preemphasis ab etwa 2,5 kHz ohne hörbare Beeinträchtigung der Sprachqualität. Es ist daher angeraten, zunächst bei der dargestellten Dimensionierung zu bleiben. IC8 ist ein digitales Tiefpassfilter fünfter Ordnung mit sehr guter Eignung als Sender-sprachfilter. Mittels C34 wird die obere Grenzfrequenz eingestellt. Bei der dargestellten Dimensionierung liegt dieser Punkt oberhalb 3 kHz.

Auch das beste Digitalfilter weist am Ausgang Reste interner Taktfrequenzen auf. Daher muss ein analoges Filter nachgeschaltet werden. Dieses Filter, realisiert mit IC10, muss hohen Ansprüchen in der Übertragungsqualität gerecht werden. Daher kann hier nur ein wirklich guter Operationsverstärker (OPV) eingesetzt werden. Der LM6142 ist dafür vorzüglich geeignet und sollte nicht „ohne Not“ durch andere Schaltkreise ersetzt werden! Am Ausgang des Filters kann eine Wechselspannung von mindestens 1,4 V_{eff} abgenommen werden.

Rauschsperrschaltung

Die Rauschsperrschaltung einer Relaisstelle im 12,5-kHz-Raster ist keine einfache Aufgabe. Das liegt ursächlich daran, dass auch in Zukunft die meisten Funkgeräte „zuviel Modulation“ erzeugen werden. Damit ist man immer mit der unmittelbaren Beeinflussung durch Oberwellen von Sprachspitzen, welche die Bandbreite des ZF-Verstärkers im Relaisempfänger deutlich überschreiten, konfrontiert. Die entworfene Schaltung (Bild 3) versucht, diesen Nachteilen so weit wie möglich zu entge-

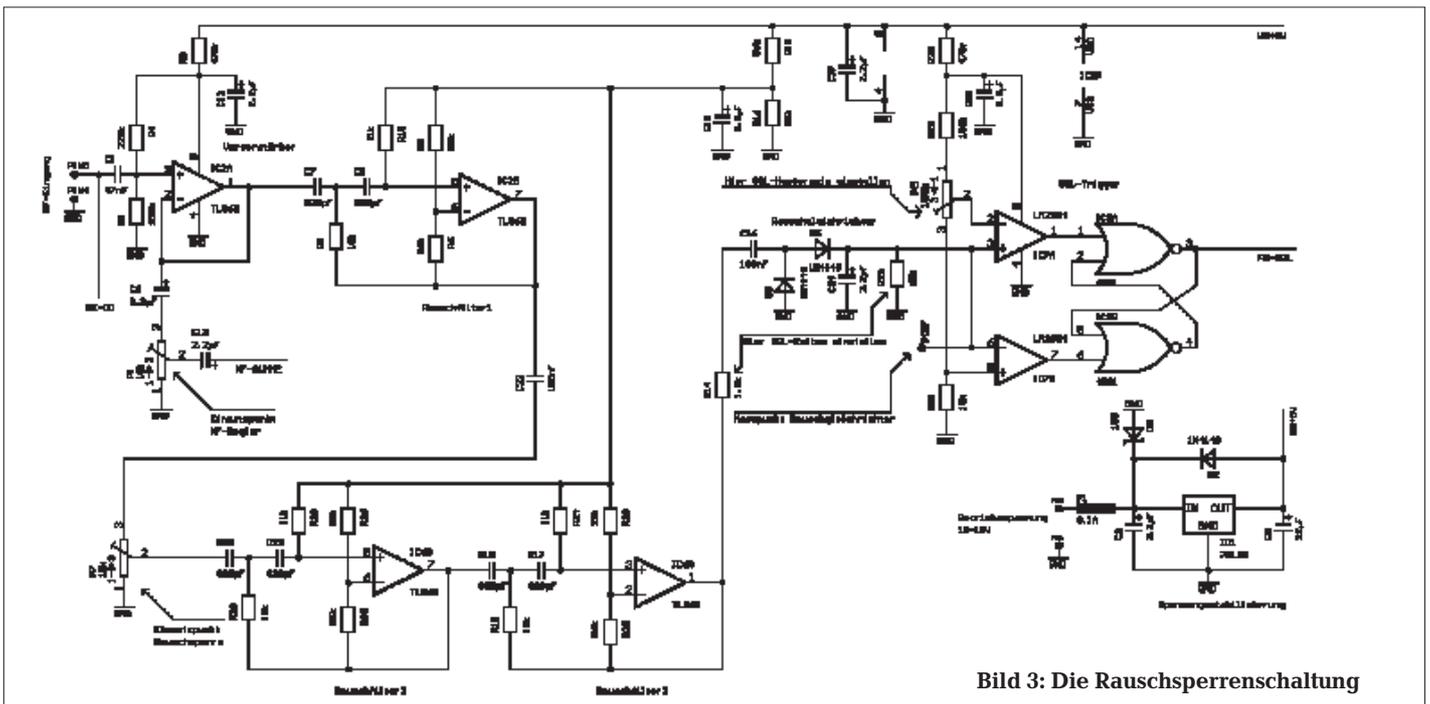


Bild 3: Die Rauschsperrschaltung

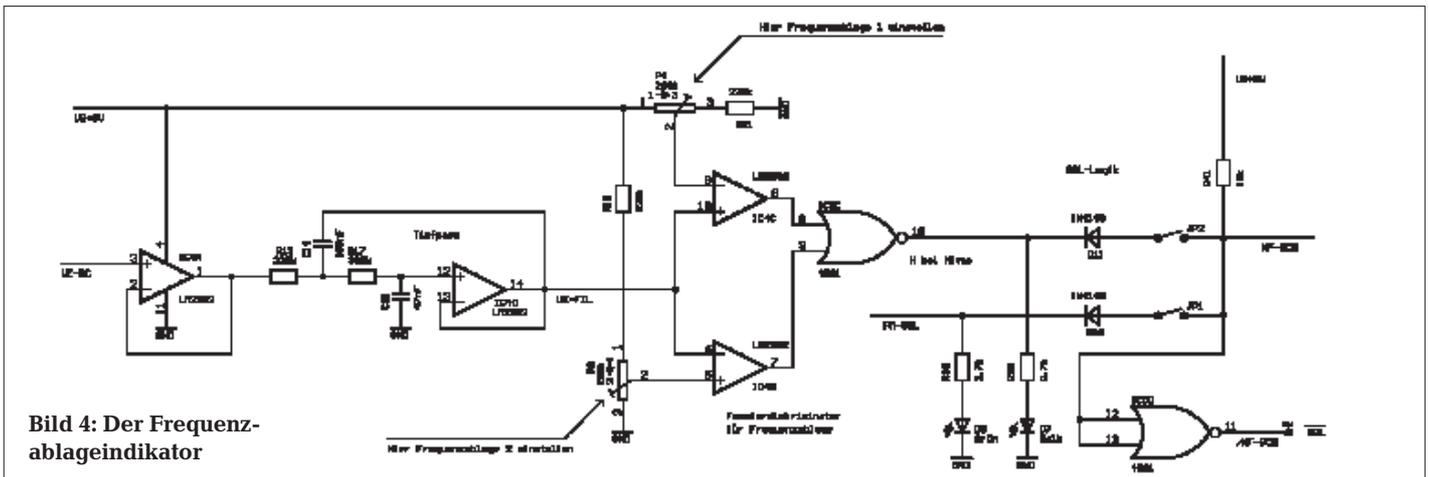


Bild 4: Der Frequenz-ablageindikator

hen. Ein steiler NF-Hochpass (IC2B und IC6) filtert zunächst das Rauschsignal aus. Die Rauschspannung wird gleichgerichtet und einem Präzisionskomparator (IC7 und IC5) zugeführt. Die Zeitkonstanten am Rauschgleichrichter werden durch Widerstände beeinflusst. Dadurch wird die Schaltung unempfindlicher gegen Impulsstörungen und Sprachspitzen. R14 beeinflusst dabei die Zeit von eintreffendem Träger bis zur Öffnung der Rauschsperrschaltung und R33 die Zeit bis zum Schließen der Rauschsperrschaltung.

Frequenzablageindikator

Die Eingangsspannung der Baugruppe wird zunächst gefiltert (IC4D). Danach werden nur noch langsame Änderungen der Frequenz ausgewertet. Ein nachfolgender Fensterdiskriminator (IC4B, IC4C und IC5C) erfasst die richtige Mittenlage der Trägerfrequenz (Bild 4). Über eine Logik (D10 und D11) werden die Schaltkriterien von Rauschsperrschaltung und Rauschsperrschalter (IC11C auf Bild 2) zugeführt. Durch Ziehen der Steckbrücken (JP1 und JP2) kann das jeweilige Schaltkriterium abgeschaltet werden.

Tonrufauswertung

Der Tonrufauswerter (Bild 5) erhält von der Clipperbaugruppe eine gefilterte und geregelte NF-Spannung. Diese muss zunächst noch einer Deemphasis unterworfen werden. Die Tonrufauswertung wird mit einem PLL-Schaltkreis (IC3) durchgeführt. Durch die Außenbeschaltung dieses Schaltkreises wird dafür gesorgt, dass eine praxisgerechte Auswertungsgeschwindigkeit und Impulsfestigkeit erreicht wird. Von unbeachteten Änderungen wird daher abgesehen.

Auswahl der Bauelemente

Die meisten elektronischen Bauelemente sind in deren Auswahl relativ unkritisch. Die Kondensatoren C7–C9, C17, C19, C22, C25, C29, C32, C36, C39, C34, C41 und C40 sollten unbedingt NP0-Typen sein. Für die Einstellregler empfehlen sich unbedingt gekapselte Spindeltrimmer. Der Transistor T1, J174 wird noch von verschiedenen Herstellern produziert. Bei Beschaffungsproblemen helfe ich gerne. Der Schaltkreis IC10, LM6142 sollte nicht gegen andere Typen ausgetauscht werden, da dadurch unmittelbar das Senderspektrum betroffen werden kann. Der Schaltkreis IC3, hier

NE567, wird von verschiedenen Herstellern zum Teil mit anderen Bezeichnungen (z. B. LM567) gefertigt. Über die Eignung sollte jedoch unbedingt ein Test entscheiden.

Leiterplattenbestückung

Die gesamte Baugruppe wurde auf einer doppelseitigen Leiterplatte (Bild 6) mit den Maßen 140 mm × 100 mm realisiert. Dabei wurde auf einen möglichst einfachen Aufbau geachtet, der es erlaubt, direkt vor Ort – quasi im Feldeinsatz – Bauteile zu wechseln. Wie beim „Clipper-Sandkasten“ werden auch für diese Baugruppe die Schaltungs- und Leiterplattendaten auf der Homepage der CQ DL unter www.CQDL.de/download zu finden sein. Die Leiterplattendaten sind mit Eagle 3.5 erstellt worden. Auf der Homepage des Herstellers www.cadsoft.de findet man u. a. eine Freeware dieser Software. Mit dem darin enthaltenen CAM-Prozessor kann man die Schaltpläne drucken und die Leiterplattendaten aufbereiten (um die Schaltung oder Leiterplatte zu bearbeiten, muss jedoch eine Lizenzversion zum Einsatz kommen). Für die Leiterplattenherstellung stellt das allerdings kein großes Problem dar, da die meisten Leiter-

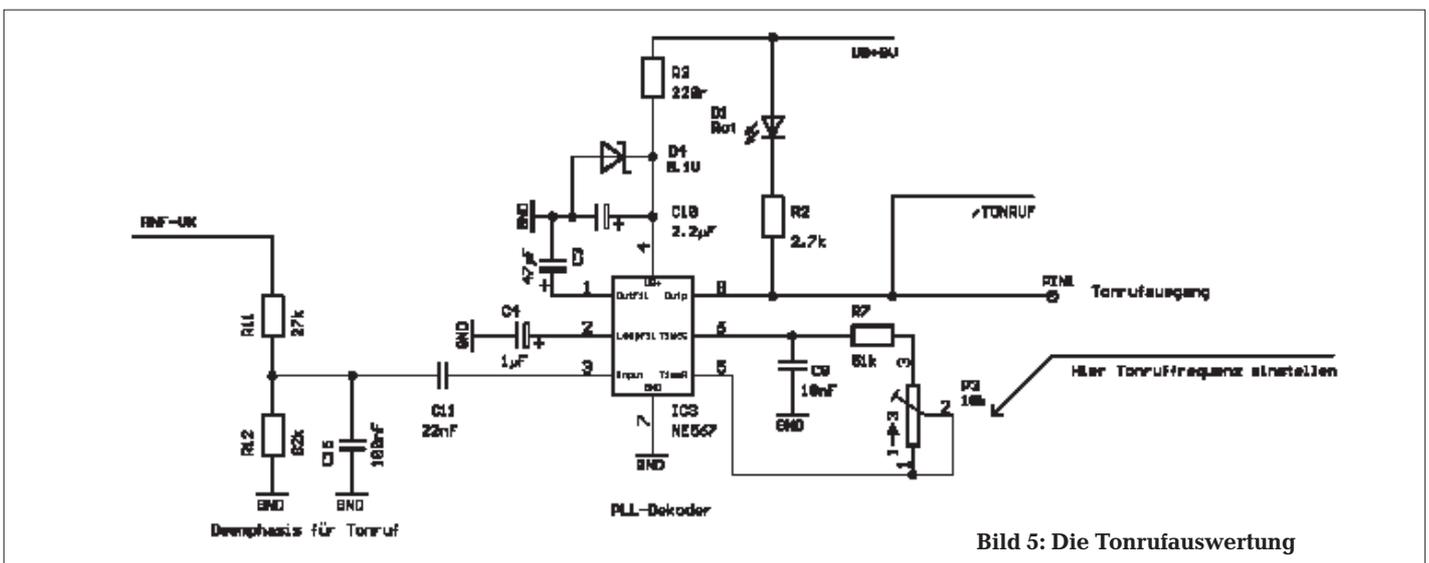


Bild 5: Die Tonrufauswertung

plattenhersteller (z. B. www.pcb-pool.de) unmittelbar die Eagledateien verwenden können. Bitte keine Anfragen zur Leiterplattenbeschaffung an mich.

Der Einbau in eine Relaisstelle

Dargestellt wird der prinzipielle Anschluss an eine vorhandene Relaisfunkstelle (**Bild 7**). Leider gibt es unterschiedlichste Realisierungsvarianten, sodass man manchmal nicht ohne eigene Anpassungen auskommt. Wichtig ist aber, dass möglichst alle frequenzgangbestimmenden Bauteile entfernt oder umgangen werden.

Beim Empfänger ist die Verbindung zur „Universellen Clipperbaugruppe“ meist recht einfach. Wichtig ist nur, dass keine Deemphasis verwendet werden darf bzw. diese umgangen werden muss. Eine direkte Koppelung zum Diskriminatorausgang (**Bild 9**) ist wünschenswert. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass für Erprobungen ohne die Preemphasis eines Funkgerätes falsche Messergebnisse erzielt werden (fügen Sie also im Bedarfsfall eine Preemphasis, 6 dB pro Oktave, vor den Baugruppeneingang ein)!

Zumeist werden heute Demodulatorschaltkreise verwendet, die bei Empfang auf Kanalmitte eine Gleichspannung im Bereich von 2...7 V liefern. Bei diesen Demodulatoren arbeitet der Frequenzablagediskriminator sachgerecht. Bei davon abweichender Mittenspannung kann man den Frequenzablageindikator nicht verwenden, oder es muss der Baugruppe eine Klemmschaltung vorgeschaltet werden. Der Sendermodulator muss ebenfalls unmittelbar mit der Baugruppe verbunden sein. Es sollten keinesfalls Teile der alten Modulationsaufbereitung zur Anwendung kommen. Die Clipperbaugruppe enthält dazu alle notwendigen Schaltungsbestandteile. Es können nur noch Sender mit „echter“ Frequenzmodulation verwendet werden. Sollten noch PM-Sender vorhanden sein (Prüfaufbau in [2]), so ist unbedingt eine Deemphasis einzufügen!

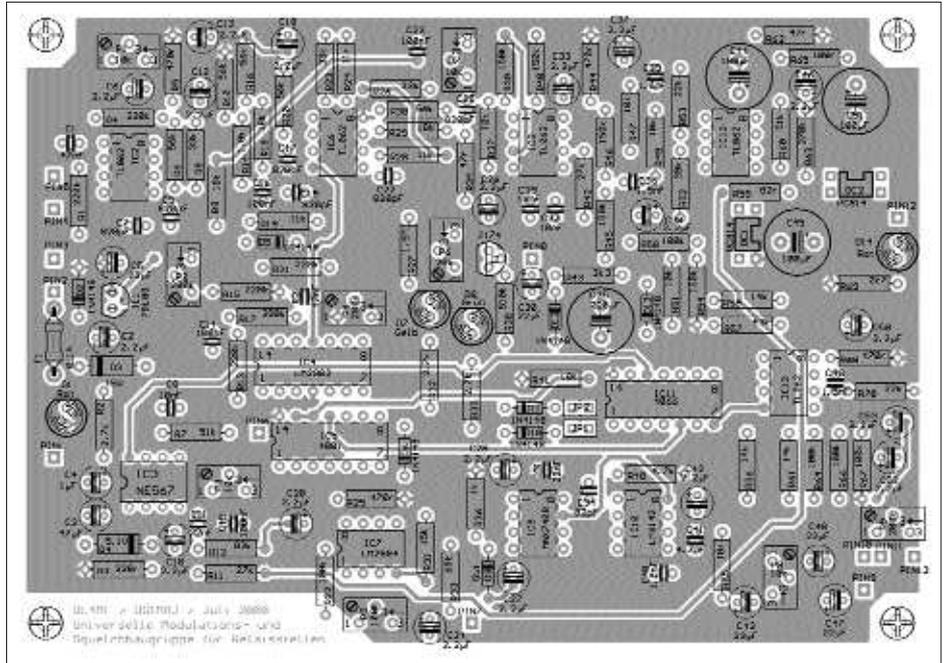


Bild 6: Die Leiterplattenbestückung

Zur Empfindlichkeitseinstellung der Baugruppe drehen Sie zunächst P1 auf den Massepunkt. Dann stellen Sie den Messgenerator am Relaisempfängereingang auf die Nutzfrequenz, ca. 100 μ V HF-Pegel, 1 kHz Modulationsfrequenz und 1 kHz Frequenzhub. Drehen Sie nun P1 langsam auf. Bei Einsatz der zweiten Clipperstufe, dargestellt durch das gerade beginnende Aufleuchten rote Leuchtdiode D14, ist die Empfindlichkeit eingestellt.

Danach sollte man die Rauschsperrung regulieren. Dazu wird zunächst P7 auf Masse und P5 auf Mitte eingestellt. Dann wird zunächst ohne Empfängereingangssignal mittels P7 die Rauschsperrung geschlossen. Zu erkennen ist das am Erlöschen der grünen Leuchtdiode D8. Danach ist die Hysterisis der Rauschsperrung zu ermitteln. Durch wechselseitigen Abgleich von P5 und P7 ist diese auf 2,5 dB einzustellen (Trotz anderslautender Expertenmeinungen sollte man zunächst mit diesem Wert Erfahrun-

gen sammeln!). Es ist weiter unbedingt angeordnet, das Temperaturverhalten der Rauschsperrung (Relaisempfänger!) zu prüfen. Die Schranken des Frequenzablageindikators werden mittels P2 und P4 eingestellt. Die Lage der Empfängereingangsfrequenz innerhalb dieser Schranken wird durch das Aufleuchten der gelben LED D7 signalisiert. Wird kein Frequenzablageindikator benötigt, so kann man diesen durch Ziehen von JP2 abschalten.

Die maximale Modulation kann man mit P8 für Relaisstellen im 25-kHz-Raster oder für Relaisstellen im 12,5-kHz-Raster mit geographischer Entzerrung (mindestens 80 km Abstand im 2-m-Band und mindestens 50 km Abstand im 70-cm-Band bis zur nächsten Relaisstelle im Nachbarkanal) auf 3,7 kHz (bei einem 1 kHz Messfrequenz) eingestellt werden. Das besondere Schaltungsprinzip des Clippers bewirkt, dass diese Maximalmodulation nahezu der mittleren Modulation entspricht. Dadurch

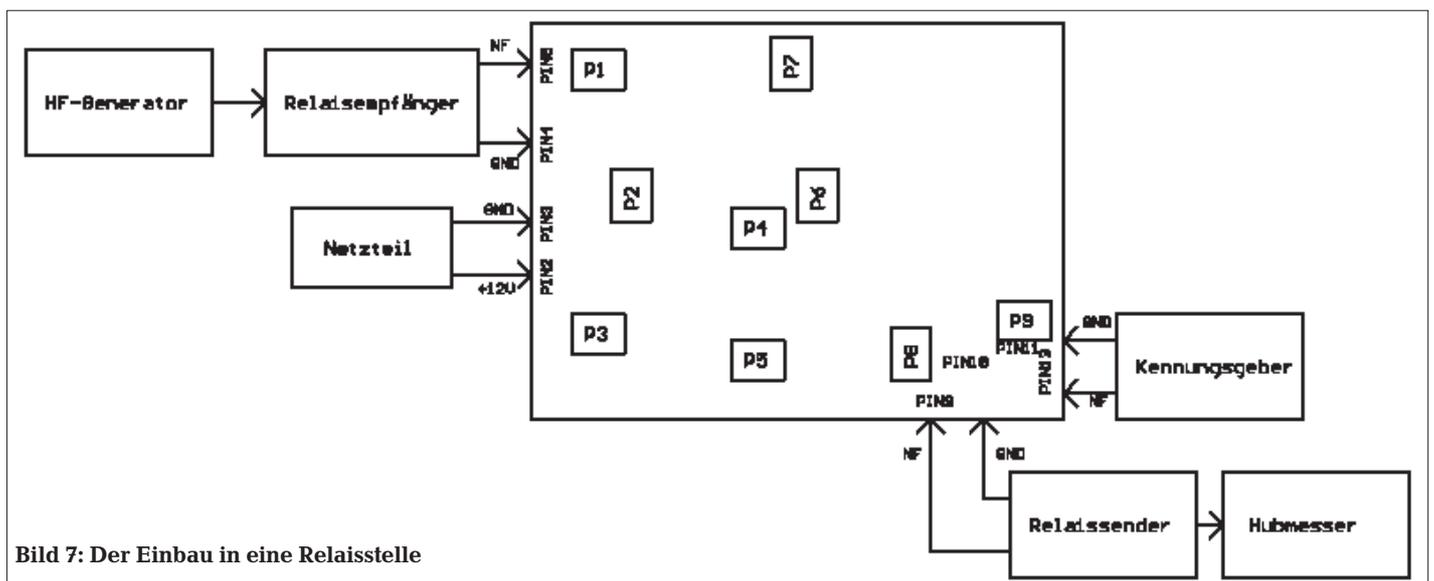


Bild 7: Der Einbau in eine Relaisstelle

wird die subjektiv empfundene Modulationslautstärke gleich oder größer sein als bei konventionellen Relaisstellen des 25-kHz-Rasters. Die maximale Modulation für Relaisstellen im 12,5-kHz-Raster mit nur geringer geographischer Entfernung kann bedenkenlos auf 3 kHz eingestellt werden. Der damit verbundene Reichweitenverlust ist durch die spezielle Signalaufbereitung als gering einzuschätzen.

Mit P9 wird die gewünschte Lautstärke des Kennungsgebers eingestellt. Abschließend wird mit P3 die Mittenfrequenz des Tonrufauswerters eingestellt. Bei sachgemäßer Funktion sollte in einem Bereich von mindestens 1,7...1,8 kHz der Tonrufauswerter ansprechen. Dargestellt wird dieses durch das Aufleuchten der roten Leuchtdiode D1. Die Ausgangssignale des Tonrufauswerters können an PIN1 und der Rauschsperre an PIN6 abgenommen werden. Bei sachgemäßer Koppelung können diese beispielsweise in die Relaisstellenablaufsteuerung einbezogen werden.

Praxiserprobung und erzielte Ergebnisse

Die Gesamtbaugruppe wurde zur Erprobung in mehreren Realisierungsvarianten in das Thüringer Schneekopfre-relais, DBØTHA 145,7375 MHz, eingebaut. Durch dieses weitreichende Relais konnten viele Funkamateure in die Erprobung einbezogen werden. Im Laufe der Schaltungsentwicklung wurde erreicht:

- Die Modulationsaufbereitung arbeitet transparent. Das bedeutet, dass die in der Baugruppe stattfindenden Regelvorgänge den Gesprächsablauf nicht störend beeinflussen
- Die Sprachqualität wird beim Passieren der Relaisstelle kaum hörbar beeinflusst. Das bedeutet in der Praxis, dass die Sprachqualität auf der Relais-eingabe nahe identisch mit der Relaisausgabe ist
- Zu stark modulierte Stationen auf der Relaiseingabe werden trotz einer Empfänger-ZF-Bandbreite von rund 9 kHz (12,5-kHz-Raster) in weiten Grenzen akzeptiert
- Die zweistufige Clipperbaugruppe reduziert wirksam Impulsstörungen und Sprachspitzen
- Zu schwach modulierte Stationen werden kräftig in deren Modulation angehoben und erhalten eine vergleichbare Reichweite zu kräftig modulierten Stationen. Ich beobachte die Relaisstelle aus rund 300 km Entfernung (Ostallgäu-Landkreis). Immer wenn meine Empfängerrauschsperre öffnet, ist die Modulation der über DBØTHA funkenden Stationen verständlich
- Die Rauschsperrenschaltung hat sich als praktikabel und unempfindlich gegen Störungen erwiesen
- Die mit der Rauschsperre verknüpfte Steuerung der Kennungsgeberlautstärke (Relais-Call) und die mit dem Tonrufempfänger verknüpfte Tonrufabsenkung werden von den Funkamateuren akzeptiert
- Der Tonrufauswerter ist auch bei der geringen Empfängerbandbreite einer Relaisstelle im 12,5-kHz-Raster von nahezu allen Stationen auszulösen
- Der Frequenzablageindikator, im Test auf >5 kHz eingestellt, blendet starke Funkstationen „neben“ der Relaiseingabefrequenz wirksam aus (Das gilt natürlich nur für den Spezialfall, dass auf der Nutzfrequenz keine Signale vorhanden sind)

Bild 8 stellt die maximal (Peakwert bei 10 dB Übersteuerung) belegte HF-Bandbreite des Relaisstellensenders im 12,5-kHz-Raster bei einer Maximalmodulation von 3 kHz dar. Bemerkenswert ist die in

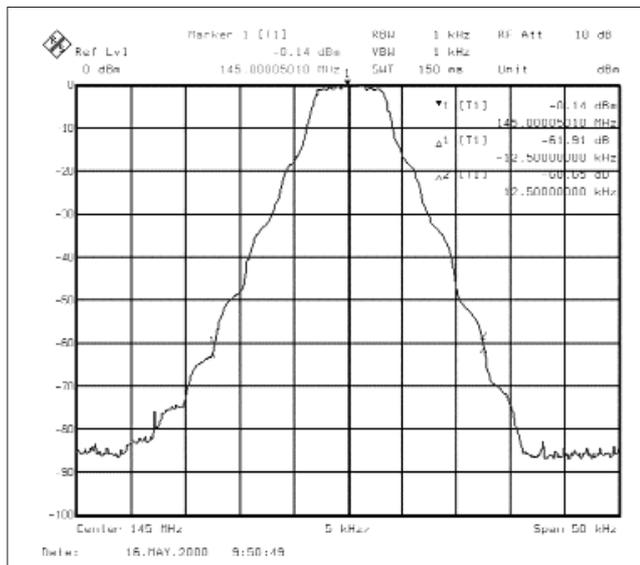


Bild 8: Maximal belegte HF-Bandbreite

der Praxis erzielbar geringe HF-Bandbreite, die trotz der kräftigen Modulation und der bis über 3 kHz reichenden NF-Bandbreite belegt wird. Mehr als 60 dB Kanaltrennung ist für die Funkpraxis mehr als ausreichend. Das sollte so manche „Sachdiskussion“ zur belegten HF-Bandbreite vor neue „Herausforderungen“ stellen!). Selbst die Anhebung der Maximalmodulation auf 3,7 kHz verringert die Kanaltrennung lediglich auf akzeptable Werte. Bei der Erprobung in DBØTHA konnten bei zwei Monaten Testbetrieb keine diesbezüglichen Störungsmeldungen registriert werden.

Einschränkungen

Die Integration der „Universellen Clipperbaugruppe“ in eine Relaisstelle stellt immer einen tiefen Eingriff in die Relaisstelle dar. Es ist sicher nicht erforderlich anzumerken, dass man ohne ein Minimum an Sacherfahrung und ohne ausreichende Messtechnik kaum den gewünschten Erfolg erzielen wird.

Obwohl die „Universellen Clipperbaugruppe“ mit größter Sorgfalt entwickelt und erprobt wurde, sind Fehler nie ganz auszuschließen. Insbesondere konnte bei der Entwicklung nicht berücksichtigt werden, wie sich die jeweilige Relaisstelle vor Ort verhält. Bei DBØTHA konnte von einer ausreichenden Stabilisierung der Wirkung

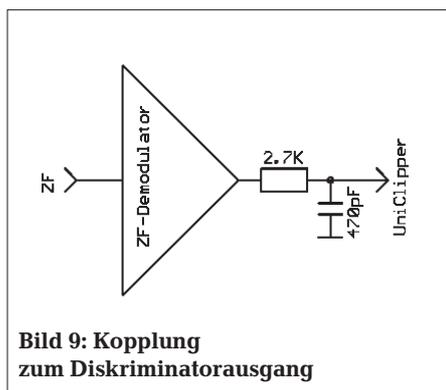


Bild 9: Kopplung zum Diskriminatorausgang

von Umgebungseinflüssen ausgegangen werden. An anderen Standorten ist z. B. der Einfluss von Temperatur- und Versorgungsspannung zu ermitteln und eventuell zu kompensieren. Ich bin mir natürlich bewusst, dass man mit dem Thema Modulationsaufbereitung ganze Bücher füllen könnte und daher auch vier Beiträge in der CQ DL nur Teilspekte beleuchten können. Auch die Erstellung eines technischen Beitrags ist im Gegensatz zur Bastel- und Entwicklungstätigkeit von besonderer Delikatesse (Zu viele Punkte glaubt man

als Autor ausreichend behandelt zu haben...). Daher stehe ich in meiner knappen Freizeit gerne für technische beratende Unterstützung zur Verfügung (Bitte stellen Sie Ihre Fragen an Matthias.Fehr@t-online.de oder DL4MF@DBØKFB).

Zusammenfassung

Vor einem Zeitraum von mehr als zwei Jahren wurde die Problematik schmaler Relaisfunkstellen im 12,5-kHz-Raster als nicht ausreichend technisch diskutierter Sachgegenstand erkannt. Seit diesem Zeitraum habe ich mich darum bemüht, die technischen Grundlagen darzustellen, Lösungsansätze zu formulieren, eine Experimentalplattform einzuführen, die Reaktionen auszuwerten und abschließend eine „Universelle Clipperbaugruppe“ zu entwickeln. Ich sehe mit den erzielten Ergebnissen nunmehr eine praktikable Bestätigung für die Einführung des 12,5-kHz-Rasters. Die Kompatibilität zu vorhandenem Equipment konnte dabei in weiten Grenzen bestätigt werden. Mit dieser abschließenden Veröffentlichung gehe ich davon aus, dass die damit verbundenen technischen Fragen nunmehr Allgemeingut werden könnten.

Abschließend möchte ich den vielen ungenannten Helfern, Diskussionspartnern und zahlreichen Funkamateuren, die meine Tests „tapfer ertragen haben“ herzlich danken! Besonderer Dank gilt meinem Funkfreund und Kollegen Roland, DG1MAJ, der mir beim diesem Projekt wesentlich mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat.

Matthias Fehr, DL4MF
Matthias.Fehr@t-online.de
DL4MF@DBØKFB

Literatur

- [1] FM-Relais optimiert (1), Matthias Fehr, DL4MF, CQ DL 2/99, S. 114ff
- [2] FM-Relais optimiert (2), Matthias Fehr, DL4MF, CQ DL 3/99, S. 217ff
- [3] FM-Relais optimiert (1), Matthias Fehr, DL4MF, CQ DL 4/99, S. 312ff