

# Die Expert 1.5K Taurus von SPE – ein technischer Meilenstein

CHRISTIAN REIMESCH – DL2KCK

Bereits auf der Hamvention 2024 in Xenia präsentierte das italienische Unternehmen Società Per l'Elettronica S.r.l. (SPE) seine neue Endstufe Expert 1.5K Taurus als innovatives Upgrade der Expert 1.5K. Auf der vorjährigen Ham Radio in Friedrichshafen hatte ich Gelegenheit, mit Gianfranco, IOZY, dem Chef von SPE, zu sprechen, der mir die wichtigsten Neuerungen und Verbesserungen erläuterte.

Das Taurus-Konzept setzt auf maximale Robustheit, insbesondere für den Einsatz bei Contesten, auf DXpeditionen und in Digimodes wie FT8, PSK und RTTY. Diese digitalen Sendearten sind im Übrigen laut Hersteller mit der vollen Ausgangsleistung in der Stellung MAX nutzbar. Um dies zu gewährleisten, verwenden SPE zwei 1,8-kW-Doppel-LDMOS-

die Sicherheit der Bauelemente zu gefährden. Zudem hat SPE die Effizienz der Kühlung im Vergleich zum Vorgängermodell erheblich verbessern können, wie der Belastungstest zeigte. In der MAX-Leistungsstufe ermöglicht die Taurus-Schutzschaltung mit 100 % Duty Cycle, dass 1 min lang bei voller Leistung (1,5 kW) gesendet werden kann. In



Bild 1: Frontansicht der Endstufe Expert 1.5K Taurus von SPE; das große Display bietet einen schnellen Überblick über alle relevanten Betriebsdaten.

Fotos: DL2KCK (4), Werkfotos (2)

Blöcke vom Typ MRFX1K80N. Diese Konfiguration sorgt dafür, dass jeder LDMOSFET nur mit dem halben Strom arbeitet und somit nur die halbe Verlustleistung in Wärme umwandelt.

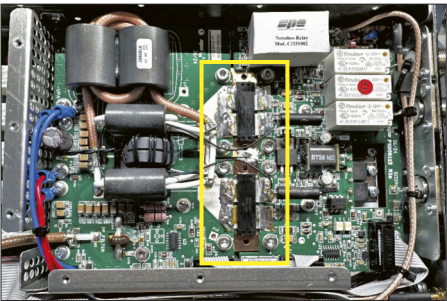


Bild 2: Endstufenmodul mit zwei LDMOS-FET-Blöcken

Die thermische „Parallelschaltung“ der Transistoren reduziert den effektiven Wärmewiderstand zwischen Halbleiterübergang und Gehäuse von 0,06 K/W auf 0,03 K/W. Gleichzeitig verbessert sich die Effizienz des Heat Spreader (Kupferplatte als Wärmespreizer), auf dem beide LDMOSFETs aufgelötet sind. Das ermöglicht den Betrieb des Kühlkörpers mit deutlich höheren Temperaturen, ohne

der mittleren Leistungsstufe (MID) entfällt diese zeitliche Begrenzung. Zudem erkennt die optimierte Schutzschaltung auch schleichende SWV-Anstiege – etwa wegen überhitzter Ringkerne in Baluns oder Ununs sowie durch Defekte an Antennen oder deren Zuleitungen. Der Benutzer wird frühzeitig gewarnt und die interne Schutzschaltung



Bild 3: Äußerlich sehen sich die Expert 1.5K Taurus und ihr Vorgängermodell sehr ähnlich, hinsichtlich der technischen Parameter und Eigenschaften gibt es jedoch deutliche Unterschiede.

Tabelle 1: Ausgewählte technische Daten der Expert 1.5K Taurus nach Herstellerangaben

Frequenzbereich	1,8 ... 54 MHz
Ausgangsleistung	MAX: 1500 W MID: 1000 W LOW: 500 W
Leistungsverstärker	zwei mit je 1,8 kW belastbare LDMOSFETs
Aufwärmzeit	keine
Antennentuner	integriert
Weitbereichsteil	100 ... 255 V, 47 ... 63 Hz
Abmessungen (B × H × T)	380 mm × 120 mm × 280 mm
Masse	9,5 kg

greift ein, bevor es zu Schäden an der Endstufe kommt.

### Thermisches Verhalten

Zur Bewertung des thermischen Verhaltens wurde die Expert 1.5K Taurus (im Weiteren nur Taurus genannt) einem umfassenden Belastungstest unterzogen. Dieser erfolgte auf dem 20-m-Band in der MAX-Leistungsstufe bei Vollaussteuerung, wobei die Umgebungstemperatur während des Tests bei etwa 23 °C lag.

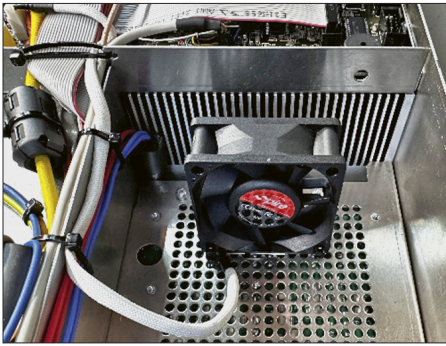
Zu Beginn der Messung ( $t = 0$  min) lieferte die Taurus stabile 1,3 kW, wobei die Temperatur der Kupferplatte der LDMOSFETs bei 30 °C lag. Ein hochpräziser Tempera-

Tabelle 2: Ergebnisse des Belastungstests an der Expert 1.5K Taurus

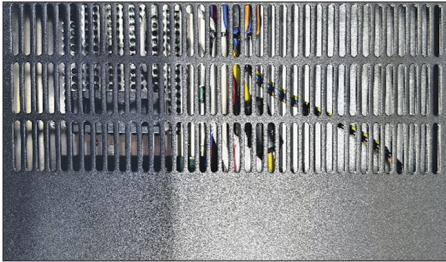
$t$ [min]	Normalmodus		Contestmodus	
	$\vartheta$ [°C]	$P_A$ [W]	$\vartheta$ [°C]	
0	30	1331	30	
1	46	1300	44	
2	52	856	48	
3	55	850	52	
4	58	846	55	
5	60	841	57	
6	61	838	59	
7	62	835	61	
8	63	834	62	
9	63	832	63	
10	64	831	64	
11	64	830	64	
12	64	829	64	
13	53	0	54	
14	47	0	47	
15	45	0	45	
16	43	0	43	
17	41	0	41	

Tabelle 3: Belastungstest am Vorgängermodell Expert 1.5K

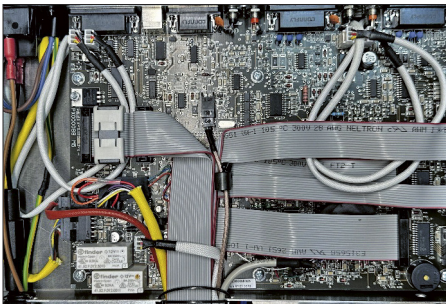
$t$ [min]	Contestmodus	
	$\vartheta$ [°C]	$P_A$ [W]
0	30	1360
1	51	989
2	55	984
3	61	972
4	64	959
5	68	950
6	53	0
7	45	0
8	41	0
9	37	0
10	34	0



**Bild 4:** Die Taurus besitzt einen zusätzlichen Lüfter ...



**Bild 5:** ... und an der Gehäuseunterseite die dazugehörigen Lüftungsschlitze zur Gewährleistung der Zirkulation.



**Bild 6:** CPU-Board und Lüfterphalanx (oben)

tursensor LM35DT mit einem Messbereich bis 150 °C liefert die Daten für die Temperaturanzeige auf dem Display. Die Erwärmung im Normal- und Contestmodus wurde nach jeder Minute gemessen. Die Werte sind in Tabelle 2 und in Bild 7 dargestellt.

Da auch eine Expert 1.5K zur Verfügung stand, wurde mit dieser Endstufe zur besseren Vergleichbarkeit unter identischen

Bedingungen eine weitere Messreihe aufgenommen. Nach der ersten Minute wurden beide Verstärker in der Leistungsstufe *MID* (etwa 1 kW) betrieben. Dabei war bei beiden Endstufen die ALC aktiviert, welche die Steuerleistung des Transceivers Icom IC-7610 auf den vom Hersteller vorgegebenen Wert abregelt.

Bei der Expert 1.5K wurde die Steuerleistung des Transceivers im *MAX*-Modus manuell reduziert, um eine vergleichbare Ausgangsleistung wie bei der Taurus zu erreichen. Im *MID*-Modus lieferte die Expert 1.5K etwa 100 W mehr als die Taurus. Diese Abweichung ist auf die werkseitig etwas konservativere ALC-Einstellung der Taurus zurückzuführen. Ohne ALC wären auch bei der Taurus volle 1,5 kW erreichbar gewesen.

Beim Temperaturverhalten der Endstufen zeigten sich deutliche Unterschiede: Nach 5 min erreichte die Kühlkörpertemperatur der Expert 1.5K bereits 68 °C, während die Taurus mit 60 °C deutlich kühler blieb. Wegen der stärkeren Erwärmung wurde der Test mit der Expert 1.5K nach 5 min abgebrochen.

Die Taurus hingegen erwies sich als thermisch stabiler und erreichte nach 10 min eine maximale Kühlkörpertemperatur von 64 °C bei einer Umgebungstemperatur von 23 °C, siehe Tabellen 2 und 3 sowie Bild 7.

### Worst-Case-Szenario

In einem von SPE gerechneten Worst-Case-Szenario mit einer Fehlanpassung  $s = 1,5$  und einer Ausgangsleistung von 1,5 kW müssen die beiden LDMOSFETs insgesamt 1304 W Verlustleistung in Wärme umwandeln. Bei einer Umgebungstemperatur von 23 °C und einer Höchsttemperatur der Kupferplatte von 129,3 °C würde eine Sperrschichttemperatur von 168,6 °C erreicht werden – ein Wert, der aber noch völlig unkritisch ist, Tabelle 4. NXP spezifiziert für den MRFX1K80N eine maximale Sperrschichttemperatur

von 225 °C. Die interne Schutzschaltung greift allerdings bereits deutlich früher ein und schaltet die Endstufe bei 105 °C am *Heat Spreader* mit der Fehlermeldung *Internal Overheating* ab, wobei die Lüfter weiterhin laufen.

Die Ergebnisse des Belastungstests zeigen, dass SPE von Erfolg gekrönte Anstrengungen unternommen hat, eine Endstufe zu entwickeln, die selbst hohen Belastungen standhält. Im Vergleich zur Expert 1.5K wurde zudem die Kühlung durch einen zusätzlichen Lüfter auf der Unterseite der Endstufe sowie durch Lüftungsschlitze im unteren Gehäusedeckel verbessert, Bilder 4 bis 6. Bei der Expert 1.5K ist dieser Deckel ohne Schlitze ausgeführt.

### Ausgangsleistung und Verstärkung

Die Expert 1.5K Taurus bietet dem Operator drei Leistungsstufen zur Auswahl, deren Ausgangsleistung auf allen Bändern präzise ermittelt wurde. Das optimierte Messverfahren hatte eine sehr hohe Genauigkeit. Die Messungen habe ich mit einem thermischen Sensor NRP-Z51 von Rohde & Schwarz in Kombination mit einem vorgeschalteten 50-dB-Dämpfungsglied durchgeführt (Tabellen 5 bis 7). Letzteres wurde zuvor mit einem VNA kalibriert, wobei die ermittelten Korrekturwerte für die verwendeten Dämpfungsglieder, Kabel und Stecker in der Spalte *TDF* aufgeführt sind. Die Messwerte für  $P_{SE}$  und  $P_{SA}$  beziehen sich auf den verwendeten Sensor.

Die gemessenen Leistungen in den einzelnen Leistungsstufen weichen von den von SPE angegebenen Werten leicht nach unten ab. Laut Hersteller sollten mit angeschlossener ALC 500 W in der Stellung *LOW*, 1000 W bei *MID* und 1500 W in Stellung *MAX* erreicht werden. Offensichtlich regelt die ALC der Taurus den IC-7610 aber schon vor dem Erreichen der Sollleistung herunter. Je nach Band

**Tabelle 4:** Wärmetransfer-Berechnungen von SPE

	2xMRFX1K80N
Umgebungstemperatur	26 °C
thermischer Widerstand	
Sperrschicht	0,03 K/W
thermischer Widerstand	
Kupferplatte	0,009 K/W
thermischer Widerstand	
Kühlkörper/Umgebungsluft	0,07 K/W
Effizienz @ SWV $s = 1$	65 ... 73 %
Effizienz @ SWV $s = 1,52$	57 ... 73 %
Verlustleistung	250 ... 1308 W
Kühlkörpertemperatur	43,5 ... 117,6 °C
Kupferplattentemperatur	45,8 ... 129,3 °C
Sperrschichttemperatur	53,3 ... 168,6 °C

**Bild 7:** Gemessene Temperaturverläufe bei der Expert 1.5K Taurus in Abhängigkeit vom Betriebsmodus und im Vergleich zum Vorgängermodell

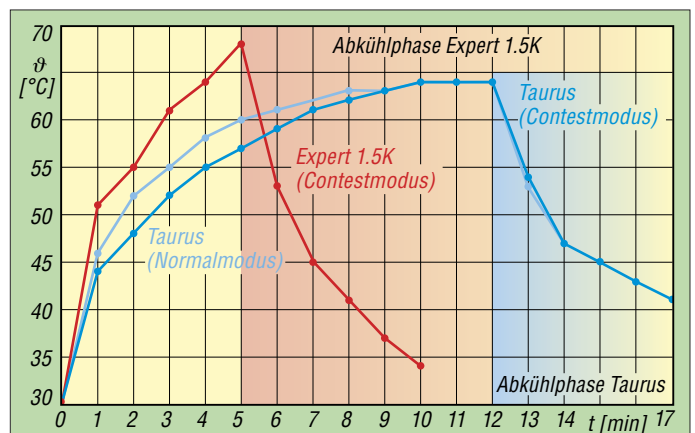




Tabelle 5: Leistung und Verstärkung in Stellung LOW

<i>f</i> [MHz]	<i>TDF</i> [dB]	<i>P</i> <sub>SE</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>SA</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>E</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>E</sub> [W]	<i>P</i> <sub>A</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>A</sub> [W]	<i>V</i> [dB]
1,8	49,9	-7,0	6,7	42,5	17,7	56,6	457	14,1
3,65	49,9	-7,3	6,7	42,6	18,1	56,6	454	14,0
7,1	50,3	-8,0	6,4	42,3	17,1	56,7	467	14,4
10,1	50,0	-8,7	6,4	41,3	13,6	56,4	433	15,0
14,2	50,0	-8,6	6,5	41,4	13,9	56,5	442	15,0
18,1	50,2	-8,5	6,6	41,7	14,9	56,8	477	15,0
21,2	50,2	-8,4	6,4	41,9	15,4	56,7	466	14,8
24,93	50,3	-8,6	6,5	41,7	14,8	56,8	475	15,1
28,5	50,4	-8,2	6,4	42,1	16,3	56,8	480	14,7
50,1	50,5	-7,3	6,6	43,2	20,8	57,1	512	13,9

Tabelle 6: Leistung und Verstärkung in Stellung MID

<i>f</i> [MHz]	<i>TDF</i> [dB]	<i>P</i> <sub>SE</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>SA</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>E</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>E</sub> [W]	<i>P</i> <sub>A</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>A</sub> [W]	<i>V</i> [dB]
1,8	49,9	-4,8	9,7	45,1	32,4	59,6	909	14,5
3,65	49,9	-5,3	9,6	44,6	29,1	59,5	890	14,8
7,1	50,3	-5,3	9,4	45,0	32,0	59,7	937	14,7
10,1	50,0	-5,9	9,4	44,1	26,0	59,4	878	15,3
14,2	50,0	-6,4	9,4	43,6	23,0	59,4	876	15,8
18,1	50,2	-6,5	9,4	43,7	23,5	59,6	922	15,9
21,2	50,2	-6,0	9,4	44,3	26,7	59,7	931	15,4
24,93	50,3	-6,4	9,3	43,9	24,5	59,7	924	15,8
28,5	50,4	-6,3	9,3	44,1	25,8	59,7	936	15,6
50,1	50,5	-6,1	9,1	44,4	27,5	59,7	929	15,3

Tabelle 7: Leistung und Verstärkung in Stellung MAX

<i>f</i> [MHz]	<i>TDF</i> [dB]	<i>P</i> <sub>SE</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>SA</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>E</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>E</sub> [W]	<i>P</i> <sub>A</sub> [dBm]	<i>P</i> <sub>A</sub> [W]	<i>V</i> [dB]
1,8	50,0	-2,2	11,4	47,7	59,1	61,3	1364	13,6
3,65	50,0	-3,3	11,4	46,6	46,1	61,3	1342	14,6
7,1	50,3	-2,9	11,1	47,4	55,3	61,5	1400	14,0
10,1	50,0	-3,0	11,2	47,0	49,6	61,2	1327	14,3
14,2	50,0	-4,4	11,2	45,6	36,2	61,2	1305	15,6
18,1	50,2	-4,3	11,1	45,9	39,1	61,3	1351	15,4
21,2	50,2	-3,9	11,1	46,3	43,0	61,4	1376	15,1
24,93	50,3	-4,0	11,2	46,3	42,7	61,5	1419	15,2
28,5	50,4	-4,2	11,0	46,2	41,3	61,4	1385	15,3
50,1	50,5	-3,7	11,1	46,8	47,8	61,6	1451	14,8

fehlen dadurch maximal 0,5 dB, was im praktischen Betrieb aber nicht auffällt. Die Taurus zeigt auf ihrem Display bei Vollaussteuerung jeweils den Maximalwert der betreffenden Stufe an, was vermutlich auf die Messunsicherheit des externen Wattmeters beim Abgleich im Werk zurückzuführen ist. Da SPE die zulässige Abweichung der Ausgangsleistung mit ±0,8 dB spezifiziert, liegen

sämtliche Messwerte innerhalb der Toleranz. Die Abweichung meines Messaufbaus liegt bei etwa ±0,2 dB.

■ Intermodulation

Für diese Tests wurde die Taurus durch einen IC-7610 mit aktivierter DPD (digitaler Vorverzerrung, engl. *predistortion*) angesteuert. Die schwarze Kurve in Bild 8 ist das unverstärkte Signal mit einem IM-

Abstand von mehr als -50 dBc (PEP) zu sehen. Im 160-m-Band erreicht die Taurus bei Vollaussteuerung in der Stellung MAX einen Intermodulationsabstand 3. Ordnung (IM3) von -33 dBc (PEP).

Die orangefarbene Kurve in Bild 9 wurde in Stellung MAX, die violette in Stellung MID und die blaue in Stellung LOW gemessen. Es fällt auf, dass die Intermodulationsabstände für IM3 und IM5 bei Vollaussteuerung mit angeschlossener ALC relativ ähnlich sind. Bezogen auf IM3 wird bei einer Ausgangsleistung von 1,35 kW (PEP) ein IM-Abstand von etwa -33 dBc (PEP) erreicht.

Bei Vollaussteuerung im 20-m-Band war ein IM3-Abstand von etwa -28 dBc (PEP) bei Vollaussteuerung in der Stellung MAX mit angeschlossener ALC messbar. Ähnlich sieht es mit den IM3-Abständen bei MID und LOW aus, Bild 10.

■ Analyse der Intermodulationsabstände

Nachdem im vorigen Abschnitt die Intermodulation lediglich punktuell und bei Vollaussteuerung in den jeweiligen Leistungsstufen betrachtet wurde, kam mir die Idee, das IM-Verhalten der Taurus in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung genauer zu untersuchen und mit der 1.5K zu vergleichen. Für diesen Test wurde bei beiden Endstufen die ALC deaktiviert, um eine Aussteuerung bis zur maximalen Leistung von 1,5 kW zu ermöglichen.

Im 80-m-Band erreicht die Taurus Intermodulationsabstände von über -36 dBc, bezogen auf PEP. Bei maximaler Aussteuerung mit der in Deutschland zulässigen Sendeleistung werden Werte um -37 dBc (PEP) erzielt. Die IM-Produkte 5. Ordnung liegen in diesem Leistungsbereich bei etwa -45 dBc (PEP), Bilder 11 bis 13. Noch besser fallen die Messergebnisse bei den IM7-Produkten aus: je nach Aus-

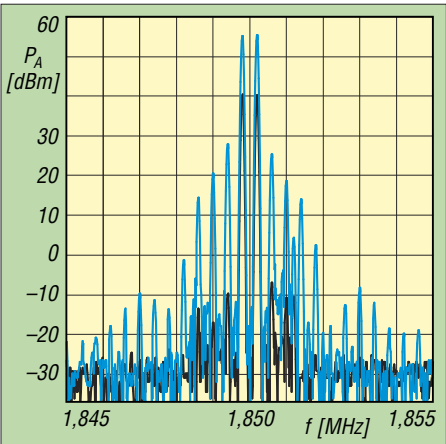


Bild 8: Intermodulation auf 160 m in Stellung MAX bei *P*<sub>A</sub> = 1350 W (blau), unverstärktes Signal schwarz.

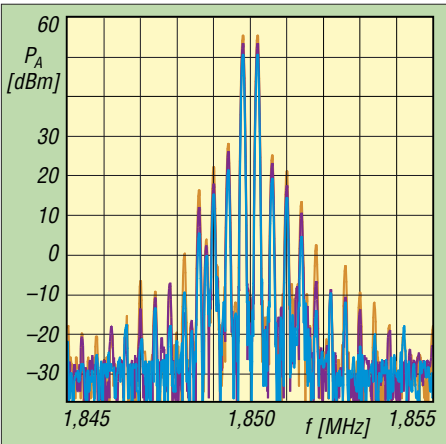


Bild 9: Intermodulation auf 160 m in den Stellungen LOW (blau), MID (violett) und MAX (orange)

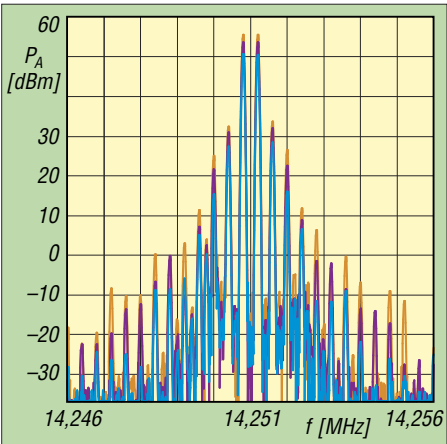


Bild 10: Intermodulation auf 20 m in den Stellungen LOW (blau), MID (violett) und MAX (orange)

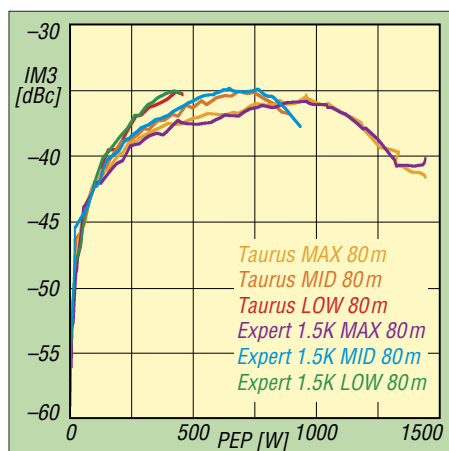


Bild 11: Abhängigkeit des IM3-Abstands von der Ausgangsleistung im 80-m-Band

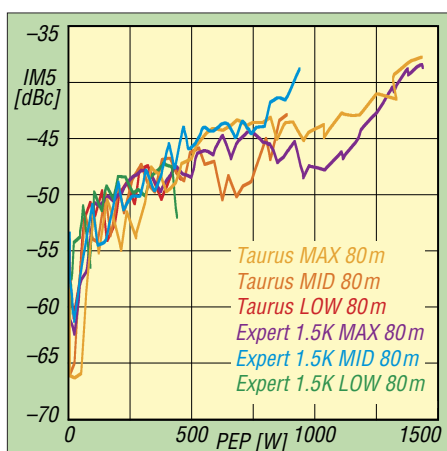


Bild 12: Abhängigkeit des IM5-Abstands von der Ausgangsleistung im 80-m-Band

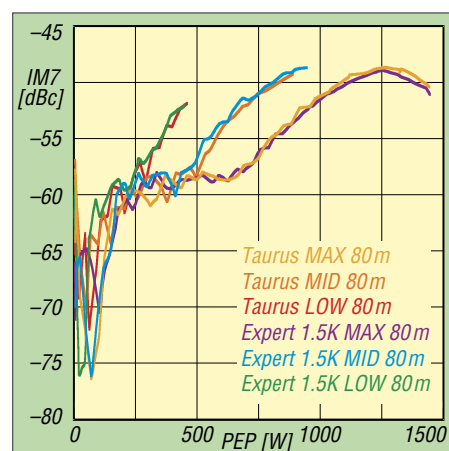


Bild 13: Abhängigkeit des IM7-Abstands von der Ausgangsleistung im 80-m-Band

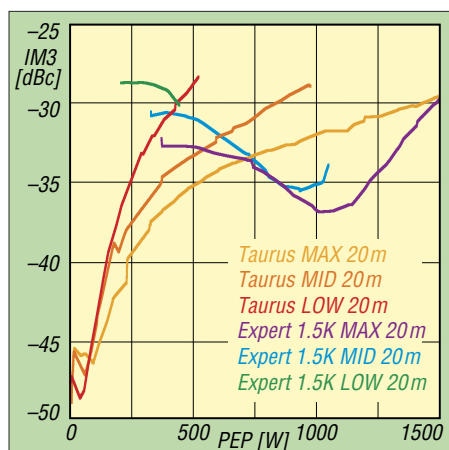


Bild 14: Abhängigkeit des IM3-Abstands von der Ausgangsleistung im 20-m-Band

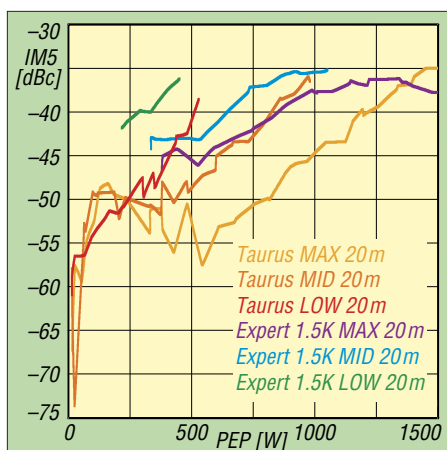


Bild 15: Abhängigkeit des IM5-Abstands von der Ausgangsleistung im 20-m-Band

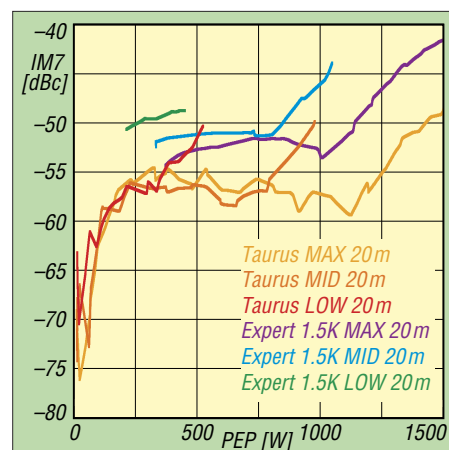


Bild 16: Abhängigkeit des IM7-Abstands von der Ausgangsleistung im 20-m-Band

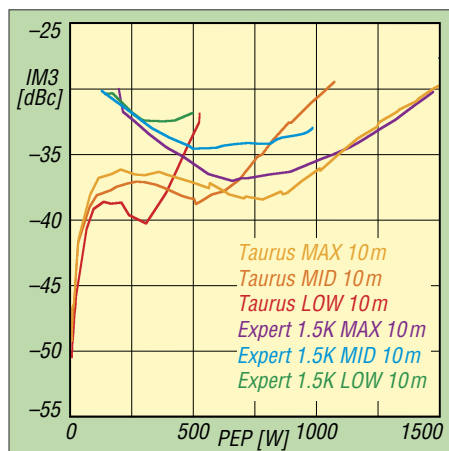


Bild 17: Abhängigkeit des IM3-Abstands von der Ausgangsleistung im 10-m-Band

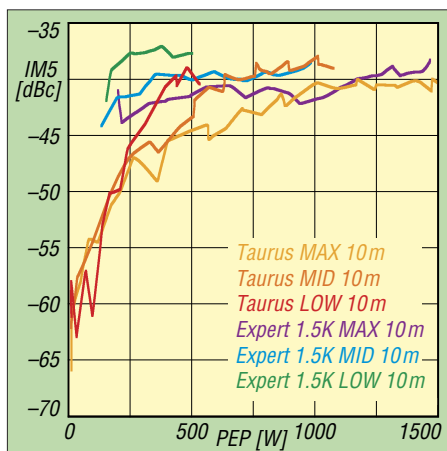


Bild 18: Abhängigkeit des IM5-Abstands von der Ausgangsleistung im 10-m-Band

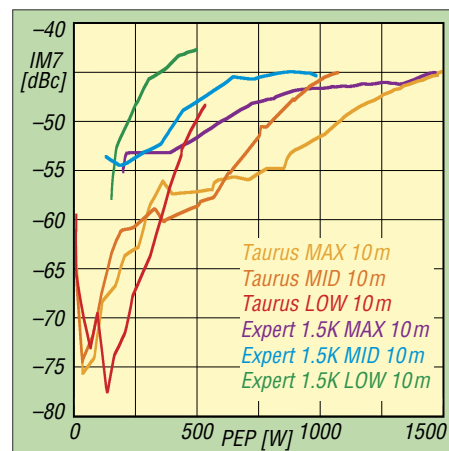


Bild 19: Abhängigkeit des IM7-Abstands von der Ausgangsleistung im 10-m-Band

steuerung waren Werte zwischen etwa  $-60$  dBc und  $-50$  dBc (PEP) zu messen. Diesbezüglich können „normale“ Steuer-sender in der Regel nicht mithalten – es sei denn, es kommt ein Sender mit adaptiver bzw. digitaler Predistorsion, wie der des IC-7610 von Icom, zum Einsatz. Im 20-m-Band erreicht die Taurus bei 750 W PEP einen IM3-Abstand von  $-33$  dBc (PEP), also auf dem Niveau der Expert 1.5K. Bei höherer Aussteuerung ver-

schlechtern sich die IM-Abstände der Taurus leicht, während sie sich bei der Expert 1.5K sowohl im MID- als auch im MAX-Modus geringfügig verbessern. Dieses Verhalten entspricht der bei Endstufen mit LDMOSFETs häufig beobachteten Besonderheit, dass sich IM3-Abstände bei steigender Aussteuerung verbessern können, Bilder 14 bis 16.

Bei den IM-Produkten 5. Ordnung zeigt die Taurus Vorteile: Sie erreicht im MAX-

Modus bei 800 W einen Wert von  $-50$  dBc (PEP), während an der Expert 1.5K lediglich  $-42$  dBc gemessen werden. Auch bei den IM7-Produkten ist die Taurus der Expert 1.5K deutlich überlegen – zumindest im MAX-Modus.

Im 10-m-Band erreicht die Taurus in Bezug auf IM3 bei mittlerer Aussteuerung in der Leistungsstellung MAX mit  $-37$  dBc (PEP) ein leicht besseres Ergebnis als die Expert 1.5K, siehe Bilder 17 bis 19. Die

IM5-Performance der Taurus liegt bei MAX und 800 W PEP bei etwa  $-43$  dBc. Die IM7-Produkte sind bei der gleichen Leistung mit  $-55$  dBc (PEP) in einem unkritischen Bereich.

## Nebenaussendungen

Ich habe die Nebenaussendungen auf allen Bändern gemessen und exemplarisch die Bänder mit den geringsten Abständen herausgesucht. Im Frequenzbereich bis 30 MHz werden die geforderten  $-50$  dBc auf allen Bändern eingehalten bzw. sogar unterschritten. Im 6-m-Band maß ich bei voller Leistung in Stellung MAX (1,45 kW)  $-67$  dBc bzw.  $-70$  dBc bei 750 W. Die ETSI EN 301 783 V2.2.1 fordert bei Frequenzen oberhalb von 30 MHz  $-70$  dBc, Bilder 20 bis 25.

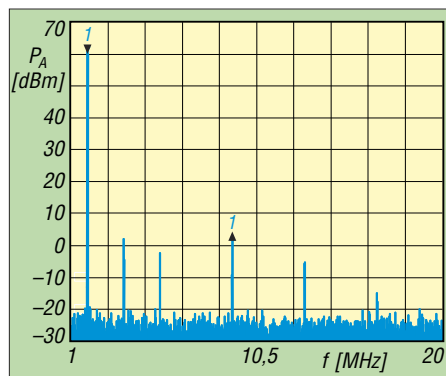
## Bedienung und Praxistest

Wer bereits mit einer Expert 1K, 1.3K, 1.5K oder 2K gearbeitet hat und das Bedienkonzept der SPE-Endstufen kennt, wird sich bei der Taurus kaum umstellen müssen. Vorhandene Anschlusskabel dieser Modelle können in der Regel auch mit der Taurus verwendet werden.

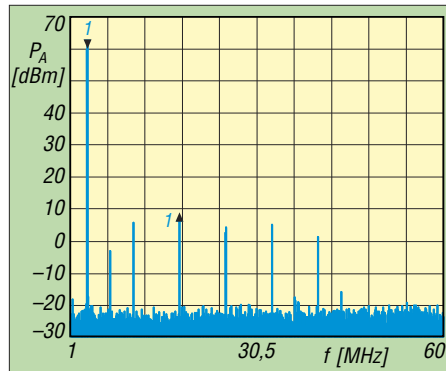
Nach der Konfiguration des angeschlossenen Transceivers und der CAT-Schnittstelle lassen sich die Antennenausgänge den gewünschten Bändern zuweisen. Bei elektrisch abgestimmten oder gut angepassten Antennen wird der integrierte Antennentuner eigentlich nicht gebraucht. Im Praxistest wurde beispielsweise ein OB9-5 von Optibeam verwendet, der mit seinem sehr guten SWV von  $s < 1,5$  keinen Tuner benötigt hätte.

Der integrierte Tuner der Taurus kann SWV-Werte bis  $s = 5$  auf Kurzwellen und bis  $s = 2,5$  auf 6 m anpassen. Obwohl der OB9-5 auf 6 m nicht resonant ist und dort ein SWV von  $s = 2,7$  aufweist (knapp außerhalb der Spezifikation), konnte dennoch eine Anpassung auf  $s = 1,4$  erreicht werden. Eine Simulation des SWV-Verlaufs zeigt, dass die Antenne auf 6 m deutlich fehlangepasst ist. Offenbar wirkte die nicht auf  $\lambda/2$  abgestimmte Speiseleitung als Transformationsglied.

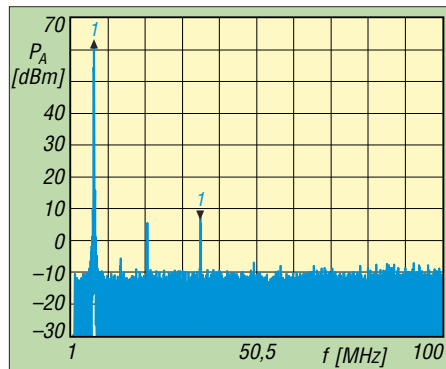
Auffällig im Betrieb ist die deutlich geringere Geräuschentwicklung im Vergleich zur Expert 1.5K. Die Kühlung der Taurus ist nicht nur effizienter, sondern auch wesentlich leiser. Bei gelegentlichem FT8-Betrieb sind die temperaturgeregelten Lüfter praktisch unhörbar. Während eines FT8-Zyklus steigt die Temperatur am kupfernen Wärmespreizer nur um  $3^\circ\text{C}$  bis  $4^\circ\text{C}$  an und fällt während des Empfangs sowie bei einer Raumtemperatur von  $22^\circ\text{C}$  wieder ab. Erst bei Dauer-



**Bild 20: Ausgangsspektrum der Expert 1.5K Taurus bei maximaler Ausgangsleistung im 160-m-Band, ...**



**Bild 21: ... im 80-m-Band, ...**



**Bild 22: ... im 40-m-Band, ...**

nutzung steigt die Temperatur merklich, überschreitet jedoch nie die  $60^\circ\text{C}$ -Marke – ein Wert, den die Expert 1.5K durchaus häufiger erreichte.

Im Testbetrieb wurde unbeabsichtigt auch die SWV-Schutzschaltung mehrfach ausgelöst. Besonders im 40- und 80-m-Band kam es bei starkem Wind gelegentlich vor, dass die Hühnerleiter der über einen Christian-Koppler gespeisten Inverted-V-Dipolantenne dem Mast zu nahe kam, was zu einer massiven Verschlechterung des SWV führte.

## Fazit

Nach umfangreichen Messungen und einem intensiven monatelangen Praxistest mit mehreren hundert Verbindungen – vor allem in den digitalen Sendarten – hat sich die Taurus als äußerst robuste und ausgereifte Endstufe der Spitzenklasse erwiesen. Besonders hervorzuheben ist die

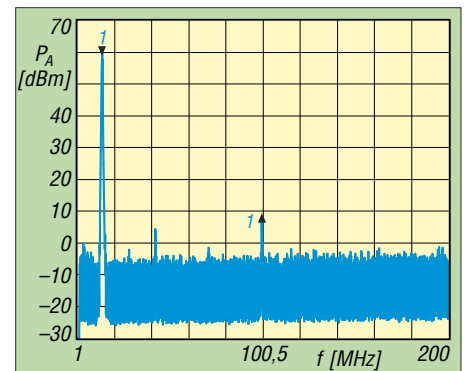
hohe Automatisierung, die den Bediener bei der Abstimmung und Antennenumschaltung unterstützt.

Die zahlreichen, in Hard- und Software integrierten Schutzschaltungen reagieren schnell und zuverlässig und bieten umfassenden Schutz. Dank der beiden 1,8-kW-LDMOSFETs verfügt die Taurus über erhebliche Leistungsreserven, was sich in einem intermodulationsarmen Signal und hoher Betriebssicherheit widerspiegelt.

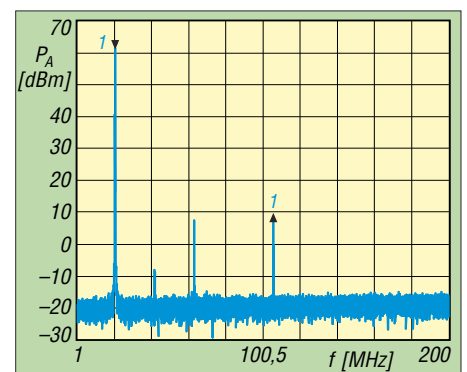
Mit 5295 € (inkl. 19 % MwSt.) liegt sie nur etwa 10 % über der Expert 1.5K – ein Mehrpreis, der angesichts der gebotenen Leistung und Qualität besonders für ambitionierte Funkamateure eine lohnenswerte Investition darstellt.

## Literatur und Bezugsquelle

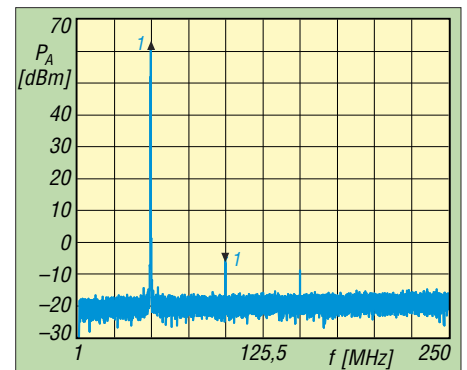
[1] SPE, Via di Monteverde 33, 00152 Rom, Italien, Tel. +39-06-58 20 94 29; [info@linear-amplifier.com](mailto:info@linear-amplifier.com); [www.linear-amplifier.com](http://www.linear-amplifier.com)



**Bild 23: ... im 20-m-Band, ...**



**Bild 24: ... im 15-m-Band, ...**



**Bild 25: ... und im 6-m-Band**