

## Nachgemessen

# Linear-Verstärker Expert 2K-FA



Ulfried Ueberschar, DJ6AN

Expert 2K-FA – dahinter verbirgt sich ein „Solid State“-Linearverstärker für Kurzwellen bis 6 m. Die Leistung wird mit sechs MRF151G-MOSFETs erzeugt. Wir haben die Endstufe am Messplatz getestet.

Der vollautomatische Linear-Verstärker Expert 2K-FA ist ein Produkt der Società per l'Elettronica S.r.l. (S.P.E.) in Rom. Die Reimesch Kommunikationssysteme GmbH in Bergisch Gladbach vertreibt den Verstärker in DL und stellte dem Autor freundlicherweise ein Gerät zum Test zur Verfügung.

### Erwartungen

Wie es die Bezeichnung Expert „2K“ schon ahnen lässt, berichten wir dies-



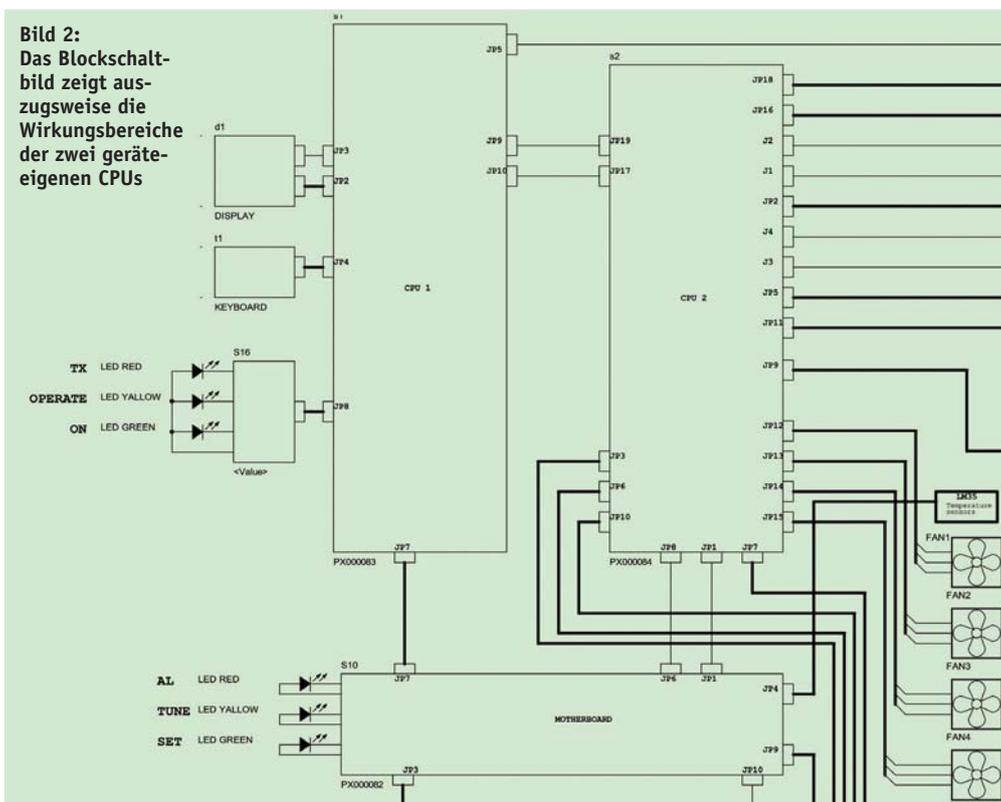
Bild 1: Der Hersteller hat die Stromversorgung als internes Schaltnetzteil integriert

mal nicht über ein Gerät mit ausgesprochenen QRP-Eigenschaften. Allerdings eröffnen die erfreulich geringen

Abmessungen von 38 cm × 18,3 cm × 43 cm (Breite × Höhe × Tiefe) die Möglichkeit, unser Shack auch bei geringen Platzverhältnissen, dem Stand der Technik entsprechend, noch ergänzen zu können!

Auf der Suche nach dem Grund für das relativ geringe Volumen fanden wir innerhalb des doppelt geschirmten Gehäuses weder großvolumige Transformatoren mit geschichteten Blechkernen noch „dicke“ Kondensatoren. Kein Wunder, denn die erforderliche Gleichstromleistung wird hier Hightech aus einem kompakten Schaltnetzteil, wohl geschirmt, im gemeinsamen Gehäuse, bereitgestellt (Bild 1). Das Geheimnis der ca. 25 kg verbirgt sich vorwiegend in der Masse der Al-Kühlkörper, die physikalisch bedingt, immerhin etwa eben so viel Leistung abzuführen haben, wie die Antenne.

Bild 2: Das Blockschaltbild zeigt auszugswweise die Wirkungsbereiche der zwei geräte-eigenen CPUs



### Drucktasten statt Drehknöpfe

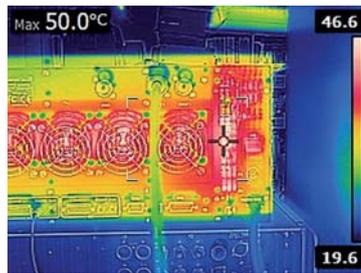
Im Kasten haben wir die möglichen Einstellungen, die mit der Tastatur auf der Frontplatte vorzunehmen und über das Display zu beobachten sind,

angegeben. Nicht alle möglichen Funktionen sind auf Anhieb selbsterklärend. Jedoch bietet das Handbuch alle Informationen, die der Operator für den selbstverständlichen Gebrauch kennen lernen kann.

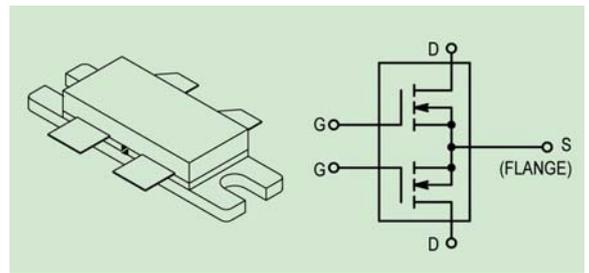
Das Handbuch steht in den drei Sprachen Deutsch, Englisch und Italienisch zur Verfügung.

## Der Bordcomputer

Zwei CPUs stehen auf dem Motherboard und koordinieren die Funktionen des Verstärkers (Bild 2). CPU 1 verarbeitet die vom Keyboard kommenden Eingaben des Operators, codiert die Anzeige auf das Display und steuert über das Input-Interface-Board den Zugang der HF-Signale, die von den Eingängen INPUT 1, INPUT 2 bzw. SO2R eingespeist werden. CPU 2 ist die Zentraleinheit mit allen Kernfunktionen für die inneren Steuerungen und Regelungsaufgaben.



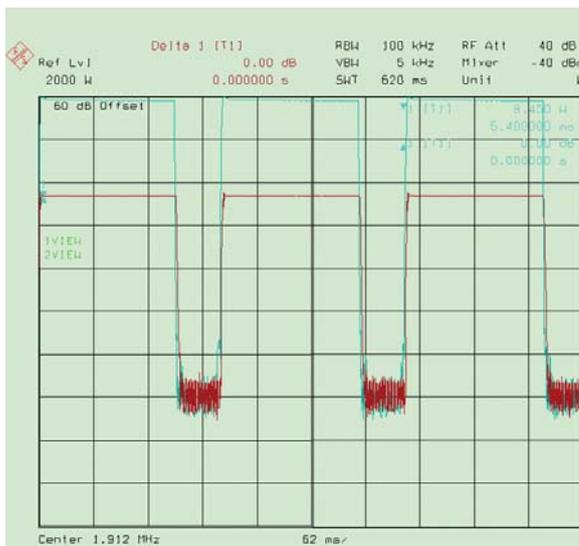
**Bild 4:** Infrarotaufnahme der Ablufttemperatur nach 30 Minuten Dauerbetrieb



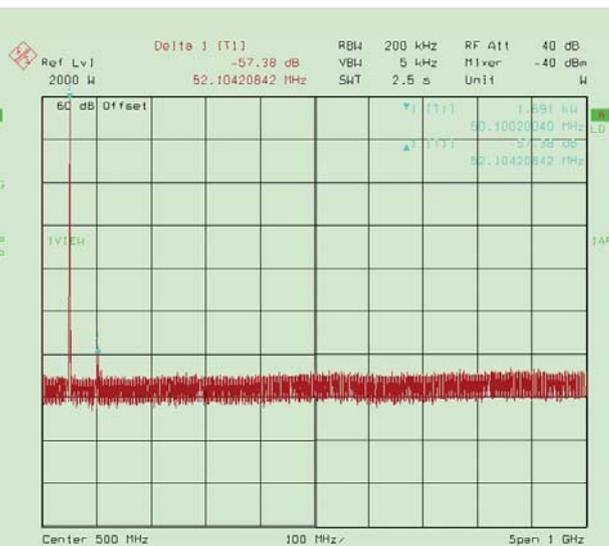
**Bild 3:** Die Endstufe basiert auf sechs MRF151G-MOSFETs



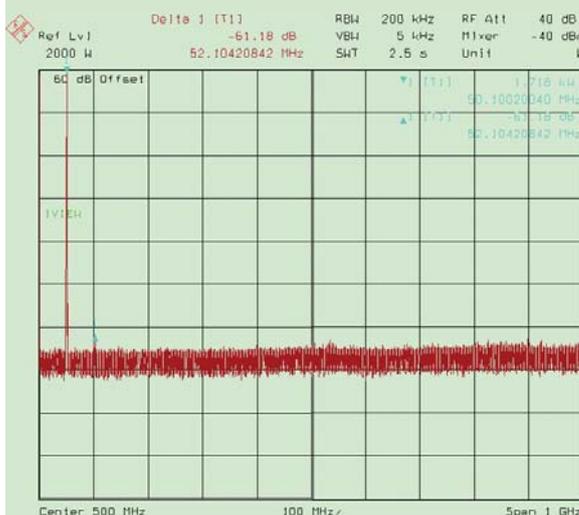
**Bild 5 (links):** Der Antennentuner ist in Relais-Technik aufgebaut



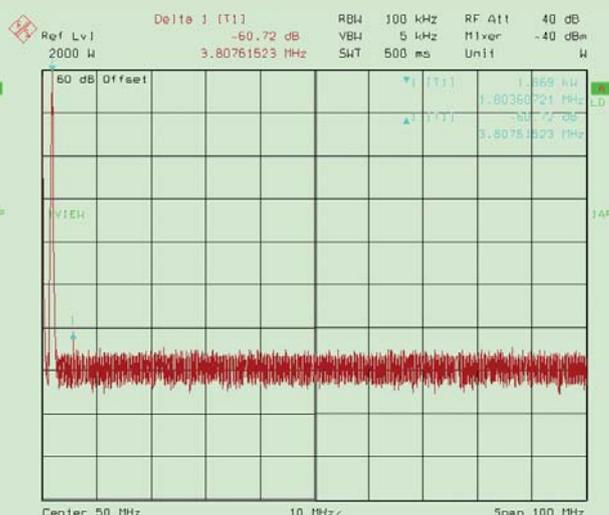
**Bild 6 (links):** CWisten können die Endstufe vollends für FullBK-Betrieb einsetzen (HF-Input: rot, HF-Output: grün)



**Bild 7a:** Nebenausstrahlung: 6 m 2 kW out Bypass (a)



**Bild 7b:** Nebenausstrahlung 6 m 2 kW out Tuner



**Bild 7c:** Nebenausstrahlung 160 m

## Praxistester gesucht!

Die Redaktion möchte das Team für CQ DL-Gerätetests vergrößern. Sie haben Spaß daran, einen Transceiver auf Herz und Nieren zu testen und Ihre Ergebnisse auch in diesem Schema zu dokumentieren? Sie verfügen über einen Gerätemesspark und können auch am Messplatz die von den Herstellern angegebenen Werte unter Beweis stellen? Wir freuen uns über Ihre Kontaktaufnahme!

**Anschrift:**  
Redaktion CQ DL,  
Lindenallee 4,  
34225 Baunatal,  
redaktion@dar.de

## Die drei Leistungsparameter

Der Verstärker arbeitet in allen seinen Funktionen mit Halbleitern; dadurch kann er ohne Anheizen sofort in Betrieb genommen werden. Mit der Taste [POWER] werden die sechs MRF151G-MOSFETs (**Bild 3**) auf 2 kW PEP [MAX], 1 kW PEP [MID] oder 500 W PEP [LOW] vorbereitet. Um einen hohen Wirkungsgrad (und somit eine geringe Erwärmung der PA) sicherzustellen, wird in den einzelnen Leistungsstufen die Drain-Spannung der Transistoren angepasst. Mit Rücksicht auf die zulässige Erwärmung der sechs MOSFETs ist für die Modulationsarten J3E und A1A (SSB bzw. CW) die Leistungsklasse [MAX] nutzbar, während für Dauerstrich-Anwendungen, z.B. F2B und F2C (RTTY bzw. SSTV) [MID] und [LOW] zu verwenden sind.

Fünf Lüfter (vier außen, einer innen) sorgen  $\mu$ P-geregt dafür, dass die Verlustleistung der Endstufentransistoren optimal und so geräuscharm wie mög-

lich von den Kühlkörpern nach außen abgeführt wird. Die Einstellung QUIET MODE minimiert das Lüftergeräusch des Netzteils bei „Operate“. Das Netzteil und die Lüfter laufen dann mit 80 ms Verzögerungszeit beim Senden an. Diese Einstellung ist für Betriebsarten zweckmäßig, bei denen das Sendesignal bei Sendebeginn 80 ms verzögert einsetzen darf (z.B. SSB).

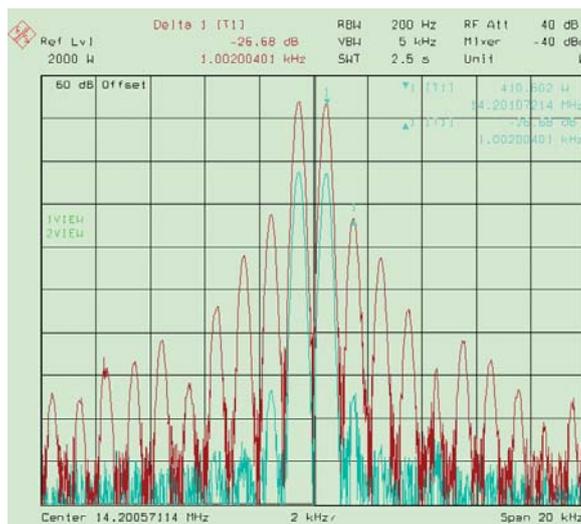
Im NORMAL MODE laufen die Netzteil-Lüfter ständig (**Bild 4**), allerdings mit reduzierten Geräuschen im Empfangsbetrieb. Das Netzteil bleibt ständig in Betrieb und der Sendebeginn kann unverzögert einsetzen (z.B. für CW oder RTTY).

Wird mit Taste [Power] auf Leistungsklasse [MAX] geschaltet, so stehen 4,3 dB über 750 W PEP an einer der sechs wählbaren Antennenbuchsen der Expert 2K-FA zur Verfügung. In DL ist somit sicher zu stellen, dass an der Antenne unter Berücksichtigung der Dämpfung der Speiseleitung 750 W

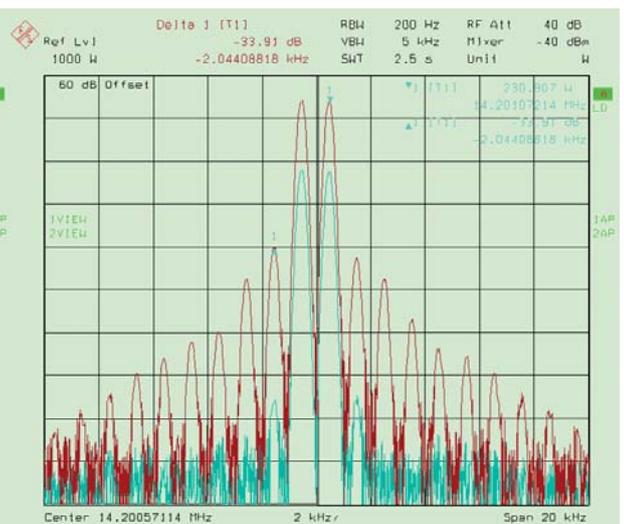
PEP nicht überschritten werden. Zudem empfiehlt es sich, den Sicherheitsabstand innerhalb des kontrollierbaren Bereiches um die Antenne mit den Angaben auf der Anzeige gemäß BEMFV zu prüfen.

Wer sich so ein schmackes Möbelstück, wie den Expert 2K-Verstärker in die Funkstube holt, der möchte natürlich auch wissen, wie sich das Gerät im Langzeit-QSO verhält. Die **Tabelle 1** zeigt die Testergebnisse an der 2 KW Bird-Kunstantenne.

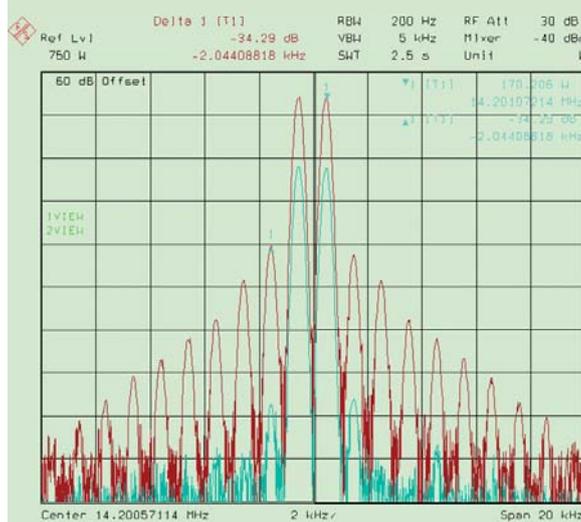
Angesteuert wurde der Verstärker im Rahmen dieser Tests ohne Pausen nacheinander für jeweils 30 Minuten in den drei mittels Taste [POWER] wählbaren Leistungsklassen. Und zwar, in den Leistungsklassen [LOW] und [MID] jeweils als CW-Dauerstrich. Für den SSB-Test in der Leistungsklasse [MAX] mit einem SSB-Signal aus einer Audiokassette des Köln-Aachen-Rundspruchs, bei dem die Temperatur sogar von 60 °C auf 55 °C zurück ging.



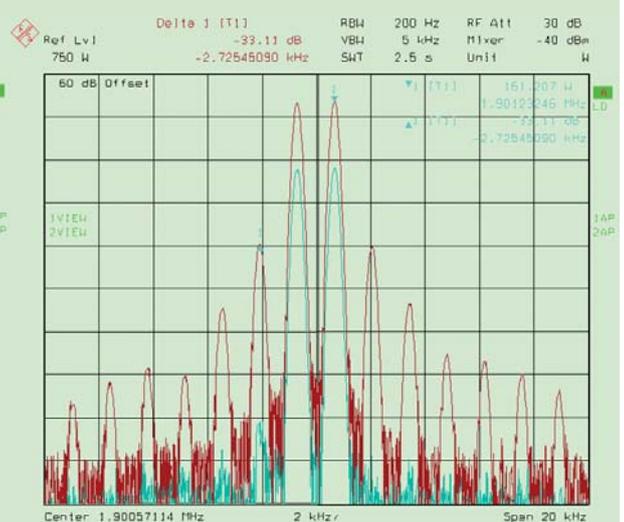
**Bild 8: Intermodulation 20 m, 2 kW PEP (Hf-Input: grün, HF-Output: rot)**



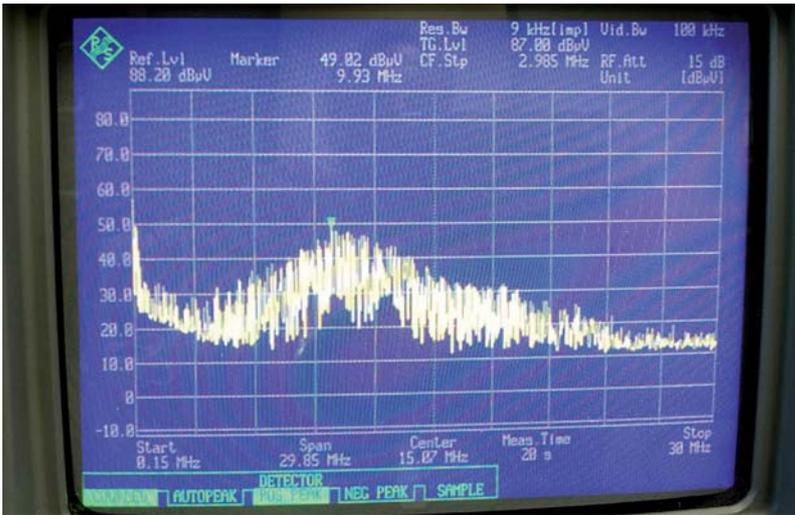
**Bild 9: Intermodulation 20 m, 1 kW PEP**



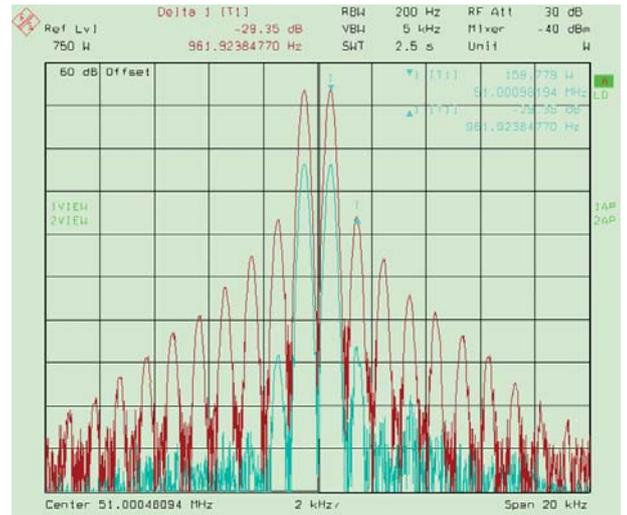
**Bild 10: Intermodulation 20 m, 750 W PEP**



**Bild 11: Intermodulation 160 m, 750 W PEP**



**Bild 13: Störpegel auf der Netzleitung, gemessen mit Netznachbildung und Max Hold**



**Bild 12: Intermodulation 6 m, 750 W PEP**

So ganz am Rande bestätigte sich noch die biologisch erfreuliche Tatsache, dass HF-Energie im Kurzwellenbereich ohne gesundheitliche Nachteile lediglich in Wärme umgesetzt wird. Die Kühlrippen der Kunstantenne (2 kW Bird-Dämpfungsglied) erwärmten sich durch die zugeführte Hochfrequenzenergie nach 30 Minuten auf etwa die gleiche Temperatur, wie die Abluft des Verstärkers (POut-Pv), ca. 55 °C.

### SWR angepasst in Millisekunden

Der Verstärker verfügt über ein eingebautes, automatisch arbeitendes Antennen-Anpassgerät (Bild 5), das auf allen Kurzwellenbändern ein SWR von 3:1 und im 6-m-Band ein SWR von 2,5:1 entweder mit einem einzigen Tastendruck [TUNE] an 50 Ω anpassen kann oder automatisch VFO-gesteuert über eine einmal einzugebende Kalibriertabelle abstimmt. Ein schaltbarer Bypass ermöglicht es, bei Bedarf das Antennen-Anpassgerät zu umgehen. Das vom Steuersender über die INPUT-Buchsen eingespeiste HF-Signal wird über einen Power-Splitter reflexions-

arm auf die 2 × 3 Einzelverstärker mit je einem N-Kanal Enhancement-Mode Doppel-MOSFET MRF151G aufgeteilt. Ein Power-Combiner führt die Gesamtleistung rückwirkungsarm am Ausgang phasenrichtig zusammen. Zu hohes SWR, reflektierte Leistung, Pegel der HF-Spannung im Anpassgerät, Übersteuerung, Leerlauf oder Kurzschluss am Verstärkerausgang, sowie Temperaturen innerhalb des Gerätes werden, wie schon angedeutet, mittels zweier Mikroprozessoren kontrolliert. Die Software sorgt zudem dafür, dass Relais lastfrei in Millisekunden umgeschaltet werden. Zum Band- bzw. Antennenwechsel stehen insgesamt sechs Antennenausgänge zur Verfügung. Die und Änderung der Anpassung sind innerhalb von 10 ms möglich. An dieser Stelle sei auch noch kurz die PEP-Anzeige des Verstärkers erwähnt. Bei dieser Messung zeigte das Display bei Vollaussteuerung  $10 \text{ dB} \cdot \log(2,4/2,08) = +0,6 \text{ dB}$  mehr an, als das kalibrierte NRVS von R&S. Full-bk-Freunde dürfen sich freuen, dass auch bei hohen Gebeschwindigkeiten die CW-Signale nicht ver-

stümmelt werden oder splattern. Die Rote Pegellinie zeigt das Signal des Steuersenders; die blaue Pegellinie das Ausgangssignal. Abszisse: 62 ms/Teil (Bild 6).

Der Verstärker kann über eine RS232C- oder eine USB-Schnittstelle mit zusätzlicher Software vom PC aus ferngesteuert- oder das firmware update vorgenommen werden (Bild 14).

### Nebenaussendungen gut im Griff

Das Datenblatt des Herstellers verspricht eine Leistungsverstärkung von bis zu 14,5 dB. Beim Test konnten wir uns hiervon überzeugen und, dass die im Datenblatt versprochenen- und gemäß EU-Norm empfohlenen Nebenaussendungen mit -60 dB bis hin zum 10-m-Band und von -65 dB im 6-m-Band eingehalten werden. Die Absenkung der unerwünschten Intermodulationsprodukte können in den hier aufgezeigten Pegelbildern gemäß ETSI EN301.783-1 in  $250 \% \cdot 4 \text{ kHz} = 10 \text{ kHz}$  Abstand links und rechts der vertikalen Symmetrieachse für die einzeln getesteten Frequenzbereiche abgelesen



**Bild 14: Teilansicht der Geräte-rückseite mit den Daten-Schnittstellen**

## Kasten

### Bedienfeld, Tastenfunktionen

[INPUT]: schaltet zwischen den beiden Eingängen des Verstärkers um, [ANT]: schaltet die Antennenbuchsen für die einzelnen Bänder um, [◀ L] oder [▶ L], [◀ C] oder [▶ C]: Tasten für manuelle Abstimmung, [◀ BAND], [▶ BAND]: Bandschalter (manuell Frequenz ab- oder aufwärts), [TUNE]: startet den automatischen Abstimmvorgang, DISPLAY: schaltet zwischen den verschiedenen Anzeigen um, [SET] und [◀▲] oder [▶▶]: werden verwendet, um den Verstärker zu programmieren, [POWER]: schaltet den Bereich der Ausgangsleistung um „MAX“ / „MID“ / „LOW“, [CAT]: zeigt die aktuelle Einstellung der beiden CAT-Schnittstellen, [Operate]: schaltet von „Standby“ auf „Operate“ und umgekehrt.

werden. Der Intermodulationsabstand dritter Ordnung erfüllte bei Vollaussteuerung die Erwartungen im Zweitontest mit  $-36$  dB unterhalb PEP direkt im Nachbarkanal. Bei halber Ausgangsleistung wurden sogar  $-40$  dB erreicht. Auf den einzelnen Diagrammen entspricht die oberste Pegellinie jeweils PEP. Die Absenkung gegenüber PEP hat demnach  $[43 + 10 \cdot \log(\text{PEP})]$  dB oder 50 dB zu betragen, auszuwählen nach den geringeren Anforderungen. Die **Bilder 7a, b und c** zeigen den Oberwellenabstand für die Bänder 6-m-

Band ohne Antennentuner (Bild 7a), 6-m-Band hinter dem Antennentuner (Bild 7b), und 160 m  $-60,7$  dB auf 3,8 MHz (Bild 7c). Ober- und Nebenwellenspektren zeigen die **Bilder 8 bis 12**.

### Zum Schaltnetzteil

Schließlich hat uns noch interessiert, mit welchem Pegel das Schaltnetzteil des Verstärkers elektromagnetische Störungen während der Empfangsstellung in das 230-V-Stromnetz einspeist. Diese verlassen das Medium Stromleitung bekanntlich als unerwünschte Signale und könnten von der eigenen Antenne aufgenommen, den Empfänger erreichen.

Gemäß ETSI EN 301 489-1 V1.8.1 (Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters [ERM]; ElectroMagnetic Compatibility [EMC] standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements) sind hierzu die Grenzwerte für geleitete Emissionen aus EN55022 am asymmetrischen Ausgang einer Netznachbildung zu prüfen. Und zwar bei 9 kHz Messbandbreite mit dem Quasi-Peak (QP)-Detektor, gemessen im Frequenzbereich von 0,5 MHz bis 5 MHz mit maximal  $56$  dB $\mu$ V und im Frequenzbereich von 5 MHz bis 30 MHz mit maximal  $60$  dB $\mu$ V.

Wegen der kürzeren Messdauer wurde hier mit dem strengeren Peak-Detektor gemessen. Selbst bei einer Sweep Time von 20 Sekunden über den Frequenz-

bereich 0,15...30 MHz ergab sich dabei keine Beanstandung (**Bild 13**).

Zudem konnten beim Autor im Empfangsbetrieb an einer 80-m-Delta-Loop bzw. einer 8 Element Logper-Antenne 10 m über Dach keine Beeinträchtigungen auf den Amateurfunkbändern festgestellt werden. Bei Reimesch wurde mir auf Anfrage mitgeteilt, dass es bei den ersten Exemplaren der ersten Serie zu Beschwerden bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit des Schaltnetzteils gekommen wäre, diese seien jedoch durch Ergänzungen mit ausgewählten EMV-Bauteilen ausgeräumt worden. Um diese Angabe zu prüfen, wurde ein SDR (Perseus) anstelle eines Steuersenders an eine der zwei Input-Buchsen des Verstärkers angeschlossen und das Spektrum auf allen Amateurfunk-Bändern von 160 m bis 10 m mittels Wasserfalldiagramm abwechselnd in den beiden Stellungen [POWER] auf MAX bzw. auf STANDBY verglichen (**Tabelle 2**).

Es werden nur wenige Störsignale auf diskreten Frequenzen mit sehr geringen Pegeln (Tabelle 2) festgestellt. Breitbandige Störungen, wie sie oft bei Schaltnetzteilen vorkommen, konnten nicht festgestellt werden.

Diese Messungen wurden sowohl mit Abschluss des Verstärkerausganges am 50- $\Omega$ -Bird-Dämpfungsglied als auch an den beiden genannten Kurzwellenantennen vorgenommen. Die mit Pegeln unter S 2 und weniger zuvor festgestellten Spektrallinien waren an der Antenne im elektromagnetischen Rauschen nicht feststellbar.

### Wenn der Paketbote kommt

Geliefert wird das Gerät in einem stabilen Karton mit Schaumstoffpolsterung, einer robusten, modischen Tragetasche für den Transport ohne Karton und folgendem weiteren Zubehör:

- Benutzerhandbuch
- CE-Konformitätserklärung und Garantieformular
- 2 Kabel mit RCA (phono) Konnektoren für ALC, RELAY Verbindungen (**Bild 14**).
- 1 USB Standardkabel
- 3 Konnektoren (DB-15),
- 1 Konnektor (DB-9)
- 1 Ersatzsicherung 20 A, 1 Ersatzsicherung 0,5 A
- 1 Ersatz-Luftfilter

Die Anschaffungskosten liegen bei etwa 3 € pro W inklusive MwSt.

## Tabelle

POWER-Stufe	LOW		MID		MAX	
Testsignal	CW (30 Min. Dauerton)		CW (30 Min. Dauerton)		SSB (30 Min. Rundspruchtext)	
von Minute bis-	0	30	30	60	60	90
Hf-Input/ Watt	15	15	25	25	37	37
Hf-Output/ Watt	600	511	938	893	2000	2000
T/ °C	20	51	51	60	60	55
f/ kHz	3650	3650	3650	3650	3650	3650

Tabelle 1: Messwerte zu Leistung und Temperatur beim 30-, 60-, und 90-Minuten-Test

## Tabelle

Band	Pfeifstelle	Pegel/ dBm	S-Pegel
160 m	1916 kHz	-130	0
80 m	3530 kHz	-114	2
80 m	3731 kHz	-117	2
40 m	keine		0
30 m	keine		0
20 m	keine		0
18 m	18002 kHz	-115	2
15 m	keine		0
12 m	keine		0
10 m	keine		0
6 m	nicht geprüft		0

Tabelle 2: Störpegel, gemessen mit Perseus-SDR am aktiven INPUT-Eingang anstelle Trx