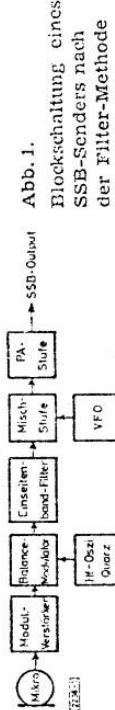


## SSB nach der „dritten Methode“

Von Günter Peltz, Osterode/Harz, Herzberger Straße 11

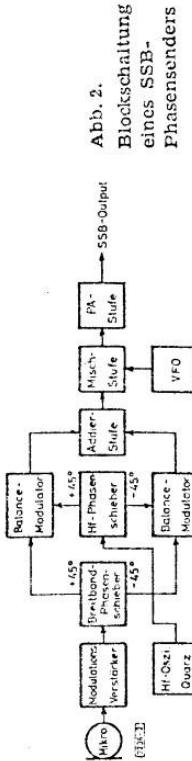
Zur Erzeugung eines SSB-Signals sind uns die Filter- und die Phasennmethode bekannt. Daraus ergibt es noch ein erstmaliges Verfahren, das sich durch besonders einfache Abriegelung auszeichnet und das Nf in SSB oder SSB in Nf umsetzen kann. Diese „dritte Methode“ ist so interessant, daß sie hier näher erläutert werden soll, zumal es bereits industrielle Vorbilder (Sendeempfänger) gibt.

Bei der Filter- und bei der Phasennmethode wird der Hf-Träger bekanntlich durch einen Ring- oder Balancemodulator unterdrückt. Man beseitigt das unerwünschte Seitenband mit Hilfe steilläufiger Filter (1) oder durch einen gegenphasigen Signal (2).



An die Filter (Abb. 1) stellt man sehr hohe Ansprüche, und bei einer Zf in der Gegend von 450 kHz kommen praktisch nur entweder verhältnismäßig komplizierte Quarzbrücken- oder sehr teure mechanische Typen in Frage.

Der Phasenexziter kommt ohne kostspielige Filter aus. Die Tonfrequenz regt zu einem Phasenschieber (Abb. 2), der die Phase des Nf-Bereiches um  $\pm 45^\circ$  dreht, so daß die Ausgangsspannungen um  $90^\circ$  gegeneinander verschoben sind. Jeder Ausgang ist mit einem Ring- oder Balancemodulator verbunden, dem der hochfrequente Träger ebenfalls mit einer gegenseitigen Phasenverschiebung von  $90^\circ$  zugeführt wird. Dadurch treten die Seitenbänder mit



solchen Phasen hinter den Ringmodulatoren auf, daß sich bei Parallelschalten der Ausgänge die unerwünschten Seitenbänder auslöschen, während sich die gewünschten addieren. Der Erfolg dieses Verfahrens hängt von der Genauigkeit ab, mit der die Phasenschieber die um  $90^\circ$  phasenverschobene Tonfrequenzspannung liefern. Der Phasenwinkel muß über den gesamten übertragenden Tonfrequenzbereich genau  $90^\circ$  sein. Jede Differenz führt zu einem unvollständigen Auslösen des nicht gewünschten Seitenbandes.

Beide Exziter haben den Nachteil, daß sie beim Bau und Abgleich mit amateurmäßigen Mitteln am Senderausgang nur eine Träger- und Seitenbandunterdrückung von ca. 30 dB gestatten (1).

Bei der „dritten Methode“ besteht das Hauptmerkmal darin, daß man den Träger und das unerwünschte Seitenband gar nicht erst erzeugt, weshalb sich die Kompensation dieser Komponenten erübrigst. Die verwendeten Filter und Phasenschieber sind sehr einfach aufgebaut, sie brauchen in bezug auf Toleranzen keinen scharfen Anforderungen zu genügen (4).

Bei diesem Verfahren (Abb. 3) soll sich der zu übertragende Frequenzbereich von 300 bis 2700 Hz erstrecken, der für den Amateurradioverkehr ausreicht, wobei nur das obere Seitenband übertragen wird, welches um 300 bis 2700 Hz über dem nicht vorhandenen „Imagnärträger“  $f_i$  liegt.

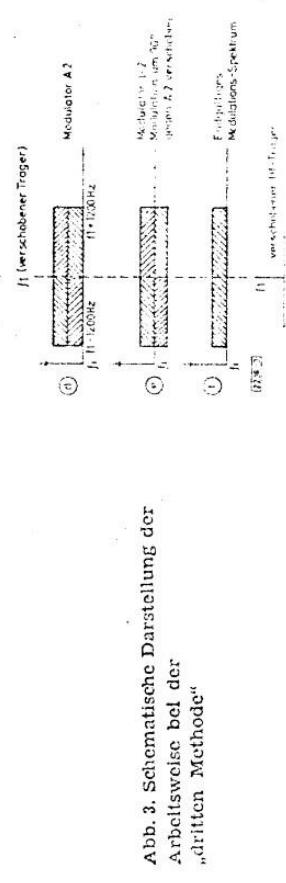


Abb. 3 a zeigt das zu übertragende Nf-Spektrum von 300 bis 2700 Hz. Die in der Mitte dieses Frequenzbandes liegende Frequenz  $f_0$  wird als Hfsträger verwendet, dem man das von 300 bis 2700 Hz reichende Band in einem den Träger unterdrückenden Ringmodulator aufmoduliert. Dabei entstehen ein oberes Seitenband von 1800 bis 4200 Hz und ein unteres Seitenband, das aus zwei übereinandergeklappten Hälften besteht, von denen jede von 0 bis 1200 Hz reicht (Abb. 3 b). Die eine Hälfte enthält die ursprüngliche Tonfrequenz, von 300 bis 1500 Hz, die andere die Frequenzen von 1500 bis 2700 Hz. Das anfangs 2400 Hz breite Frequenzspektrum ist also jetzt auf eine Breite von 1200 Hz zusammengedrängt. Durch das Zusammenfallen des Frequenzbandes entsteht jedoch eine Zweideutigkeit, da jeder Frequenz im unteren Seitenband von Abb. 3 b zwei Frequenzen im Spektrum von Abb. 3 a entsprechen, die sich aber durch ihre Phase unterscheiden.

Da nur das untere, zusammengefaltete Seitenband verwendet werden soll, wird das obere (1800 bis 4200 Hz) durch ein Filter unterdrückt (Abb. 3 c). Hierfür genügt im Gegensatz zur Filtermethode ein einfaches Niederfrequenzfilter. Mit dem zusammengefalteten Tonfrequenzspektrum wird nun in einem Ringmodulator ein hochfrequenter Träger  $f_i$  moduliert, der aber nicht gleich dem imaginären Träger  $f_i$ , sondern gegen diesen um  $f_0$ , also um 1500 Hz, verschoben ist. Dadurch entstehen symmetrisch zu  $f_i$  zwei Seitenbänder (Abb. 3 d), die zusammen auf den Imaginärträger  $f_i$  die gleiche Lage und Breite haben, die das obere Seitenband von  $f_i$  haben würde, wenn  $f_i$  unmittelbar mit dem Nf-Spektrum von 300 bis 2700 Hz moduliert worden wäre.

Das Frequenzspektrum in Abb. 3 d ist allerdings noch unzweckmäßig, da es die Information zweimal enthält und zweideutig ist. Die Erfahrung hat zwar gezeigt, daß auch bei Aussendung dieses zweideutigen Seitenbandes ein verständlicher Empfang möglich ist, doch bestätigt man in der Praxis diese Zweideutigkeit durch ein ähnliches, aber einfacheres Kompensationsverfahren wie bei der Phasenschiebemethode. Das Prinzip dieser Kompensation zeigt Abb. 4. Die Tonfrequenzspannung  $u_s$  gelangt zu zwei eingangsseitig parallel geschalteten Ringmodulatoren A1 und B1, und zwar zusammen mit dem niederfrequenten Hilfsträger  $f_0$ , jedoch diese mit einer Phasenverschiebung von  $90^\circ$ . Daher sind auch die Ausgangsspannungen  $u_{A1}$  und  $u_{B1}$  der Modulatoren um  $90^\circ$  gegeneinander verschoben. Zum Unterschied gegen die Phasenschiebemethode muß hier nur eine feste Frequenz  $f_0$  um  $90^\circ$  verschieben werden.

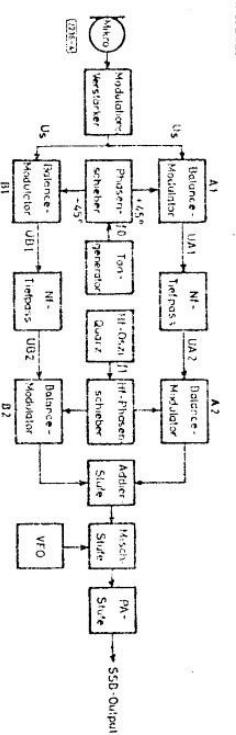


Abb. 4. Blockschaltung eines SSB-Senders nach der „dritten Methode“

Die Ausgangsspannungen  $u_{A1}$  und  $u_{B1}$  werden Tiefpassfiltern zugeführt, die alle Frequenzen oberhalb  $f_0$  abschneiden, so daß nur die untenen, zusammengefalteten Seitenbänder von  $f_0$  übrigbleiben. Von den Filtern gelangen die Ausgangsspannungen  $u_{A2}$  und  $u_{B2}$  zu den Ringmodulatoren A2 und B2, denen der hochfrequente Träger  $f_1$  mit einem Phasenunterschied von  $90^\circ$  zugeführt wird. Am Ausgang von B2 erscheint dann das Frequenzspektrum nach Abb. 3 d, während die Ausgangsspannung von A2 die in Abb. 3 e dargestellte Form hat. Die Summe dieser beiden Ausgangsspannungen ergibt das gewünschte Spektrum nach Abb. 3 f.

Für den Empfang verwendet man einen üblichen Amateursuper mit einer Zf von 1650 kHz. Der Zf-Ausgang des Empfängers wird an dem hochfrequenten Ende des Modulationskreises angekoppelt und der Modulator arbeitet in umgekehrter Richtung als Demodulator.

Es zeigt sich also, daß diese Ausführung eines SSB-Adapters für einen komplizierten Sende-Empfänger prädestiniert ist! Übrigens stellt die englische Fa. Redifon unter der Bezeichnung „GR 400“ ein Transistor-Funksprechgerät nach dem Prinzip der „dritten Methode“ her (4).

Die Schaltung eines für den KW-Amateur geeigneten SSB-Modulator/Demodulators zeigt Abb. 5. Eine geringe Abweichung der LCR-Werte der beiden eadsymmetrischen Tiefpässe ist ohne Belang, vorausgesetzt, daß die Abweichung bei gleichen Werten gleich ist! Eine gute Symmetrie ist Voraussetzung, wie bei allen Ringmodulatorschaltungen, darum ist auch die Verwendung von Diodenquartetten (z. B. OA 154 Q) oder ausgesuchter Dioden zu empfehlen. Der Abgleich beschränkt sich auf die Schwingkreise (Sollfrequenz hier 1,65 MHz) und auf das Einstellen der vier Potentiometer.

Hierbei wird von einer Hälfte des Exciters (z. B. B) die Anodenspannung abgeklemmt und bei angeschaltetem Tongenerator 1500 Hz (aber ohne Nf-Eingangs-Signal)  $P_1$  von A so weit verstellt, daß in einem parallel zu  $P_1$  angeschlossenem Kopfhörer der 1500-Hz-Ton verschwindet. Sodann wird ein empfindlicher HF-Indikator (z. B. ein  $\phi$ -V-I mit Millamperemeter im Anodenzweig) am HF-Ausgang angeschlossen und mit  $P_2$  auf Minimum gestellt. Beim Abgleich von B verfährt man sinngemäß.

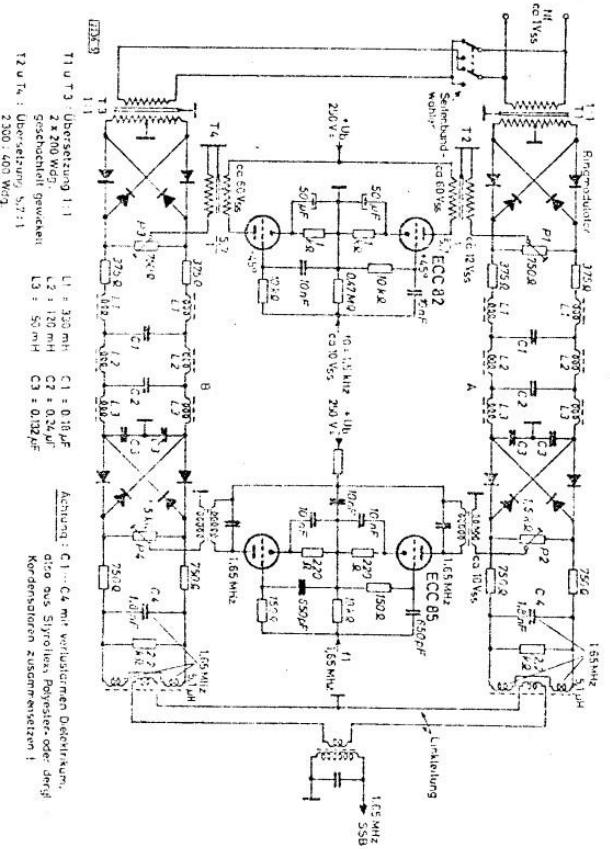


Abb. 5. Die Schaltung des Adapters

Ratsam ist es, die  $90^\circ$  Phasenverschiebung an den Nf- und Hf-Übertrager (T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, — L<sub>5</sub>, L<sub>7</sub>) mit einem Oszilloskop, welcher über einen X- und Y-Vergleichsverstärker verfügt, zu kontrollieren. Evtl. müssen die RC- und CR-Glieder an den Gittern der beiden Doppeltrioden entsprechend geändert werden. Die Spulen der beiden symmetrischen Tiefpässe werden am günstigsten aus Ferrroxcube-Schalenkernen angefertigt.

Selbstverständlich ist es nicht erforderlich, sich sklavisch an die angegebene Schaltung zu halten, verbindlich ist nur die Blockschaltung, und, was sehr wichtig ist, eine strikte Einhaltung der Symmetriebedingungen. Die einzelnen HF-Kreise werden in getrennten Abschirmbedchern untergebracht. Statt 1,65 MHz ist auch jede andere Frequenz braubar, doch sollte man nicht über 10 MHz gehen, da dann Schwierigkeiten bei der Symmetrierung

Wickeldaten:

$T_1 + T_4$ : 200-250 Wdg.; 0,5 CuL, gewickelt, sekundär Mittelanzapfung	$L_1 = 330 \text{ mH}$	$900 \text{ Wdg.}, 0,13 \text{ CuL}$
$T_2 + T_5$ : 250-400 Wdg.; 0,15 CuL; Kern M 42; T <sub>2</sub> u. T <sub>5</sub> ohne; T <sub>2</sub> u. T <sub>5</sub> mit Luftspalt ca. 0,2 mm	$L_2 = 120 \text{ mH}$	$530 \text{ Wdg.}, 0,22 \text{ CuL}$
	$L_3 = 90 \text{ mH}$	$475 \text{ Wdg.}, 0,22 \text{ CuL}$
	$C_1-C_4$ : 0,01-0,16 $\mu\text{F}$	Spulenkerne S 2/310 Mat. 3 B 2, Luftspalt 0,2 mm, Fabrikat Valvo

## Transistor-Doppelsuper für das 2-m-Band

auftraten. 1,65 MHz wurde hier gewählt, da sie vielfach als erste Zf-Verwendung findet und mit einem VFO von 5,15 bis 5,45 MHz das 80- und 40-m-Amateurband bestreichen werden kann. An den Gittern der ECG 85 ist, besonders bei höheren Frequenzen, ein Bandsfilter als phasendrehendes Glied zu empfehlen.

Wird auf die Reversibilität des Exciters verzichtet, ist die Verwendung anderer, den Träger unterdrückende Modulatoren am Stelle der Ringmodulator nicht möglich. Werden z. B. die verschiedenen Arten der Gegenaktmischung oder Balance-Modulatoren verwendet, können als Induktivitäten für die beiden Tiefpässe einfache, abgleichbare Luftspulen benutzt, und der ganze Tiefpass hochohmiger ausgelegt werden. Dabei muß auf gute Schirmung geachtet werden.

Dieser Beitrag ist natürlich kein Kochrezept, doch dürfte es mit den aufgeführten Hinweisen für den technisch interessierten Amateur nicht schwierig sein, einen SSB-Steuersender oder Empfänger oder auch einen Transceiver nach der „dritten Methode“ herzustellen.

### Literatur:

- (1) F. Spillner, DJ 2 KY: „Studien über einen SSB-Exciter nach der Filtermethode“. DL-QTC 1961, Heft 8, S. 316
- (2) F. Spillner, DJ 2 KY: „Studien über einen Phasen-Exciter“. DL-QTC 1961, Heft 11, S. 500/512, L., S. 551
- (3) Donald K. Weaver Jr.: „A third method of generation and detection of single-sideband-signals“. Proceedings of the IRE Bd. 44, 1956 Nr. 12, S. 1703
- (4) J. F. H. Aspinwall: „The third method.“ Wireless World 1959 Nr. 1, S. 39
- (5) A. R. Schloßhauer: „DJ 4 WN 2 W SSB-Filtersender“. DL-QTC 1961, Heft 10, S. 472

Der DARC bietet seinen Mitgliedern an:

### Marschlehrgang des DARC auf Schallplatten

Von Günter Halbauer, DL 3 TJ, zum Preis von DM 19,50

Der Lehrgang umfaßt acht 20-cm-Schallplatten für 23 Upm mit einer Gesamtlaufzeit von ca. 2½ Stunden und bringt Gruppen-, Klar- und Amateurtexte im Tempo 30 bis 80 Bpm. Die Bestellung erfolgt zweckmäßig durch Voreinzahlung des Betrags von DM 19,50 auf eins der DARC-Konten (Postcheckkonto Hamburg Nr. 356 11, oder Konto Nr. 3354 bei der Landesbank und Girozentrale Schleswig-Holstein in Kiel) mit entsprechendem Bestellvermerk. Bei Nachnahme lieferung erhöht sich der Preis um DM 0,60 für Nachnahme und Rücküberweisungsporto. Einzelne Platten können nicht geliefert werden.

### DARC-AMATEURFUNK-BUCHEREI

Mobil-QTC, 100 Seiten  
UKW-Hand-Sprechfunk-Raumbuch von DL 1 UB, 2. Auflage, 64 Seiten  
Kurzwellenamateure-Antennen von DL 3 VD, 6. Auflage, 64 Seiten  
Sender-Baubuch für Kurzwellenamateure von DL 1 UB  
I. Teil, 7. Auflage, 128 Seiten  
DM 2,20  
z. Zt. vergriffen  
Sonderheit „Starthilfe für Funkamateure“  
Bestellung beim zuständigen Ortsverband oder durch Vorauflistung des Bestraffes auf das Postcheckkonto Hamburg Nr. 356 11 (Deutscher Amateur-Radio-Club e.V., Geschäftsstelle Kiel) mit Vermerk von Anzahl und Titel der gewünschten Bände auf dem Zahlikartenabschnitt. Kein Nachnahmeverzins!

Deutscher Amateur-Radio-Club (DARC) e.V., Kiel, Basselerstraße 10

Abb. 1. 2-m-Doppelsuper im Alurahmen-Flächengehäuse mit 1 ltr. Rauminhalt. Lautsprecher und Batterie werden über das Zuleitungskabel extern angeschlossen.

Von Helmuth Schweitzer, DL 3 TO, München 2, Theresienstr. 65

Die Vorzüglich der Transistortechnik -- geringe Raumbeanspruchung und niedriger Stromverbrauch -- lassen sich erst dann richtig ausnutzen, wenn man „voll-transistorisiert“ arbeitet. Der nachstehend beschriebene Doppelsuper bildet eine einzige Gerätetechnik, er eignet sich vor allem für den beweglichen Funkverkehr.

In dem in Abb. 1 abgebildeten Gerät ist die gesamte Empfängerschaltung mit Ausnahme des Lautsprechers und der Batterie untergebracht. Diese Fertigung erfolgte mit Vorbedacht. Für den beweglichen Handbetrieb und für besondere Einsätze (Koniske, Bayerischer Bergtag, Notdienste u. a.) ist der äußere Anschluß eines 1-W-Kleinstlautsprechers und einer 9-V-Kleinbatterie (z. B. Compact-Batterie Perfix Nr. 439) vorgesehen. Die Compact-Batterie ermöglicht rund 20 stündigen intermittierenden Betrieb. Für den Betrieb im Kraftfahrzeug sind Abmessungen und Gewicht nicht so ausschlaggebend. Wegen der Fahrzeuggerüasche ist ein größerer Lautsprecher günstiger, zumal die Endstufe bis 1,5 W austasterbar ist. Über einen Niederspannungsumformer, der von 6 auf 9 V umsetzt, kann der Empfänger auch von der Starterbatterie versorgt werden. An netzversorgten Orten ist die Verwendung eines transistorgeregelten Speisegeräts zweckmäßig.

Entwicklung und Aufbau waren durch den Wunsch nach kleinen Abmessungen und niedrigem Gewicht bestimmt. Die Gehäuseabmessungen betragen  $23 \times 10 \times 4,5$  cm; das entspricht rund einem Liter Rauminhalt. Der Empfänger wiegt 900 g. Hinzu kommen bei Verwendung eines Kleinstlautsprechers im Gehäuse etwa 300 g für die oben genannte Batterie 500 g. Es leuchtet ein, daß man bei der dadurch bedingten Konzentrations von Bauelementen keine zu großen Ansprüche an die Empfangsdaten stellen darf. Die meßtechnische Untersuchung ergab jedoch Werte, die sich im Vergleich zu guten Stations-Empfangsanlagen sehen lassen können.

Die Eingangsimpedanz ist für den Anschluß asymmetrischer 50-Ω-Kabel ausgelegt. Die Rauschzahl ist besser als 3 kT. Der erste Oszillator ist quarzstabilisiert, er schwingt auf 62,5 MHz. Endfrequenz ist 125 MHz. Die erste Zwischenfrequenz besitzt einen Variationsbereich von 19...21 MHz, auf 450 kHz ist die zweite Zf abgeglichen. Eine besondere Eigenschaft des Doppelsupers stellt die induktive Abstimmung der drei Kreise der ersten Zf und des Oszillatorkreises dar. Innerhalb 10 Minuten und unmittelbar nach dem Einschalten wandert die Frequenz des zweiten Oszillators um rund  $10^{-4}$  Std. Bei nicht unterbrochener Betriebsfortsetzung verbessert sich die Stabilität um eine Größenordnung. Die Abhängigkeit von Batterieschwankungen ist durch Zener-

