

# Kurzwellen- transceiver TS-450 S (Kenwood)

## Test- und Prüfbericht



Günter Schwarzbeck, DL1BU, W-6917 Schönau-Altneudorf

Der TS-450 S ist ein 100-Watt-KW-Transceiver bis 30 MHz (als TS-690 S zusätzlich 50 bis 54 MHz), der aus einem 13,8-Volt-/20-A-Netzteil oder einer 12-Volt-Batterie betrieben werden kann. Er folgt auf die Vorgänger der „Mittelklasse“ TS-430 und TS-440, hat sich aber durch die Übernahme vieler Eigenschaften der größeren Modelle TS-850 (siehe cq-DL 2/91, S. 79 ff.) und TS-950 (siehe cq-DL 12/89 und 1/90) zu einem „Hi-Tech“-Gerät gemauert.

Bei den Geräte-Tests landen meist die Transceiver der Mittel- und Oberklasse, weil dort die Neuerungen zuerst erscheinen. Darauf sind die Entwickler stolz und die Tester neugierig. In den folgenden Testberichten werden die Einstiegsmodelle bevorzugt betrachtet, dann aber auch einmal hochprofessionelle „Verkehrsempfänger“, um zu zeigen, wo heute die Grenzen liegen.

Wenn für ein aufwendigeres Gerät einmal die Mikroprozessor-Steuerungen mit großem Aufwand entwickelt sind, liegt es in Zeiten harter Konkurrenz nahe, diese Möglichkeiten bei tragbarem Materialaufwand auch in die „Einstiegsklasse“, die in großen Stückzahlen gefertigt wird, einzubeziehen.

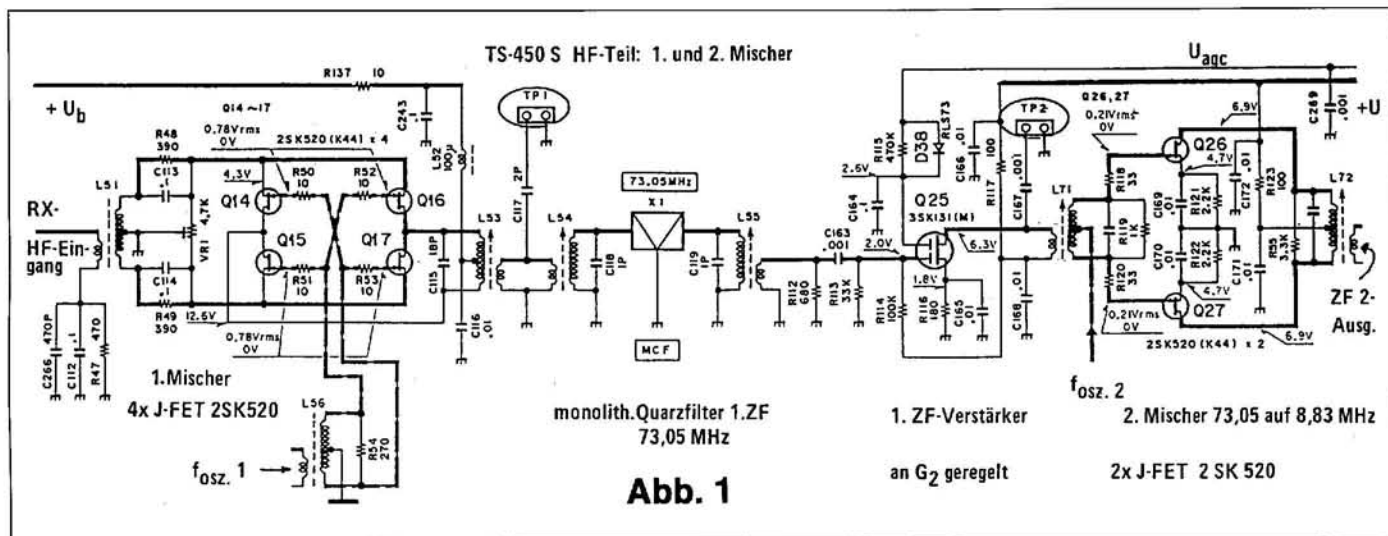
So entstand mit dem TS-450 S ein kleiner 100-Watt-Transceiver (B x H x T = 280 x 105 x 270 + 40 + 30 mm), der mit eingebautem Antennen-Abstimmgerät 7,5 kg wiegt; er ist auch ohne den Tuner zu haben. Er könnte gleichermaßen für den „Newcomer“ wie auch als Zweit- und Reisesgerät für bereits etablierte Funkamateure in Betracht kommen.

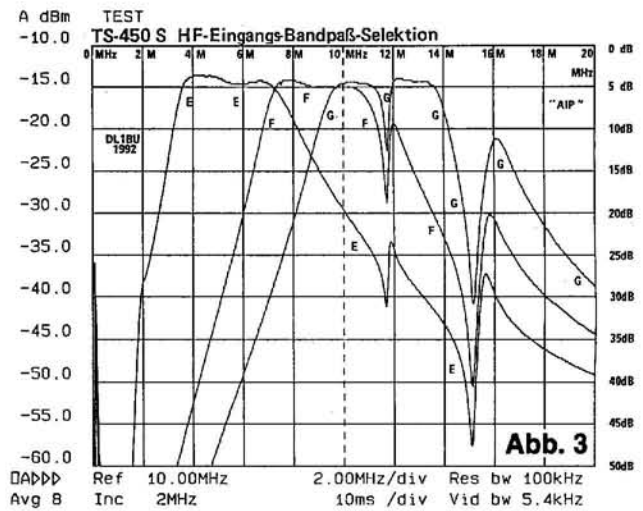
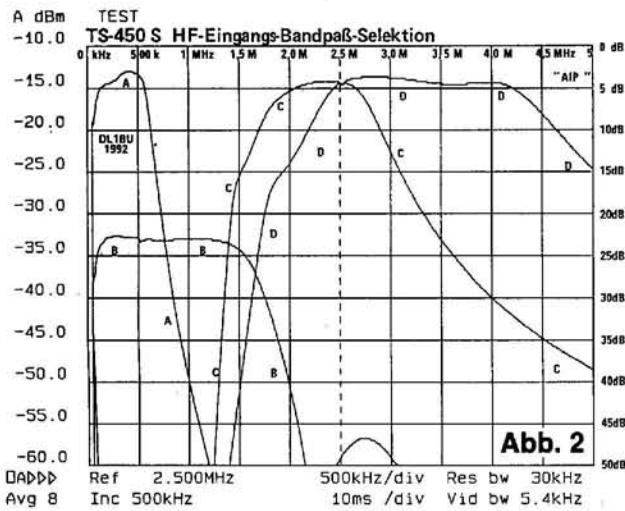
Der Mikroprozessor bietet eine Vielfalt von Möglichkeiten der Einstellung und Speicherung von Frequenzen, Bandbreiten und Betriebsarten, die bei einem so kleinen Gerät den Benutzer in Erstaunen versetzen, ihn aber auch zu häufigerem Nachlesen der Betriebsanleitung zwingen...

Über einige dieser Besonderheiten soll im zweiten Teil die Rede sein, da der nun folgende erste Teil die sehr umfangreichen Meßwerte in der gewohnten Weise in Tabellen und Schaubildern vorsieht.

Der Empfangsteil ist mit einem Quartett von Sperrschicht-FETs als doppelt-symmetrischer Mischer mit einem ordentlichen Interceptpunkt von +17 dBm (mit Vorverstärker +11 dBm) aufgebaut. **Abb. 1** zeigt einen Ausschnitt des HF-Teils mit dem FET-Quartett als erstem Mischer (links), einem 73-MHz-Zweipolfilter und der ersten geregelten MOS-FET-ZF-Stufe für 73 MHz. Rechts im Bild ist der zweite FET-Mischer gezeigt, der auf die zweite ZF von 8,83 MHz umsetzt.

Vor dem ersten Mischer ist wie üblich die Vorselektion in Form von Bandpaßfiltern und ein zuschaltbarer HF-Vorverstärker eingefügt. Die folgenden **Abb. 2, 3** und **4** geben den gemessenen Selektionsverlauf und die Einfügungsdämpfung dieser HF-Filter wieder. Die Dämpfung vom Antenneneingang bis zum Mischer enthält auch die Einwirkung der Schaltdioden, über deren Breitband-Intermodulationsseigenschaften später berichtet wird. Die Dämpfung von 3 dB bis 4 dB trägt noch etwas zum normalen Intermodulationsverhalten bei. Eine Ausnahme bildet der





zweite Tiefpaß „B“ mit 20 dB Zusatzdämpfung für den Mittelwellenbereich, bei dem man in dichtbesiedelten Gebieten mit mehreren starken Sendern Probleme befürchtet, die durch diese starke Pegelabsenkung vermieden werden. Interessant sind die Selektionskurven „F“ und „G“, die unterhalb von 12 MHz und nochmals bei 15 MHz starke Einsattelungen haben, die offensichtlich gewollt sind. Dort liegen die superstarken KW-Rundfunksignale, die dem Vorgänger TS-440 zumindest in Europa Probleme bereitet haben.

Der Vorgänger hatte eine erste ZF von 45 MHz. Auch ohne HF-Vorstufe entstand durch einen Aufwärtsübertrager am Mischereingang ein starkes Signal von 15-MHz-Stationen, die zu einer Oberwellenbildung am Mischer führten. Dadurch entstanden in einigen Fällen nicht abstimmbare Störsignale, die von der Frequenzeinstellung unabhängig waren. Sie stellten sich wie „ZF-Durchschlag“ dar, obgleich natürlich auf 45 MHz keine nennenswerten Signale vorhanden waren und im übrigen durch den Tiefpaß im Empfängerereingang auch ferngehalten worden wären. Der Vorschlag konnte nur sein, eine höhere ZF und keine Aufwärtstransformation zu den Mischer-Gates vorzusehen. Der TS-450 S ist vor allem in der „A. I. P.“-

Stellung ohne Vorverstärker erheblich besser. Mit 17 dBm IP3 und Suboktavfiltern kann man gut „leben“, es bleiben nur die gelegentlichen abendlichen Intermodulationserscheinungen durch weitabliegende KW-Rundfunksender, verursacht durch die Diodenschalter. Durch die Wahl hochwertiger PIN-Dioden und ausreichende Schaltströme sind aber befriedigende Resultate möglich.

Auf den ersten Mischer folgt ein monolithisches Zweipol-Quarzfilter, dessen Selektionsverlauf Abb. 5 vorstellt. Es ist etwa 20 kHz breit und nicht ganz so selektiv wie die doppelten Zweipolfilter der „großen Brüder“.

Mit dem zweiten Mischer wird auf 8,83 MHz umgesetzt. Dort ist ein Quarzfilter regulär vorhanden; weitere – z. B. CW-Bandbreiten – können auf sehr elegante Weise innerhalb von Minuten nachgerüstet werden, ohne Lötkolben oder „Diodenzwicken“.

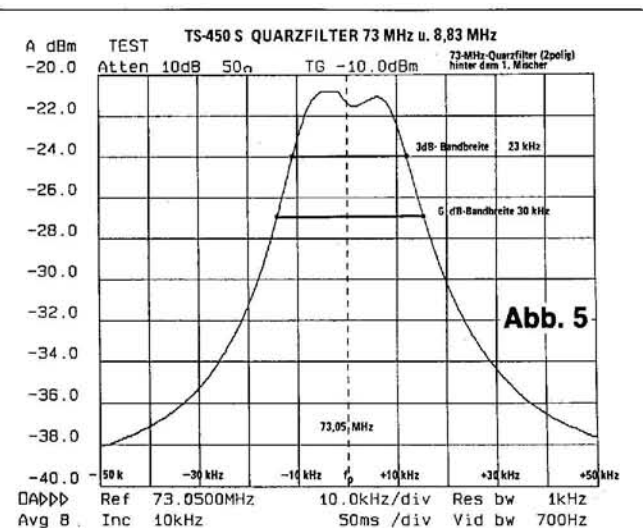
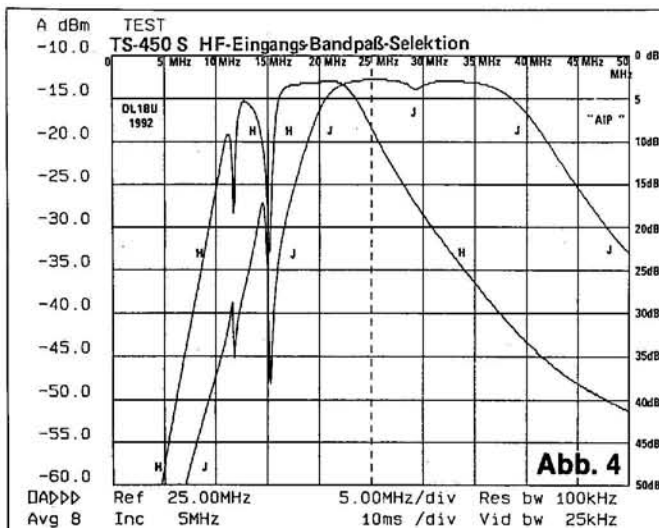
Nach dem Einsetzen muß mit einer „Spezial-Tastenfunktion“ nach Handbuch das Zusatzfilter „angeschaltet“ werden.

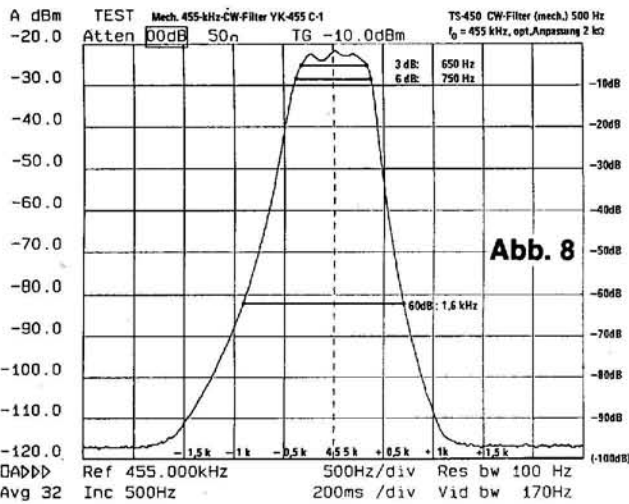
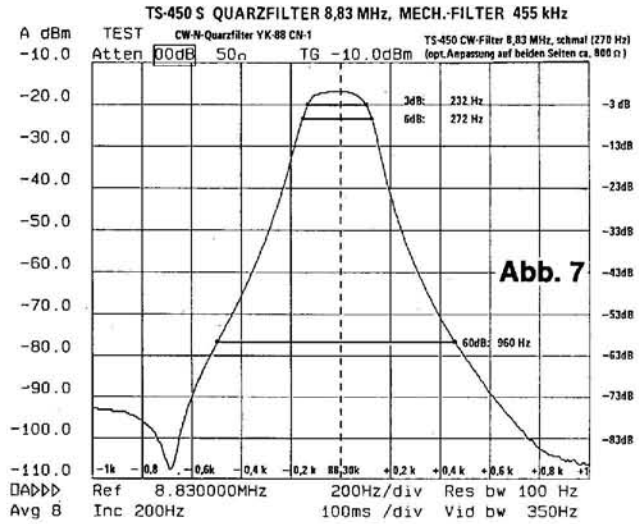
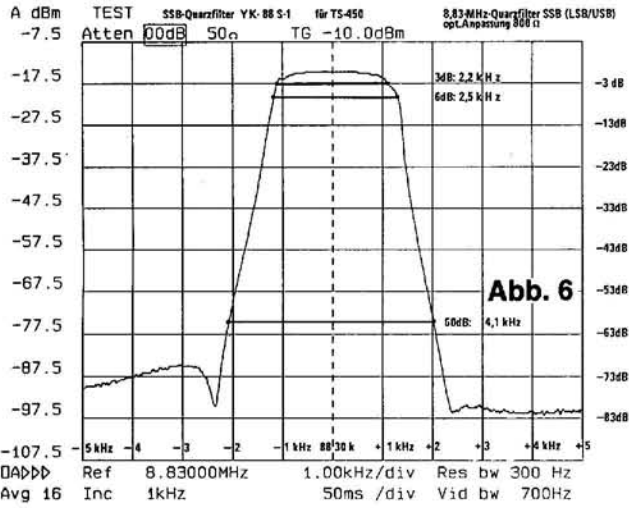
Der Filterverlauf eines 8,83-MHz-Quarzfilters YK-88S-1 für SSB ist in Abb. 6 zu sehen. Es hat eine Weitabselektion von ca. 80 dB und bei etwa 800 Ohm Anpassung einen glatten Verlauf.

CW-Filter müssen zusätzlich bestellt werden. Ein schmales 270-Hz-Quarzfilter (CW-N) YK-88CN-1 für 8,83 MHz ist in seinem Verlauf in Abb. 7 gezeigt. Auch hier werden 80 dB Weitabselektion erreicht. Eine weitere Umsetzung erfolgt auf 450 kHz. Als Grundausstattung sind kleine keramische Filter eingebaut. Für höhere Ansprüche kann auch hier für CW ein steilflankiges mechanisches Filter YK-455C1 mit 500 Hz Bandbreite auf einfache Art eingesetzt und mit „Trick 17“ eingeschaltet werden, wiederum ohne Löten oder Diodenzwicken.

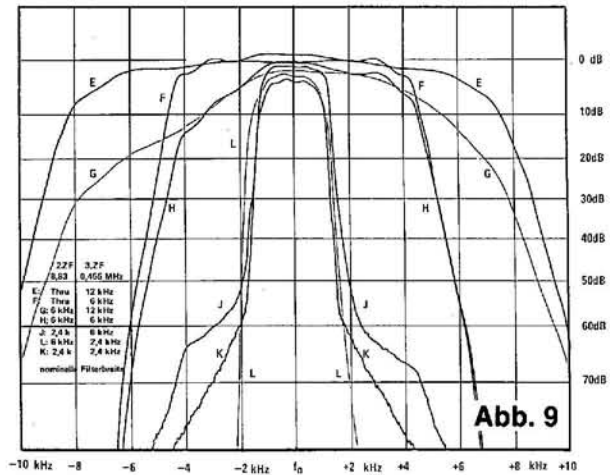
Dieses Filter zeigte die kleinste Welligkeit und Dämpfung bei 2000 Ohm Anpassung. Die Weitabselektion kommt hier nahe an 100 dB heran. Der Selektionsverlauf ist aus Abb. 8 zu ersehen.

Der TS-450 S bietet also – wie die großen Geräte – kaskadierte Filter auf zwei unterschiedlichen Zwischenfrequenzen. Für jede ZF ist eine kleine Taste und ein Display vorhanden. Bei 8,83 MHz lassen sich nacheinander ein direkter Durchgang („THRU“) schalten, ferner Bandbreiten von 6 kHz, 2,4 kHz und 500 Hz. Daneben lie Taste und Anzeigefeld für die 455-kHz-Filter mit Bandbreiten von 12 kHz, 6 kHz, 2,4 kHz und 500 Hz. Damit lassen sich zahl-

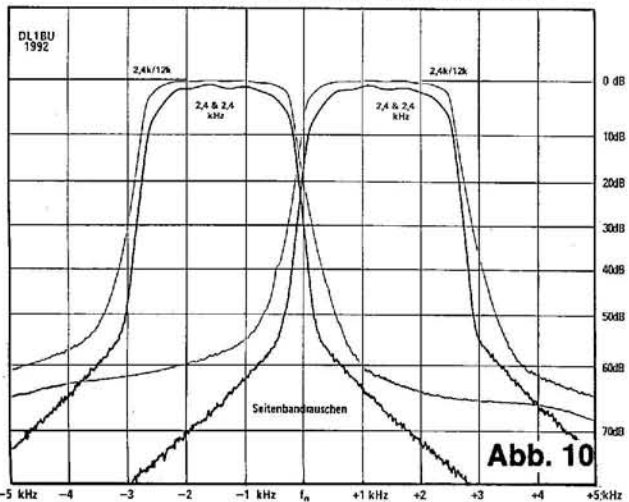




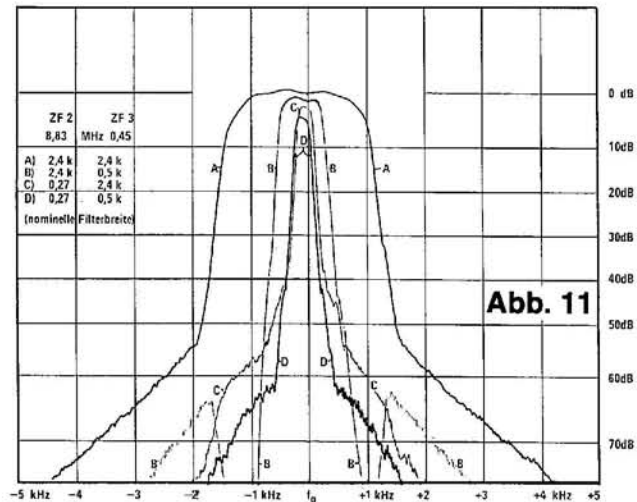
TS-450 S Gesamtselektion vom Ant.-Eingang bis S-Meter



SSB-FILTER-KOMBINATIONEN 2,4 kHz/12 kHz und 2,4 kHz / 2,4 kHz



TS-450 S Gesamtselektion vom Ant.-Eingang bis S-Meter



CW-FILTER-KOMBINATIONEN: 2,4k/0,5k, 270Hz/2,4k, 2,4k/500 Hz.

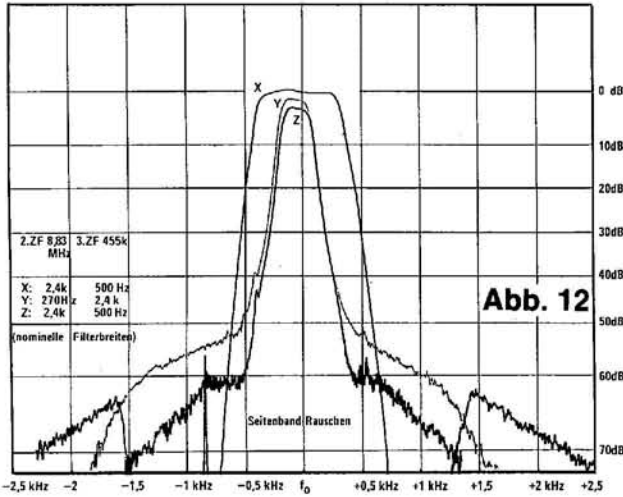


Abb. 12

TS-450 S Gesamtselektion vom Ant.-Eingang bis S-Meter

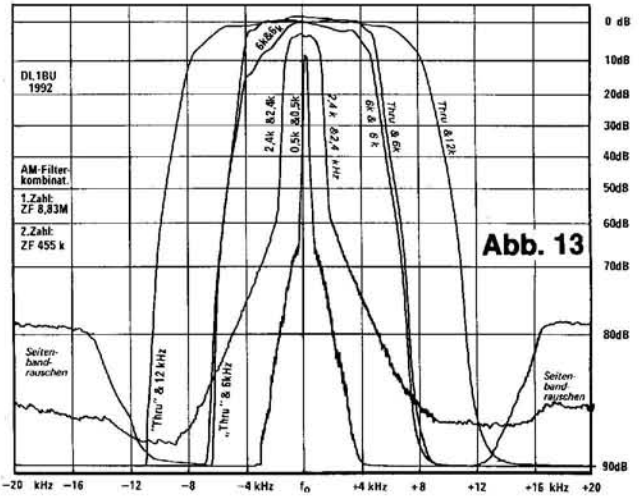


Abb. 13

reiche Kombinationen für FM, AM, CW, SSB und RTTY auswählen.

Beim Anwählen einer bestimmten Betriebsart, die durch ein Morsezeichen bestätigt wird, stellt der Mikroprozessor zunächst als Ausgangsposition die „normale“ Bandbreite ein, die dann nach Belieben auf beiden ZF-Ebenen verändert werden kann. Dabei wird den engagierten Benutzer natürlich die resultierende Gesamtbandbreite interessieren. Nur in den cq-DL-Testberichten sind solche tatsächlichen Selektionskurven „über das Gesamtgerät“ zu sehen.

Solche Messungen werden übrigens immer schwieriger und zeitraubender: Früher konnte man ein Bauelement ablöten, um den Strom zu messen, oder ein „Beinchen“ mit einer Klemme fassen. Bei den modernen Geräten sind „SMD“-Bauteile auf der Unter- oder Oberseite der Platine direkt mit Leiterbahnen verlötet. ICs und Transistoren sind fast zu Punkten geschrumpft. S-Meter mit „Quasi-Analog-Balken“ sind nicht mehr mit einem leicht erkennbaren Anschluß, der eine logarithmische DC-Ausgangsspannung in Abhängigkeit der HF-Antenneneingangsspannung führt, ausgestattet. Für die folgenden Gesamtselektionskurven wurde Anschluß 1 des winzigen IC 6 für diesen Zweck ausfindig gemacht, an dem ein XY-Schreiber angeschlossen wurde.

Abb. 9 zeigt die Kombination aller Filter ab 2,4 kHz Bandbreite, wie sie links unten aufgeführt sind. Bei den schmalen und steilen Filterkurven ist unterhalb von 50 dB Absenkung eine scheinbare Sockel-

verbreiterung zu erkennen; dies ist typisch für Synthesizer-Oszillatoren, die hier mit relativ sauberen DDS-Schaltungen aufgebaut sind. Der wirkliche Selektionsverlauf ist aus den Einzelaufnahmen (Abb. 5 bis 7) zu ersehen.

Abb. 10 stellt den Selektionsverlauf der SSB-Filter dar: die etwas höhere und breitere Kurve für LSB und USB ist die Kombination 2,4 kHz und 12 kHz (auf 8,83 MHz und 455 kHz), die schmalere und steilere die Kombination der beiden 2,4-kHz-Filter. Abb. 11 schließt die Kombination der 2,4-kHz-SSB-Filter mit den CW-Filtern ein. Auch hier ist die Sockelverbreiterung durch Seitenband-Phasenrauschen bedingt.

Kombinationen der CW-Filter untereinander und mit SSB-Filtern sind aus Abb. 12 zu ersehen. Abb. 13 stellt die möglichen Kombinationen für AM vor, zum Vergleich sind dann auch die CW-Filter nochmals einbezogen.

In vielen Empfangssituationen mit effektiven Antennen entstehen an den Schaltknoten vor den Eingangsbandpaßfiltern und an den dort eingesetzten kleinen Ferritspulen Intermodulationsprodukte 2. und 3. Ordnung von in der Frequenz weitab liegenden starken KW-Rundfunksendern. In diesen Fällen gibt die Graphik Abb. 14 diejenigen Pegel von den untenstehenden Frequenzkombinationen aus je zwei Rundfunkbändern an, bei denen im Amateurband Intermodulationsprodukte von 1 µV (S3 bis S4) auftreten. Wegen des 5-kHz-Abstandes dieser KW-Rundfunkstationen ist auch das I.M.-Raster ein „Lat-

KW-Rundfunksender Intermodulation

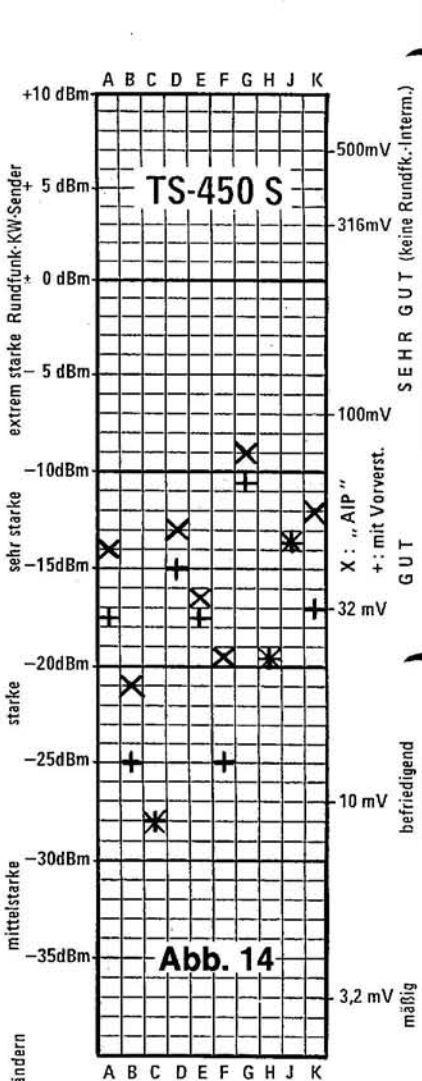
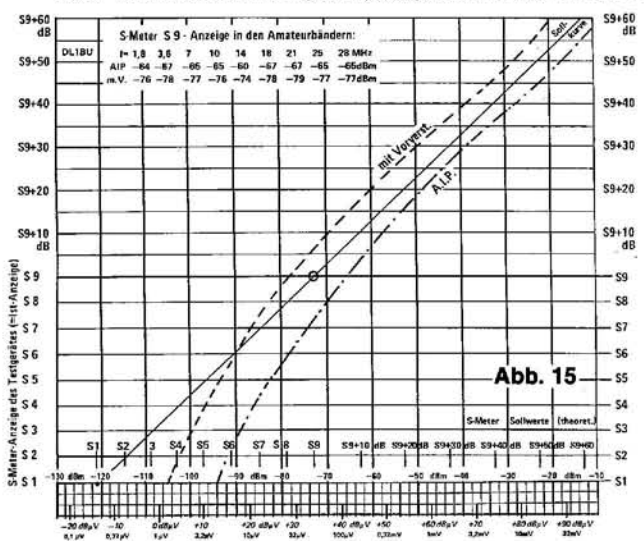


Abb. 14

Empfänger-Empfindlichkeit		TS 450 S mit Vorverstärker (A.I.P. AUS) TABELLE 1										
28 MHz	10 dB ( $\frac{S+N}{N}$ ) = 10 dB Rauschabstand	Signalerkennungsgrenze (MDS 3dB)					Rauschmaß 28 MHz					
	SSB-Bandbreite -126 dBm	CW-Bandbreite 500 Hz		SSB-Bandbreite	CW-Bandbreite		(NF)					
mit V.V. SSB-Bandbreite	Amat.-Bänder:	1,8 MHz	3,6 MHz	7 MHz	10 MHz	14 MHz	18 MHz	21 MHz	25 MHz	28 MHz		
	10dB Rauschabst. dBm-Pegel 50 Ω :	-124dBm	-127	-128	-127	-125	-128	-128	-129	-126dBm		
	EMK [2+U [50Ω]]:	0,28µV	0,20	0,18	0,20	0,25	0,18	0,18	0,16	0,23µV(EMK)		
		AIP: -118dBm					AIP: -119dBm					
FM-Empfindlichkeit, 29,6 MHz, Hub ± 3 kHz, A.I.P. - 12-dB-SINAD: -112 dBm, mit Vorverst.: -121dBm												

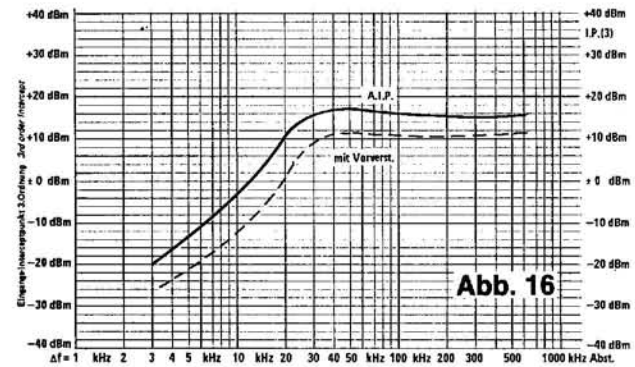


TS-450 S ELEKTRONISCHES SMETER mit „Balken“ (quasi analog), 3,6 dB – 4 dB/Balken TS 450 S

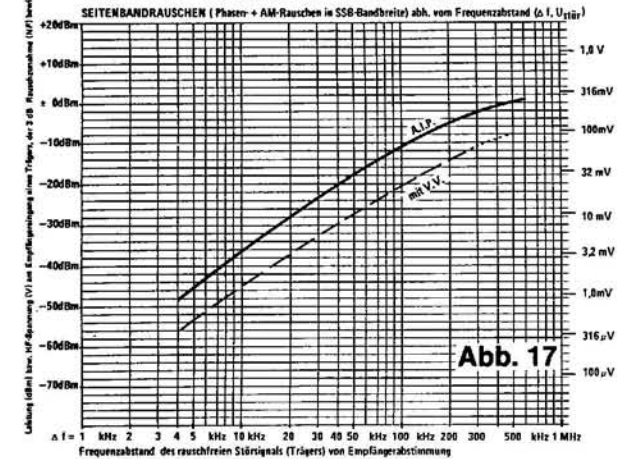


Eingang-Interceptpunkt dritter Ordnung des Empfängers TS 450 S in Abhängigkeit vom Abstand der HF-Doppelsignale (I.P.3)

Zwei phasenversetzte Meßsignale werden über einen Leistungsumformer hoher Entkopplung zusammengeführt. Die Ausgangspegel an 50 Ω werden auf +0,2 dB justiert und einer 1-dB-Stufenrichtung zugeführt. Die Frequenzabstände werden auf 1 kHz bis 1 MHz eingestellt, der Pegel des Doppelsignals wird so eingestellt, daß 0,1 µV/10 µV I.M. Signale im Empfänger entstehen (-127 / -107 / -87 dBm). Vergleichssubstitution mit Meßsender,  $IP_3 = 0,5 \text{ IMA} + 10$ .

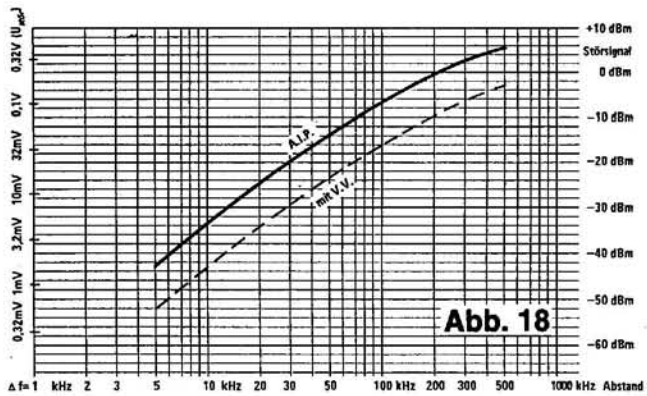


DL1BU Seitenband-Phasenrauschen des Empfängers TS 450 S (3 dB SSB-NF-Rauschzunahme durch Nebenträger)

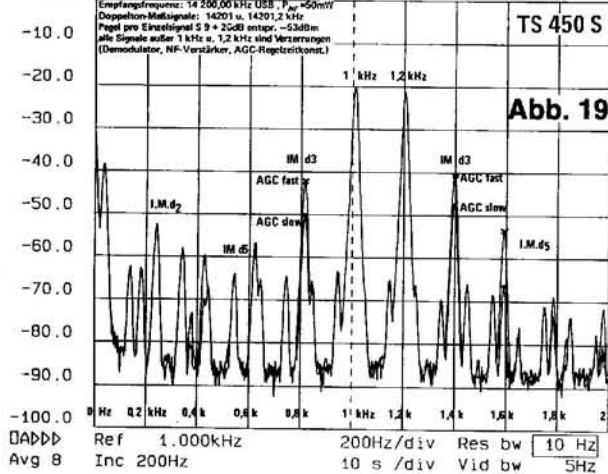


DL1BU BLOCKIER- / ZUSTOPF-EFFEKT bzw. DESENSIBILISIERUNG TS-450 S

Nutzsignal auf 7050 kHz mit 10 dB  $\frac{S+N}{N}$  Störsignal im Abstand  $\Delta f$ , Pegel heben, bis  $\frac{S+N}{N}$  um 3 dB auf 7 dB zurückgeht oder die NF-Ausgangsleistung um 3 dB durch Zustoßeffekt zurückgeht. Pegel in dBm (bez. 50 Ω)

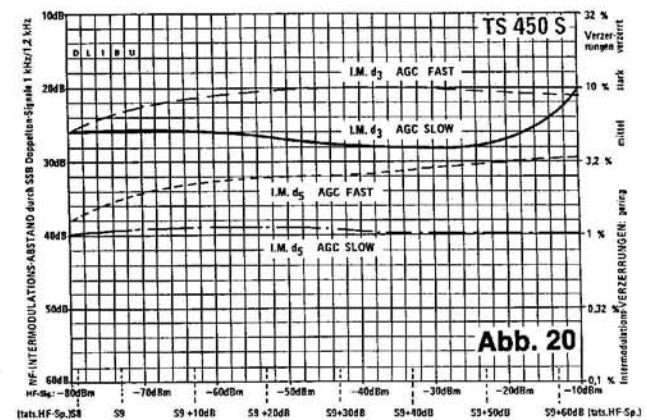


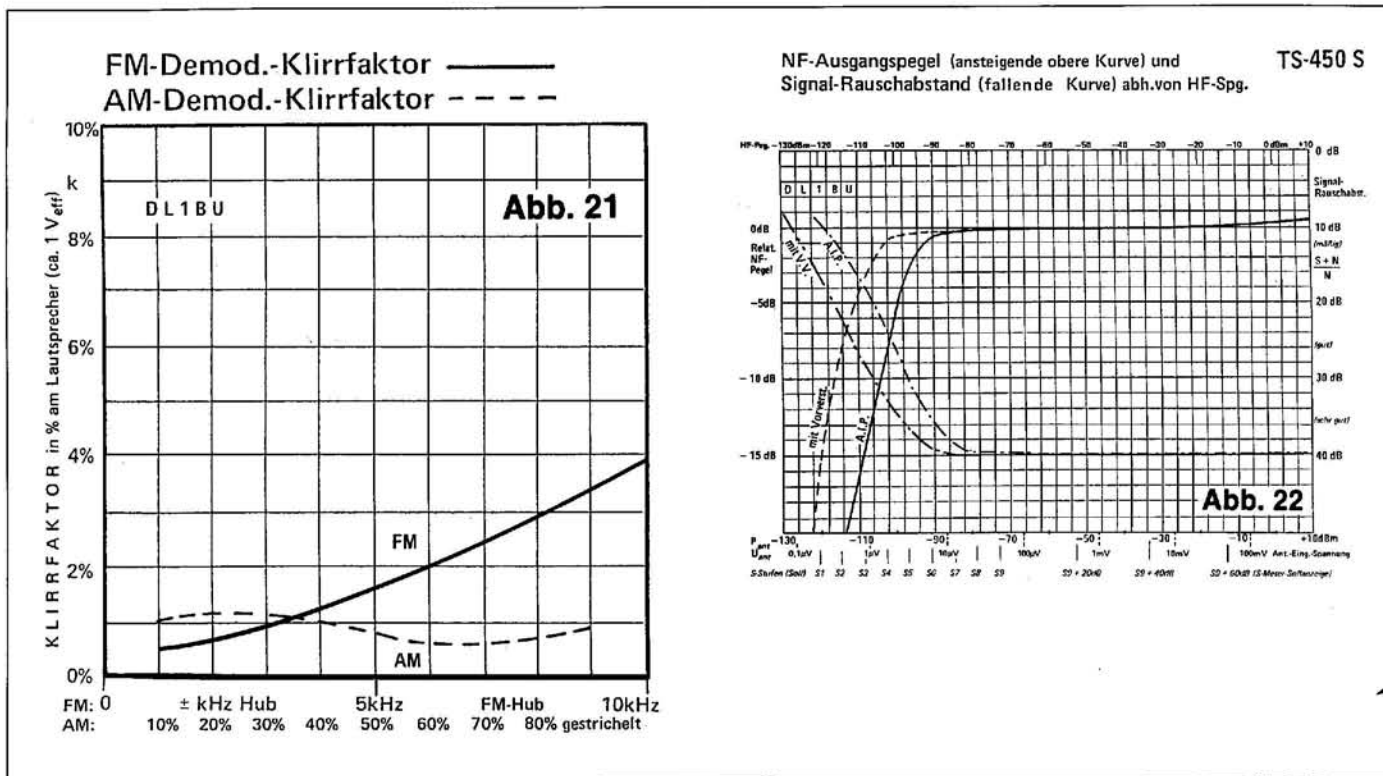
A dBm TEST SSB-Empfangsverzerrungen (Intermodulation im Durchlaßbereich)



SSB-Regelverzerrungen (AGC-Distortion), Zweitonsignal 1 kHz/ 1,2 kHz

SSB-Doppelsonnen-Signal  $f = 14 201,0$  und  $14 201,2$  kHz und Pegel von  $S \pm 20$  bis  $S \pm 40$  dB auf Empfänger, USB 14 200,0 kHz, NF-ZF-Intermodulationsverzerrungen mit unterschiedlicher AGC-Regelzeitkonstante und unterschiedlicher HF-ZF-Verstärkung





tenzaun“, der alle 5 kHz verwaschene Signale liefert. Bei sehr selektiven oder wenig effektiven Antennen tritt dieser Effekt nicht auf.

Ein Vergleich mit Abb. 3 in cq-DL 2/91, Seite 81, beweist, daß dieser „Zwerg“ mit seinen größeren Brüdern mithalten kann; die Pegelmarkierungen liegen ähnlich mit dem TS-850 und sogar dem TS-950. Wer sich nicht „quantitativ“ mit diesen Werten befassen will, kann die Benotung am rechten Rand („befriedigend“/„gut“) ablesen.

Nun folgen die bekannten Kurven über das eigentliche Empfängerverhalten. Um den Umfang im Rahmen zu halten, können nicht in jedem Bericht alle Erläuterungen in vollem Umfang wiederholt werden. Ein Vergleich mit älteren Testberichten kann auch vom Text her Aufklärung bringen, mindestens aber einen bildlichen Vergleich.

Das „Balken-S-Meter“ bietet die Wahl zwischen „Quasi-Spitzenwertanzeige“ und echtem Spitzenwert mit Halteschaltung. Aus Abb. 15 ist der Verlauf mit und ohne Vorverstärker abzulesen. Die Stellung ohne Vorverstärker reicht für nahezu alle Empfangssituationen aus. Sie ist mit der Bezeichnung „AIP“ versehen (= Advanced Intercept Point, angehobener I. P.).

Die beiden Kurven verlaufen über einen großen Bereich ordentlich verteilt um die theoretische „Soll-Gerade“. Unten sind übrigen Skalen zur Umrechnung von  $\mu\text{V}$ ,  $\text{dB}\mu\text{V}$ ,  $\text{dBm}$  (dB über 1 Milliwatt) und S-Meter-Sollwerte zu finden.

Eine bei KW-Empfängern oft überschätzte Eigenschaft ist die Empfänger-Empfindlichkeit. Hierbei geht es um das Abheben des Wunschsignals vom Empfängerrauschen. In der Mehrzahl der Fälle – außer im „toten“ 10-m-Band – bestimmen die aufgenommenen externen Störgeräusche die Lesbarkeit. Die tatsächliche

Empfindlichkeit wird oft auch vom Intermodulationshintergrund bestimmt. In der oberen Zeile sind für 28 MHz die Werte für den 10-dB-Rauschabstand bei SSB- und CW-Bandbreite angegeben, ferner die Werte für die Signalerkennungsgrenze (MDS = minimum discernible signal) und das bandbreitenunabhängige „Rauschmaß“.

In der folgenden Zeile sind die dBm-Werte für 10 dB Rauschabstand aller Amateurbänder angegeben. In der Empfängermeßtechnik werden Antennenspannungen klassischerweise als „EMK“ (Leerlaufspannung) angegeben. Bei 50 Ohm Quellwiderstand (Antenne über 50-Ohm-Kabel bei SWR 1) und 50 Ohm Empfänger-Eingangswiderstand ist die „Klemmenspannung“ genau die Hälfte dieser EMK-Werte.

Ganz unten ist noch die bei FM-Sprechfunk übliche „12-dB-SINAD“-Leistung angegeben. Mit Vorverstärker erreicht der TS-450 S perfekt die sinnvolle Maximalempfindlichkeit.

In überfüllten Bändern mit starken Signalen ist die „Intermodulation dritter Ordnung“ die wichtigste Empfängereigenschaft. Abb. 16 zeigt den Verlauf bei Störsignalabständen von 3 kHz bis 0,6 MHz, mit und ohne Vorverstärker (AIP). Die maximal erreichten +17 dBm sind ein guter Wert, die den IP (3) von Schottky-Dioden-Ringmischern der normalen Art übersteigt. Aufgrund des etwas breiteren 73-MHz-Zweipolfilters beginnt der Abfall des IP(3) hier schon unterhalb 30 kHz Zweitton-Signalabstand.

Neben starken Trägern bewirkt ein Syntheseroszillator das „reziproke Mischen“. Ein schwaches Signal wird auch von (nahezu) rauschfreien Nebensignalen großer Intensität „zugerauscht“. Dies war bildlich klar zu erkennen in den Abbildungen der Gesamtselektionskurven (Abb. 10

bis 13). Der DDS-Oszillator (direkte digitale Synthese) des TS-450 S liefert ein relativ sauberes Oszillator-Signal, ähnlich dem des TS-850, wie aus Abb. 17 hervorgeht. Damit verwandt ist der „Zustopfeffekt“, der bei diesen Gerätegenerationen besser als „Desensibilisierung“ bezeichnet wird. Das schwache Wunschsinal wird nämlich nicht durch einen starken Nebenträger weiter geschwächt, sondern „zugerauscht“, d. h. die wirksame Empfindlichkeit wird reduziert (Abb. 18).

Geräte dieser Familie sind für gute Wiedergabe bekannt. Die folgenden Schaubilder zeigen dies für SSB, AM und FM.

Innerhalb eines SSB-Kanals von z. B. 2,4 kHz Breite entsteht auch Intermodulation, d. h. es bilden sich außer den gewünschten Tönen auch Mischprodukte. Hier sind Produktdetektor und Regelverhalten von Bedeutung. Aus dem Schirmbild-Plot Abb. 19 sind die beiden Töne 1 kHz und 1,2 kHz zu sehen, die durch USB-Empfang von 14201 und 14201,2 kHz bei einer Empfängerabstimmung von 14200 kHz entstehen. Mit der langen Schwundregel-Zeitkonstante („AGC slow“) ist der Abstand der Intermodulation IM d3 bis zu 30 dB, bei kurzer Regelungs-Abfallzeit nur 20 bis 21 dB. Die Verzerrungen hängen auch von der Empfangsspannung ab; dies ist aus Abb. 20 zu ersehen. Ab S9+50 dB ist bei „AGC slow“ ein Verzerrungsanstieg zu erkennen. Für AM- und FM-Demodulation zeigt Abb. 21 den Klirrfaktor am Lautsprecher-Ausgang – mit rund 1 % bei AM ein beachtlich guter Wert.

Abb. 22 schließlich zeigt, daß ab etwa 2  $\mu\text{V}$  mit und ab 6  $\mu\text{V}$  ohne HF-Vorverstärker nahezu konstante Lautstärke vorhanden ist (obere Kurven). Ab ca. 10  $\mu\text{V}$  ist der Abstand zum Rauschhintergrund „satte“ 40 dB.

(Fortsetzung folgt)

# Test- und Prüfbericht

# Kurzwellen-transceiver TS-450 S



## 2. Teil: Digitaler Signalprozessor, Sender

Günter Schwarzbeck, DL1BU, W-6917 Schönau-Altneudorf

In der cq-DL 5/92 waren die Empfängerdaten des kleinen Kenwood-Transceivers TS-450 S gezeigt und besprochen worden. Empfänger- und Senderseite werden durch ein gleichfalls angebotenes Zusatzgerät, den „digitalen Signalprozessor“ DSP-100, beeinflusst und erweitert. Da speziell über diese Technik sehr wenig handgreifliche Daten zu finden sind, befaßt sich dieser zweite Teil auch mit diesen Meßergebnissen.

Der digitale Signalprozessor kann auf niedrigen Zwischenfrequenzen zur Erzeugung der unterschiedlichsten Filtereigenschaften eingesetzt werden (Collins HF-2050, Telefunken E-1800 A). Im TS-950 SD war erstmals hier verfügbar ein „DSP“ in der NF-Ebene in einem Amateurfunk-Transceiver eingebaut. Beim Kurztest des TS-850-Prototyps (cq-DL 2/91) stand der Zusatz „DSP-100“ noch nicht zur Verfügung.

So war es interessant, die Auswirkungen meßtechnisch zu analysieren, die oft etwas „undeutlich“ in Funkgesprächen erwähnt wurden.

Von der Bedienung her ist im Zusatzgerät DSP-100 an zwei Einstellfeldern die un-

tere und obere Grenzfrequenz eines empfangenen oder ausgesendeten SSB-Signals in vier Stufen zu wählen. Der Beginn des NF-Übertragungsbandes kann auf 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz oder 400 Hz gelegt werden. Klassische SSB-Geräte sehen hier meist 300 Hz durch die trägernahe Filterflanke vor. Das obere Ende des NF-Bereichs kann auf 2600 Hz, 2750 Hz, 2900 Hz oder 3100 Hz eingestellt werden.

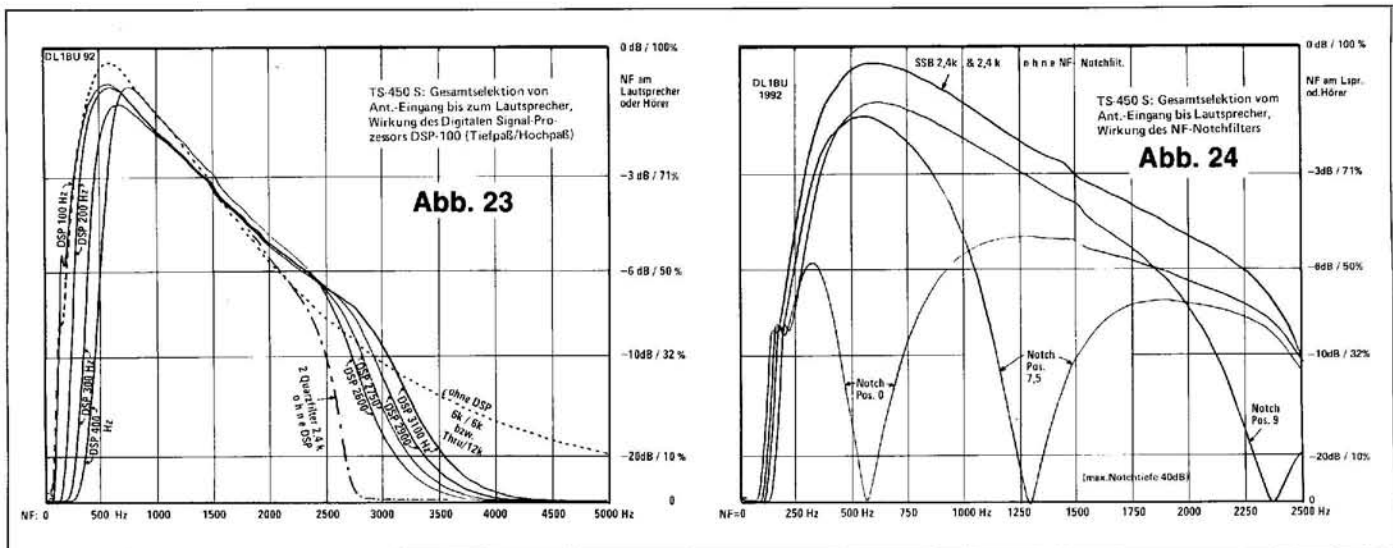
Die Messung mußte infolgedessen bei der Empfängerbeurteilung am Lautsprecher- oder Hörerausgang erfolgen; dort ist außer dem ZF-filterbedingten Frequenzgang auch der des NF- und Endverstärkers einbezogen, insofern also völlig praxisnah.

Abb. 23 zeigt diese nun tatsächlich „von der Antenne bis zum Lautsprecher“ gemessenen Gesamtselektionskurven, punktiert mit den beiden 6-kHz-Quarzfiltern, strich-punktiert die reguläre SSB-Einstellung mit zwei 2,4-kHz-Filtern und in durchgezogenen Linien vier Kombinationen der unteren Grenzfrequenzen und der oberen Grenzwerte: DSP 100 Hz/3100 Hz, DSP 200 Hz/2900 Hz, DSP 300 Hz/2750 Hz und DSP 400 Hz/2600 Hz.

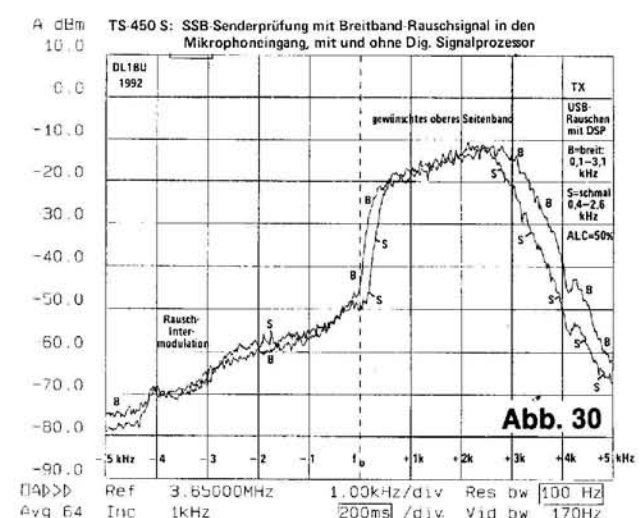
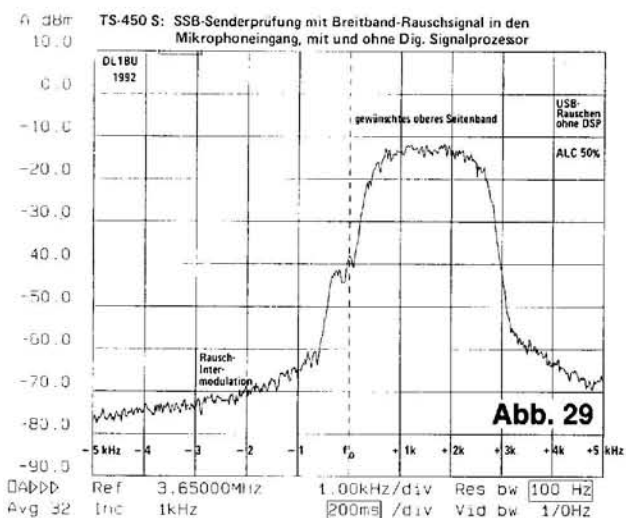
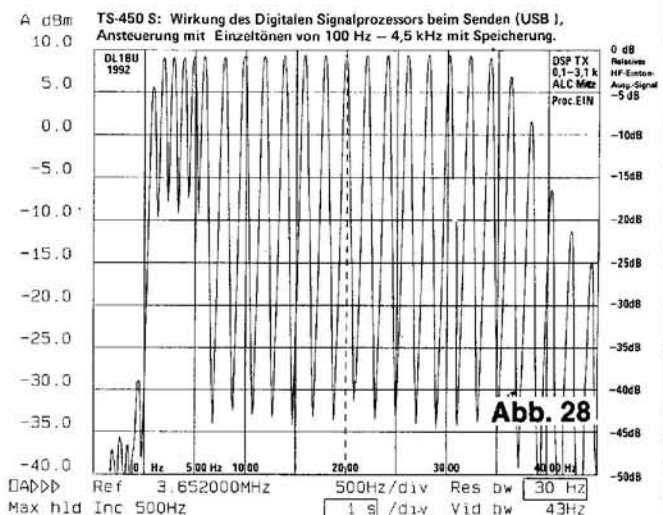
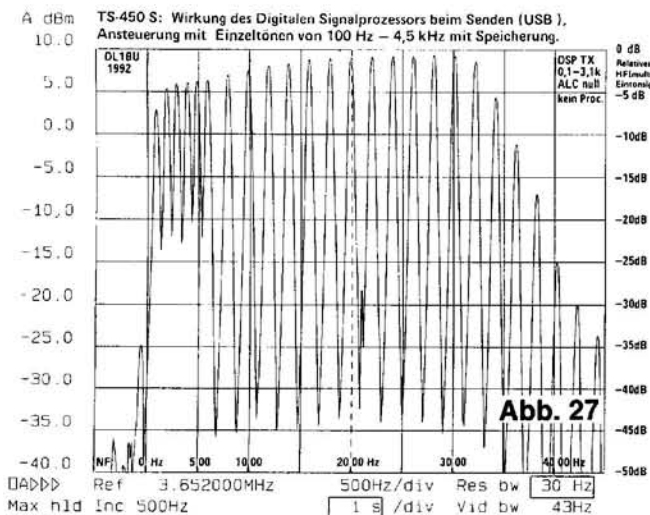
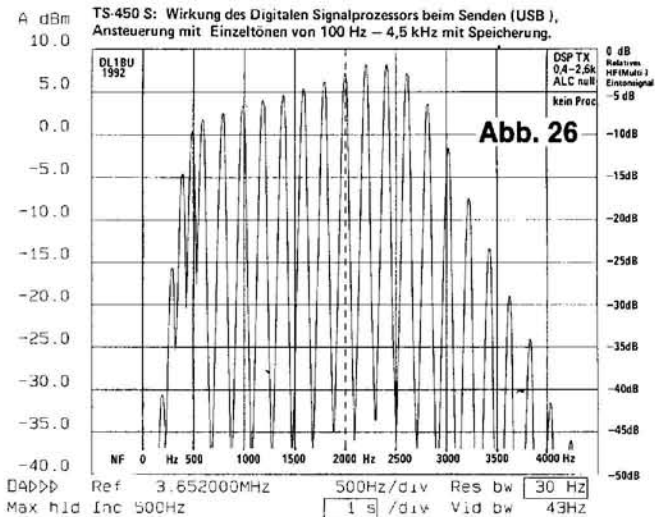
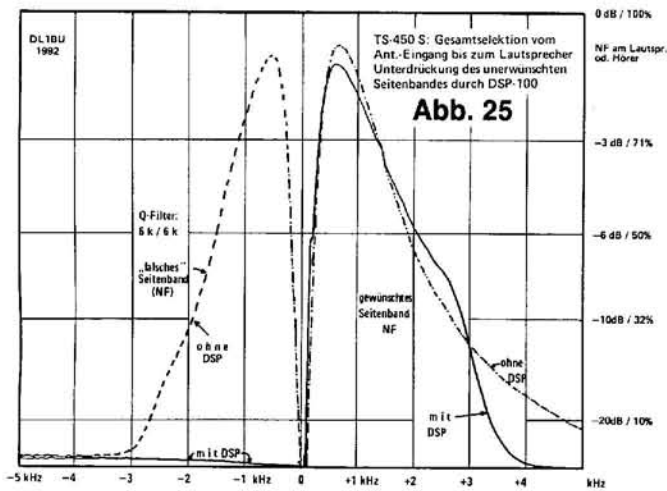
Dies erfolgte im Gegensatz zu den üblichen ZF-Selektionskurven nicht im spannungslogarithmischen (d. h. dB-linearen) Maßstab, sondern spannungslinear. Auf halber Höhe ist daher „50 %“ bzw. -6 dB vermerkt.

Die abfallende Dachschräge ist bei SSB-Empfang mit ca. 5 dB „De-Emphase“ offenbar absichtlich zur Verminderung des Rauschens vorgesehen worden. Eine gewisse „Vor-Anhebung“ (Pre-Emphase) ist bei DSP-Betrieb senderseitig vorhanden – eine Parallele zum FM-Funk.

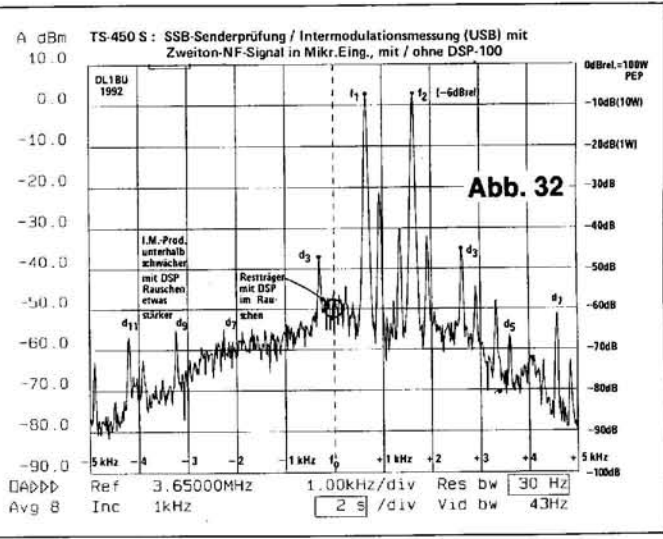
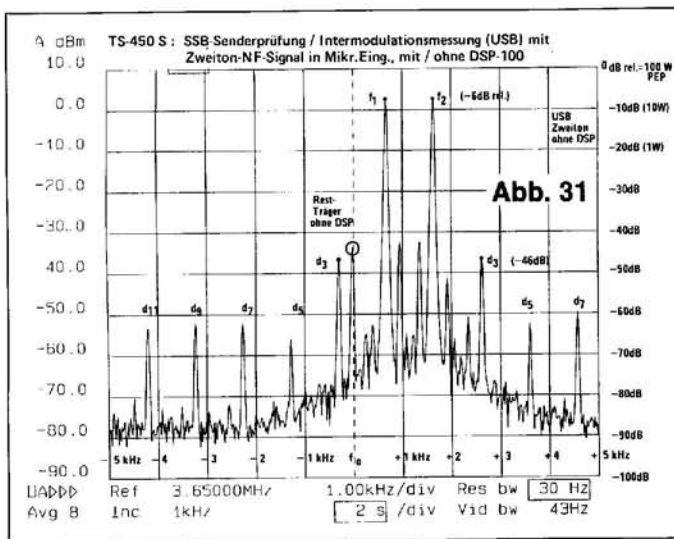
Das Notchfilter konnte im Empfängerbericht nicht behandelt werden, da dort nur der ZF-Selektionsverlauf gemessen wurde. Beim TS-450 S ist ein gut wirksames NF-Kerbfiter vorgesehen, das zusammen mit der DSP-Funktion nunmehr dargestellt werden kann: In Abb. 24 ist die Ausblen-











derung in der Position „0“ bei 500 Hz, in der Stellung „7,5“ bei 1300 Hz und in Einstellung „9“ bei 2400 Hz gezeigt. Ein solches Notchfilter ist in CW, SSB und AM gleichermaßen wirksam. Die Wirkung der Schwundregelung wird mit einem NF-Kerbfilter nicht beeinträchtigt, dafür kann es bei sehr starken Störtönen zum „Zuregeln“ des Empfängers kommen.

Die Spertiefe des Notchfilters ist wegen der linearen Pegeldarstellung aus Abb. 24 nicht ablesbar. Sie kommt an 40 dB heran und entspricht insoweit den typischen ZF-Notchfiltern.

Der digitale Signalprozessor beseitigt auch das unerwünschte Seitenband und den „Rest“ des Restträgers. Schaltet man beide Empfänger-Quarzfilter auf 6 kHz AM-Bandbreite, werden beim Empfang beide Seitenbänder übertragen. Nach Zuschalten des Signalprozessors bleibt nur noch das gewünschte Seitenband übrig (Abb. 25). Ein scheinbarer Rest links unten ist durch Rauschen bedingt.

### Sendereigenschaften

Auch im Senderteil bringt der digitale Signalprozessor eine interessante Erweiterung der Möglichkeiten. In Abb. 26 ist die Summe von Eintonansteuerungen mit

100 Hz NF-Tonabständen bis 600 Hz, darüber im Abstand von je 200 Hz, dargestellt, und zwar ohne jede Begrenzung durch ALC oder Prozessor mit der schmalsten Einstellung des DSP-100 von 400 Hz bis 2600 Hz. Hier ist eine senderseitige Höhenanhebung bei SSB erkennbar, die der Höhenabsenkung beim Empfang entgegenwirkt – eine Möglichkeit der Rauschminderung beim Empfang.

Abb. 27 zeigt die Situation bei der größtmöglichen Übertragungsbandbreite mit DSP von 100 Hz bis 3100 Hz. Wenn auf der Empfangsseite ein ähnliches System zur Verfügung steht, erhält man (fast) die von HiFi-Fans gesuchte Rundfunk-Übertragungsqualität...

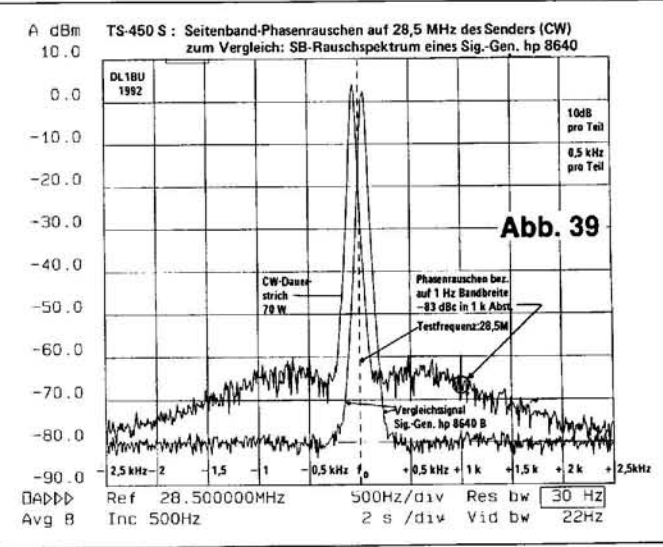
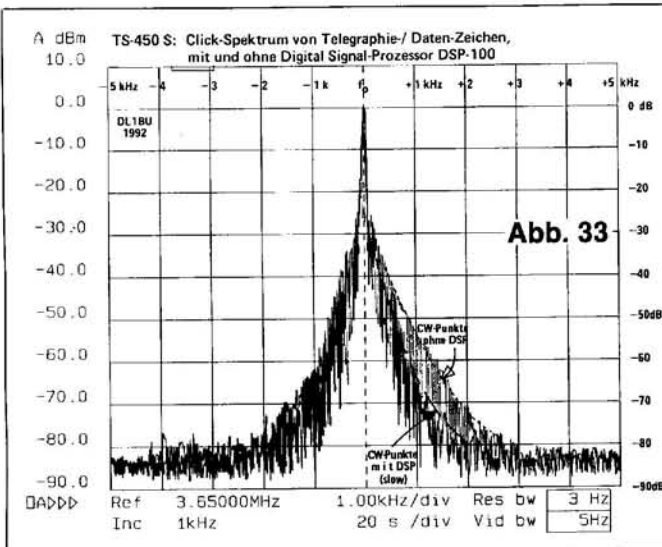
Wird bis zur Mitte des „ALC-Balkens“ ausgesteuert und der Sprachprozessor zugeschaltet, werden auch leise Silben und Töne angehoben; das Ergebnis ist eine frequenzgerade Übertragung von 100 Hz bis 3,5 kHz (Abb. 28).

Eine „brutale“ Frequenzgang- und Intermodulationsprüfung kann durch ein gleichförmiges Rauschspektrum am Mikrophoneingang erfolgen. Ohne DSP und mit einem 2,4-kHz-Filter im Senderzweig ergibt sich nach Abb. 29 das SSB-Rauschsignal von 300 Hz bis 2,7 kHz.

Links ist das Intermodulationsspektrum mit 50 dB bis 60 dB Absenkung zu erkennen.

Leicht nach unten und deutlich nach oben ausgeweitet wird des SSB-Rauschspektrum mit DSP, vor allem in der Stellung 100 Hz/3100 Hz, in Abb. 30 mit „B“ für breit gekennzeichnet. (In den Originalplots werden nahe beieinanderliegende Kurven mit verschiedenen Farben geschrieben, die im Druck technischer Beiträge noch nicht verfügbar sind.) Die engere Kurve („S“ für schmal) stellt die DSP-Einstellung 400 Hz/2600 Hz dar. In beiden Fällen ist die senderseitige Höhenanhebung erkennbar, allerdings auch verstärkte Rauschintermodulation und Prozessorrauschen im anderen Seitenband.

Als „Gegengewicht“ hierzu zeigt Abb. 31 bei Doppeltönansteuerung des TS-450-Senders eine Intermodulation dritter Ordnung von 40 dB (!) unter den Einzeltönen oder 46 dB unter der Spitzenleistung, für eine 13-Volt-Endstufe mit herkömmlichen Sendertransistoren eine beachtliche Leistung. Der ohne Ansteuerung extrem schwache Restträger (-50 dBc) kommt mit dem 100-W-(PEP-)Doppeltön auf -4 dBc, die höheren I.-M.-Produkte auf -6z dBc ohne DSP.



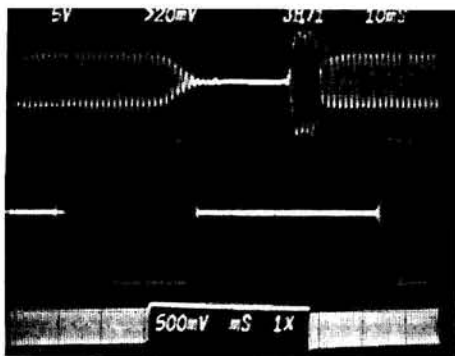


Abb. 34: VOX-BK, Durchhörton bis max. Tempo 150 BpM (oberer Zug, vor dem zweiten CW-Punkt kurzer „Burst“).

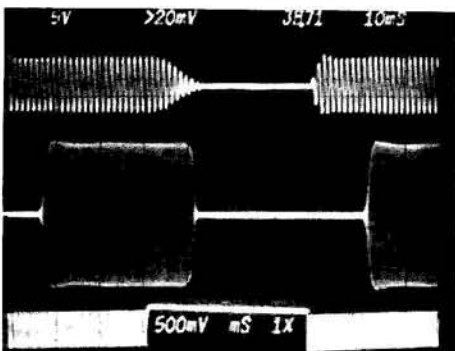


Abb. 35: Ohne BK (VOX ausgeschaltet) ohne DSP, Tempo 150 BpM.

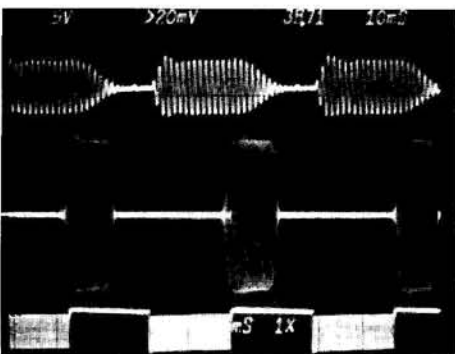


Abb. 36: VOX Semi-BK, Tempo 310 BpM, starke Punktverkürzung.

Mithörton (+ BK)

HF-Telegraphie-Punkte

CW-Tastenschluß

Mithörton

HF-Telegraphie-Punkte

CW-Tastenschluß

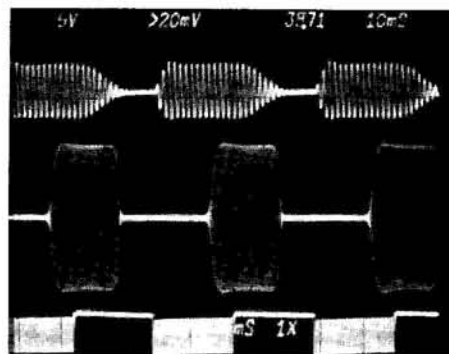


Abb. 37: Ohne VOX, Punktverkürzung geringfügig, Tempo 310 BpM, Anstieg 2,5 ms, Abfall 1,5 ms.

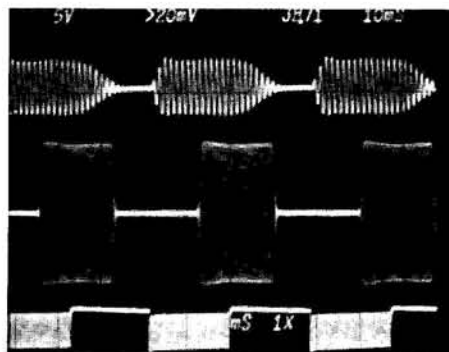


Abb. 38: Tempo 310 BpM ohne VOX, mit DSP, Anstieg „fast“ 1 ms, „slow“ 1,5 ms. Punkt/Pausenverhältnis optimal, schmales Clickspektrum.

TS-450 S Telegraphie-Punkte mit und ohne VOX-BK, mit und ohne Digitalen Signal-Prozessor.

Unterer Zug: Tastenschluß, Punkt/Pause 1:1.

Mittlerer Zug: ausgesendete HF-Morsepunkte.

Oberer Zug: Mithörton, in Abb. 34 auch QSK/BK-Durchhörtsignal der Gegenstation.

Mit DSP (Abb. 32) ist der Restträger nicht mehr auszumachen (Kreis bei  $f_0$ ), er ist im Prozessorrauschen verschwunden, wie auch die I.-M.-Produkte  $d_5$  und (nahezu)  $d_7$ . Die Intermodulationsprodukte neunter und elfter Ordnung sind erkennbar, aber auch nochmals gegenüber dem Betrieb ohne DSP etwas reduziert.

Bei Telegraphie oder Datenübertragung ist das „Clickspektrum“ des Senders von Bedeutung. Harter Zeicheneinsatz verbreitert dieses Spektrum zum Ärger der Frequenznachbarn. Eine Anstiegs- und Abfallzeit von 1 ms bis 3 ms gilt als optimal und ergibt auch bei höchstem Tempo noch „charaktervolle“ Zeichen. Die Schirmfotos weiter unten zeigen die Form der CW-Signale.

Abb. 33 zeigt dieses Clickspektrum des TS-450 S mit und ohne DSP. Der etwas engere Verlauf mit der gestrichelten Hilfs-

linie (Original wieder zweifarbig) zeigt den Verlauf mit DSP. Auf der oberen Flanke breiter ist das Spektrum ohne DSP, trotz etwas langsameren Anstiegs.

Obgleich der TS-450 S nicht als „CW-BK-Gerät“ propagiert wird, übertrifft er mit schnellem „VOX-BK“ wesentlich größere Transceiver mit „Voll-BK“. Schirmbild Abb. 34 zeigt unten die Zeitfolge des Tastenschlusses bei Tempo 150 BpM, in der Mitte die ausgesendeten CW-Punkte (ohne DSP) und oben den Mithörton. Das Schwingungspaket vor dem (zweiten) Sidetone-Signal ist das durchhörbare Partnersignal. Bei höherem Tempo und VOX-BK sowie natürlich beim Drücken der „Send“-Taste verschwindet das Durchhörtsignal, ebenso beim Einstellen einer längeren VOX-Delay-Zeit.

Der Mithörton ist relativ weich, für höhere Gebegeschwindigkeiten könnte man

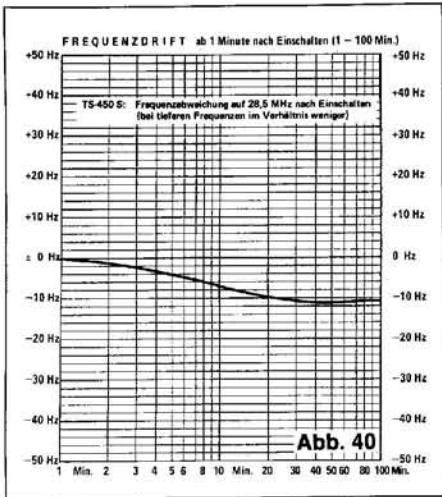
sich einen härteren Einsatz wünschen. Die ausgesendeten Punkte sind nur wenig kürzer als die Punktpausen. Die Anstiegsflanke ist 2,5 ms, der Abfall 1,5 ms. Ohne VOX-BK nähert sich das Punkt-/Pausenverhältnis weiter dem 1 : 1-Ideal (Abb. 35).

Bei einem Gebetempo von 310 BpM ist dann bei VOX-BK die Kürzung der Punkte deutlich; sie sind etwa halb so lang wie die Punktpausen, wie aus Abb. 36 ersichtlich. Dieser Effekt wird gemildert beim Lösen der VOX-Taste und „Dauersendung“. Der Mithörton (oben) ist etwas länger als der Tastenschluß (unten). Durch das langsame Ausklingen ist bei diesem schon seltenen Tempo der Mithörton „schwerer“ als das HF-Zeichen (Abb. 37).

Nach Zuschalten des digitalen Signalprozessors werden die Telegraphiezeichen noch etwas verfeinert: Sie sind streng symmetrisch mit je 1 ms Anstieg

und Abfall bei „fast“ und je 1,5 ms bei „slow“. Die Punkte kommen noch etwas näher an die Zeiten der Punktphasen. Trotz der etwas schärferen Zeichen ist das Klickspektrum etwas schmaler, wie Abb. 33 zeigte. Dieser nahezu ideale Zustand gilt bei CW-Dauersendung ohne VOX, aber mit DSP (Schirmpfoto **Abb. 38**).

Die spektrale Reinheit ist bei den neuen Geräten mit DDS (direkte digitale Frequenzsynthese) beachtlich gut. Sie ermöglichen 1-Hz-Abstimmsschritte (Fine Tune mit 1 kHz pro Knopfdrehung) und haben kaum parasitäre Nebensignale. **Abb. 39** zeigt ein Dauerstrich-CW-Signal auf 28,5 MHz im Vergleich zu einem besonders rauscharmen Signalgenerator (hp 8640 B). In 1 kHz Abstand ist der auf 1 Hz Bandbreite und Effektivwert umgerechnete Phasenrauschanteil -83 dBc. Schon am Ende eines SSB-Signals ist er um weitere 10 dB abgefallen.

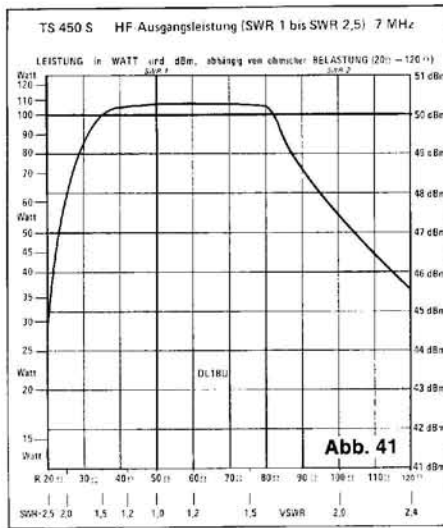


Die Frequenz-Treffsicherheit ist für ein „Kleingerät“ sehr gut. Die 100-Hz-Dezimale war auf allen Bändern und nach längerer Betriebsdauer immer korrekt. **Abb. 40** zeigt bei 28,5 MHz maximal 11 Hz Abweichung nach 30 Minuten Empfangs- oder Teillast-Sendezeit, danach schwankte die Frequenz um weniger als 3 Hz im 10-m-Band.

Auf den tieferen Bändern ist die Drift entsprechend kleiner, auf 14 MHz die Hälfte, auf 7 MHz ein Viertel, also max. 3 Hz während der Einlaufphase bei sonst etwa gleichbleibender Temperatur.

Die HF-Ausgangsleistung ist auf allen Bändern 100 Watt +/- 0,25 dB bei 50 Ohm Abschluß. Aus **Abb. 41** kann die Minderleistung bei Fehlanpassung abgelesen werden. Auf 7 MHz waren mindestens 100 Watt verfügbar im reellen Anpassungsbereich von 35 Ohm bis 81 Ohm. Bei SWR 2 (25 Ohm und 100 Ohm) regelt die ALC (automatische Pegelkontrolle) um ca. 2,5 dB zurück.

Wird der TS-450 S mit „AT“ (Antennentuner) bestellt, ist von 3,5 MHz bis 29,7 MHz durch Knopfdruck ein weiter Bereich von ca. 15 Ohm bis 150 Ohm anzupassen. Elektrisch noch günstiger ist freilich die Korrektur der Anpassung direkt an der Antenne. Dies leistet ein separater Anten-

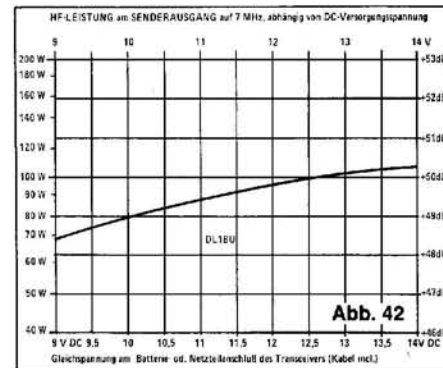


nentuner (AT-300) im wasserdichten Gehäuse, der über Koaxialkabel und Steuerleitung verbunden wird und dann fast jeden Draht anpaßt. Ein separater Bericht ist geplant.

Bei einem 13-Volt-Transceiver interessiert die Abhängigkeit der HF-Ausgangsleistung von der Batterie- oder Netzteilspannung. **Abb. 42** zeigt, daß schon bei 10 Volt DC am Anfang des Versorgungskabels 70 Watt an 50 Ohm verfügbar sind; die 100-Watt-Grenze wird bei 12,5 Volt erreicht, ein wichtiger Wert für Mobilbetrieb aus dem stehenden Fahrzeug.

Nachdem bei vielen Transceivern der Mittelklasse und der Spitzengeräte Tabellen über die Oberwellenabsenkung am Antennenausgang bei 50 Ohm Last, aber auch die abgestrahlte Störleistung am Versorgungskabel einen sehr guten Stand der Technik zeigten, stellt sich die Frage, wie das bei „Einsteigern“ aussieht.

Die **Tabelle** gibt bis zur 25. Harmonischen von 28 MHz (700 MHz) die Oberwellen-Leistungsabsenkung am Antennenausgang an (gefordert für KW nach VO-Funk 40 dB), in der letzten Spalte auch die am Stromversorgungskabel verfügbare Störleistung in dB über 1 Pikowatt.



BCI/TVI wird nicht allzu oft durch Oberwellen verursacht. In diesen Fällen ist das Störphänomen abstimmbare. Funkstörende Beeinflussung kommt immer von der Grundfrequenz. Hier hilft nur Entkopplung der Antennen und Leitungen, Einsatz von Ferritkernen u. ä. Speziell am betroffenen

Gerät müssen ggf. Antennenkabel und Netzkabel über hochpermeable Ferritkerne geführt werden.

Eine Oberwellenstörung ist bei diesem TS-450 S kaum zu erwarten. Falls ein Sender-Tiefpaßfilter am Antennenausgang keine Besserung bringt, ist Harmonischenabstrahlung durch das Versorgungskabel zu vermuten. Die dort verfügbare HF-Leistung ist in der letzten Spalte mit 31 bis 80 dBpW ablesbar.

Ist ein FM-Rundfunkempfänger z. B. mit einer „Balkonantenne“ auf 88,8 MHz in Betrieb und empfängt dort einen schwachen FM-Sender, so könnte bei einer Koppeldämpfung dieser Antenne mit dem Speisekabel von 50 dB und bei Sendebetriebe auf 29,6 MHz die dritte Harmonische mit 80 dBpW - 50 dB = 30 dBpW eine Überlagerungsstörung verursachen. Der Funkstörungenmeßdienst wird dem Nachbarn allerdings sagen, daß ein 90-MHz-Dipol am Balkon und der Empfang eines fernen Senders auf 88,8 MHz keinen „Vorgang“ auslösen kann...

Der Bericht zeigte, daß auch ein so kleines Gerät wirklich gute Daten aufweisen kann und insofern als Zweit- oder Reisegerät wie auch als Erstausrüstung für den „Einsteiger“ in Betracht kommt.

## TS-450 S: BCI/TVI

Harm.	Frequenz	Oberw. Absenk.	Störleistung auf Kabel
f <sub>0</sub>	28 MHz		
k2	56 MHz	87 dB	54 dBpW
k3	84 MHz	89 dB	80 dBpW
k4	112 MHz	85 dB	43 dBpW
k5	140 MHz	80	66
k6	168	86	42
k7	196	99	60
k8	224	95	45
k9	252	99	50
k10	280 MHz	95 dB	40 dBpW
k11	308	103	52
k12	336	102	43
k13	364	102	48
k14	392	110	50
k15	420 MHz	108dB	48 dBpW
k16	448	106	48
k17	476	110	41
k18	504	104	49
k19	532	110	38
k20	560 MHz	112 dB	39 dBpW
k21	588	109	38
k22	616	111	45
k23	644	113	37
k24	672	116	41
k25	700 MHz	118 dB	31 dBpW
Ord.-Zahl d. Harm.	Frequenz	Oberw. Absenk.	Störleistung auf Kabel

TABELLE TVI-BCI-Potential