

# Eine einfache Mobil-PA

Arno Weidemann, DL9AH

**Will man sich aus dem PKW heraus auf Kurzwelle auch bei widrigen Bedingungen noch gut verständlich machen, so kommt man an einer PA nicht vorbei. Wer Spaß am Selbstbau hat, kann hier viel Geld sparen!**

Der Verfasser begann seine Mobiltätigkeit etwa 1955. Damals, immer noch in der so genannten „Arm-Brötchen-Zeit“, stand den meisten Funkamateuren für ihre Tätigkeit kaum Geld zur Verfügung. Außerdem stellte die Industrie nur im Ausnahmefall (Fa. Geloso/Italien) Geräte für den Amateurfunk her. Diese waren dann aber so unerschwinglich teuer, dass sich kaum jemand diese Geräte kaufen konnte. Am Ende blieb nur noch der Eigenbau übrig.

## Blick zurück

Der Verfasser baute zunächst das Autoradio in seinem „Brezelkäfer“ so um, dass er im ersten Schritt auf 80 m zuhören konnte. Im zweiten Schritt wurde ein kleiner dreistufiger Sender nur für 80 m entwickelt und in das damalige

kleine Handschuhfach des VW-Käfers eingebaut. Da das mit einem mechanischen Zerhacker ausgerüstete Netzteil des Autosupers sowohl die Tonendstufe zum Zwecke der Anodenschirmgitter-Modulation, als auch die Senderendstufe speisen musste, blieb bei der Sendeendstufe nur noch ein Input von ca. 1,5 W übrig. Also etwa ein „Output“ von gut 1 W. Mit dieser geringen Sendeleistung begannen dann die ersten Versuche im Zusammenhang mit der Entwicklung der „Gelsenkirchen Mobilantenne“, und von Anfang an auch der „Gelsenkirchener Mobilantennenauskopplung“.

Über mehrere Schritte wurde die Sendeleistung dann bis auf einen Input von 70 W gesteigert. Eine für damalige Verhältnisse gigantische Leistung bei einer Mobilstation, und das auch noch in

Amplitudenmodulation und einer hochwirksamen, echten Anodenschirmgittermodulation. Es war klar, dass mit dieser größeren Leistung die Rapporte wesentlich höher ausfielen, als mit der kleinen Leistung am Anfang.

## Und heute?

Heutzutage, im Zeitalter der Transistortechnik, sind selbst kleine käuflich zu erwerbende Mobiltransceiver in der Lage, etwa 100 W Ausgangsleistung zur Verfügung zu stellen. Mit einer guten Mobilantenne kann man bei guten Bedingungen erstaunliche Entfernungen überbrücken. Allerdings: Die Bedingungen sind nicht immer gut. Außerdem hat der allgemeine Störpegel durch die immer weiter um sich greifende Digitalisierung gegenüber früher erheblich zugenommen. Es kommt hinzu, dass die Ansprüche, auch an Mobilsignale, heute größer sind als früher. Will man sich also auch bei widrigen Bedingungen noch gut verständlich machen, so kommt man auch im Auto an einer PA nicht vorbei.

Natürlich kann man sich auch eine Endstufe kaufen. Wer aber Spaß am Selbstbau hat, kann sie sich auch selbst bauen; und das für extrem wenig Geld!

## Welche Grundkonstruktion?

Die übliche Methode sieht vor, direkt von 12 V mit bipolaren Sendetransistoren, die dann auch sehr große Ströme ermöglichen müssen, vier kleine Module zu bauen. Bei 12 V kann jedes Modul wegen des extrem niedrigen Ausgangswiderstandes und den damit verbundenen hohen Spitzenströmen erfahrungsgemäß nur ca. 200...250 W Ausgangsleistung erbringen. Die Module werden dann im Eingang über einen Splitter angesteuert, und im Ausgang der PA werden die Ausgangsleistungen der einzelnen Module mit einem „Combiner“ aufaddiert. Die Probleme dieser alten Methode sind sehr vielfältig. Zum einen müssen der Frequenzgang und die Laufzeit dieser Einzelmodule gleich sein. Sonst kann man Wechselspannungen, und damit dann Wechselstromleistungen nicht aufaddieren.

Zum anderen muss man praktisch vier Endstufen bauen; von dem Splitter und dem „Combiner“ mal abgesehen, die ja auch noch Aufwand und Arbeit erfordern. Zum dritten braucht man acht teure Sendetransistoren mit mindestens vier Kühlkörpern usw. Unter der Prämisse, wenig Geld und wenig Aufwand zu investieren, hat der Verfasser die hier dargestellte Mobil-PA entwickelt. Es handelt sich dabei nur um ein Modul, also nur um eine PA, die dann aber mit 36 V gespeist werden muss.

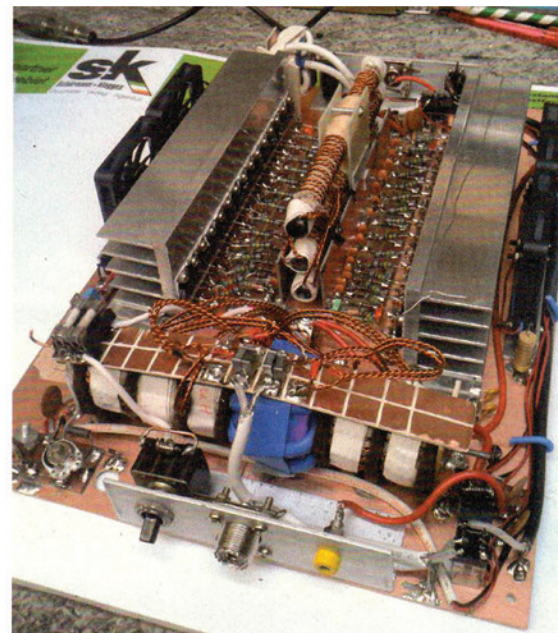
### Drei Batterien statt vier Module

Das erfordert allerdings im Auto zwei zusätzliche Batterien von ca. 20...45 Ah, die mit der Bordbatterie in Stellung „Senden mit Relais“ in Serie geschaltet werden. Bei jedem Umschalten auf „Empfang“, liegen die Batterien über die Relaiskontakte der Bordbatterie parallel und werden wieder mit aufgeladen. Der Verfasser hat dazu eine Verdrahtungsskizze entworfen (**Bild 1**). Zwei kräftige 12-V-Relais mit insgesamt vier Wechslern (Kontaktbelastung 16 A) werden beim Senden mit einem kleinen Hilfsrelais in

Stellung „Senden“ eingeschaltet. Anhand der Schaltung sieht man, dass dann die beiden Zusatzbatterien mit der Bordbatterie in Serie geschaltet werden. Das ergibt 36 V. Das Hilfsrelais erschien notwendig, weil die kleinen Voxrelais in den meisten Transceivern für größere Schaltströme ungeeignet sind. Parallel zu jeder Relaiswicklung sollte eine Freilaufdiode liegen, um die beim Abschalten entstehende Induktionsspannungsspitze zu „töten“ (nicht eingezeichnet – Kathode an plus!). Um bei den großen Stromspitzen die Spannungsabfälle auf den Leitungen klein zu halten, empfiehlt es sich, die Bestückung mit Drähten nicht unter 4 mm<sup>2</sup> vor zu nehmen.

### Basiswissen

Damit man das, was man zu bauen beabsichtigt, besser versteht, ist es nützlich, sich einige einfache Grundzusammenhänge vor Augen zu führen. Also ein wenig einfache Theorie. Beginnen wir mit dem Ausgang dieser Gegentakt-PA. Zunächst muss ja festgelegt werden, wie viel Leistung man von der PA erwartet. Strebt man z.B. eine Maximalleistung von 1000 W an, und das an 50 Ω, so muss die PA am Ausgang eine



Spannung von 223 V effektiv liefern:  
 $U = \sqrt{P \cdot R}$ .

Wenn die Endstufe wie im vorliegenden Fall nur mit 36 V betrieben wird, so ist bei der geringen Betriebsspannung eine erhebliche Aufwärtstransformation notwendig. Die beiden Seiten einer Gegentaktendstufe arbeiten zeitlich nacheinander und jede Seite verstärkt nur eine Halbwelle. Das heißt man muss zunächst

Hinweis: Umbauten in/  
am Kfz auf eigene Gefahr.  
Sie müssen im Einklang  
mit gesetzlichen Vorgaben  
und den Freigaben des  
Kfz-Herstellers erfolgen,  
um u.a. nicht den  
Verlust der Allgemeinen  
Betriebslaubnis (ABE)  
des Fahrzeugs zu riskieren.  
Alternativer Einsatz  
der PA im Shack. In DL  
max. 750 W HF erlaubt.

nur eine Seite berechnen. Es gilt nun festzustellen, wie hoch die verstärkte Spannung an den Drains einer Seite gegen Masse ist. Feldeffekt-Transistoren (FETs) brauchen, um den notwendigen Spitzenstrom zu erbringen, eine gegenüber bipolaren Transistoren höhere Restspannung an den Drains gegenüber dem Source. Wird also z.B. an den Gates einer Seite die sinusförmige Steuerhalbwellen immer positiver, so wird die verstärkte, sinusförmige Spannung an den Drains gleichzeitig immer negativer (Phasendrehung von  $180^\circ$ ). Es bleibt bei Vollensteuerung an den Drains einer Seite nur noch ein Rest der Betriebsspannung übrig. Die für die Funktion der Transistoren notwendige Drainrestspannung kann man aus dem Ausgangskennlinienfeld der verwendeten Transistoren entnehmen. Die nutzbare Halbwellen-Spitzenspannung am Ausgang einer Seite von Drain nach Masse ist die Subtraktion von Betriebsspannung minus der transistorbedingten Drainrestspannung und dem kleinen Spannungsabfall am Sourcewiderstand. Im vorliegenden Fall, bei den hier verwendeten 15 FETs, IRF 520, auf jeder Seite und während der Fahrt (Bordspannung = ca. 13,8 V) etwa 37,8 V minus ca. 7 V

Drainrestspannung = ca. 31 V Spitzenspannung. Diese Spitzenspannung muss nun in einem Auskoppelnetzwerk um den Faktor 10 hoch transformiert werden, um die geforderte effektive Spannung von ca. 220 V an  $50 \Omega$  zu bekommen. Also  $31 \times 10 = 310$  V Spitzenspannung. Da es sich um eine Spitzenspannung handelt, muss dieser Wert mit 0,707 multipliziert werden, um auf die notwendige effektive Spannung zu kommen. Im vorliegenden Fall: 219 V effektiv. Hat sich aus diesen Überlegungen der Spannungsmultiplikator 10 ergeben, so ist nach der Formel:  $U^2 = R_2/R_1$  das Widerstandsübersetzungsverhältnis leicht zu bestimmen. Im vorliegenden Fall = 10 zum Quadrat = 1 zu 100. Hat man auf diese Weise das Widerstandsverhältnis festgestellt, so ist es wiederum leicht, den Außenwiderstand einer Seite zu ermitteln. Nämlich:  $50 \Omega / 100 = 0,5 \Omega$ ! Dieser übertragene Drainaußenwiderstand muss so niederohmig sein, sonst würden bei 36 V Betriebsspannung keine Spitzenströme von über 60 A fließen können. Dass dann der Innenwiderstand bei dieser Spitzenansteuerung noch wesentlich kleiner sein muss als der Außenwiderstand, ist selbstverständlich. Die gleiche Betrachtungsweise gilt übrigens grundsätzlich auch für Röhrenverstärker.

## Die Ausgangstransformation

Kehren wir noch einmal zu der Spannungsvervielfachung um den Faktor 10 zurück. Üblicherweise geschieht die Aufwärtstransformation in zwei Schritten. Der Gegentaktausgangstrafo, der zunächst die Aufgabe hat, die beiden zeitlich nacheinander gelieferten Halbwellen der beiden Gegentakseiten zu einer vollen Sinusperiode zusammenzusetzen, wirkt gleichzeitig wie ein Spartransformator. Er verdoppelt die Spannung einer aktiven Seite. Von Drain zu Drain haben wir jetzt die doppelte Spitzenpannung. Von hier aus muss dann noch einmal um den Faktor 5 nach oben transformiert werden. Das bedeutet von Drain zu Drain eine Widerstandsübersetzung von 1/25. Da echte Hochfrequenztransformatoren immer unter dem Nachteil einer frequenzabhängigen Streuinduktivität leiden, hat sich der Verfasser für einen „5-fach-Guanella“ entschieden. Es handelt sich um fünf einzelne „Baluns“, die am Eingang parallel und am Ausgang in Serie, also hintereinander, geschaltet werden. Ist der Ausgang dieser „Baluns“ vom Eingang durch einen ausreichend hohen induktiven Widerstand getrennt, so ist der Ausgang eine selbständige Spannungsquelle,

mit der man im Prinzip machen kann, was man will. Außerdem ist die Breitbandigkeit nach oben theoretisch unbegrenzt. Solche Balunübertrager werden auch als Leitungübertrager bezeichnet und erfordern nahezu keine Magnetisierung des Ferritmaterials. Das ist der Grund, warum an das Ferritmaterial der Ringkerne keine übermäßigen Ansprüche gestellt werden müssen.

Die einzelnen Baluns können von daher wie im vorliegenden Fall mit preiswerten Pollin-Ferrit-Ringkernen (Farbe hellblau – HF 080160-2) hergestellt werden. Die Ringkerne haben eine ausreichend hohe Induktivitätskonstante (AI-Wert) und reichen von der Qualität völlig aus, da die PA ohnehin nur für die Frequenzbereiche von 160 m bis einschließlich 20 m vorgesehen ist. Um bei fünf im Ausgang hintereinandergeschalteten „Baluns“ auf  $50 \Omega$  zu kommen, bräuchte man eigentlich Z-Leitungen von  $10 \Omega$ . Es gibt zwar  $16\text{-}\Omega$ -Koaxkabel in den Staaten; aber pro Meter müsste man um die 15 € zahlen. Von dem Umstand einer Bestellung in den Staaten einmal abgesehen: Der Verfasser ist einen anderen Weg gegangen. Wenn man ca. 0,9 bis 1 mm Kupferdoppellack-Draht (CuLL) eng verdreht, bekommt man

eine Z-Leitung mit einem Wanderwellenwiderstand von ca. 25 bis 35  $\Omega$ . Legt man zwei dieser verdrehten Leitungen parallel, so hat man ebenfalls ca. 15 bis 18  $\Omega$ . Man muss allerdings mit dem Ohmmeter überwachen, dass man die vom Eingang zum Ausgang durchgängigen Leitungen im Eingang und im Ausgang miteinander verbindet. Die Windungszahlen sollen so hoch sein, wie es der Wickelraum bei einer Lage erlaubt; die Drahtlängen aller „Baluns“ sollen aber gleich sein. Schaltet man nun die Z-Leitungen auf der Ausgangsseite wie bei Batterien (Ausgang 2 mit Ausgang 1 des nächsten „Baluns“, usw.) hintereinander, so ist der Gesamt-Z-Wert zwar höher als 50  $\Omega$ , aber die Praxis lehrt, dass man mit dieser Abweichung noch gut leben kann.

Das Z-Kabel von ca. 17  $\Omega$  für den Gentakt-Ausgangstrafo kann man sich ebenfalls selbst herstellen. Da hier aber Spitzenströme von über 50 A fließen, muss das Kabel dicker und anders gestaltet sein. Wegen der besseren magnetischen Verkopplung ist hier Koaxkabel eine gute Alternative. Die ca. 6...8 Windungen werden auf zwei aufeinander gelegten, aber wesentlich besseren Ringkernen – z.B. Phillip 4C6-Material

(Farbe violett), oder entsprechendes Material von Amidon – gewickelt. Der Verfasser hat ein entsprechend langes Stück Draht – 2,5 mm<sup>2</sup>, teflonisoliert – mit der Abschirmung eines abgezogenen RG-58-Koaxkabels überzogen, und danach mit Klebestreifen den Draht fest umwickelt. Diese Außenisolation ist zum einen deshalb notwendig, damit die Windungen auf dem Ringkern untereinander keinen Kontakt bekommen können. Zum anderen soll die Kapazität zwischen Innenleiter und Abschirmung möglichst groß sein, um auf einen niedrigen Impedanzwert zu kommen. Den Z-Wert einer nicht zu langen Koax- oder Zweidrahtleitung kann man leicht ausmessen. Zunächst wird von einer Seite die Kapazität vom Innenleiter zur Abschirmung gemessen. Dann schließt man die andere Seite, in diesem Fall Innenleiter und Abschirmung, kurz und misst von derselben Seite die Induktivität. Hat man beide Werte, kann man nach der Formel:  $Z = \sqrt{L/C}$  den Z-Wert – oder den Wanderwellenwiderstand – leicht berechnen. Das auf die beiden aufeinandergelegten Ringkerne aufgewickelte selbst hergestellte Koaxkabel hat einen Anfang und ein Ende. Um die Mittelanzapfung zu bekommen,

wird z.B. die Abschirmung am Anfang mit dem Innenleiter am Ende verbunden. Das sollte mit kurzen Drahtstücken geschehen. Diese Verbindung ist die Mittelanzapfung. Es bleibt dann am Anfang der Innenleiter und an der anderen Seite die Abschirmung übrig.

### Der Eingang der PA

Am Eingang der PA ist es besonders wichtig, dass der Eingangswiderstand um die 50  $\Omega$  beträgt. Der Steuersender (Transceiver) würde bei grober Abweichung u.U. zurückregeln und man würde sich wundern, warum aus der PA nichts herauskommt. Insofern war es vernünftig, die gleiche Methode mit den Z-Leitungen wie im Ausgang auch im Eingang anzuwenden. Aus Platzgründen wurden nacheinander drei Stück 16 cm lange Ferritstäbe, mit je 20 Doppel-Windungen des eng verdrehten Kupferdoppellackdrahtes bewickelt. Um einen kleinen Abstand zwischen den beiden Leitungen zu erzwingen, wurde ein Bindfaden zwischen die Windungen gewickelt. Die Induktivität von 16  $\mu\text{H}$  ergibt einen induktiven Widerstand von einem Ende zum anderen auf 80 m von 350  $\Omega$ , was völlig ausreichend ist. Wie im Ausgang, aber jetzt umgekehrt,

werden die drei „Baluns“ im Eingang hintereinander, und im Ausgang parallel geschaltet. Das ergibt eine Abwärtstransformation von 3 nach 1, oder eine Widerstandstransformation von 9 zu 1. Die am Ausgang dieses Guanella-Leitungsübertragers notwendige Belastung von 5,5  $\Omega$  wurden auf  $2 \times 2,8 \Omega$  aufgeteilt und kommen durch die Beschaltung und den kapazitiven Eingangswiderstand der Transistoren zustande. Leider ist der kapazitive Eingangswiderstand frequenzabhängig, sodass das Stehwellenverhältnis sich auf den verschiedenen Bändern geringfügig verschiebt.



Die Aufteilung gemäß Schaltbild ist deshalb notwendig, um auf einfachste Art und Weise die für Gegentakt-Endstufen notwendige gegenphasige Steuerspannung zu erzeugen.

### Die Gate-Vorspannung

Bleibt noch die Basissvorspannungserzeugung mit der darin integrierten Temperaturstabilisation. Von den +36 V geht ein Widerstand von 2,2 k $\Omega$  auf eine 6-V-Z-Diode. Die Z-Diodenspannung wird mit einem Trimpoti abgenommen und dient zur Einstellung der ca. 4 V Gatespannung. Unter diesem Trimpoti ist ein weiteres Trimpoti angeordnet, dem ein NTC-Widerstand parallel geschaltet ist. Der NTC-Widerstand und die Z-Diode liegen im abgehenden Luftstrom der Kühlkörper. So wird sowohl der ansteigenden Z-Diodenspannung bei steigender Temperatur als auch dem Ansteigen des Ruhestroms der Transistoren bei zunehmender Temperatur entgegengewirkt. Allerdings darf nicht überkompensiert werden. Es wäre fatal, wenn der Ruhestrom im kalten Zustand zu hoch, und im warmen Zustand zu klein wird. Anzustreben ist ein gleicher Ruhestrom im kalten und im warmen Zustand.

### Die Transistoren

Die Transistoren, insgesamt 30  $\times$  IRF 520 (z.Z. unter 15 €), sind recht robust. Sie können bei 25 °C immerhin einzeln 9,5 A Drainstrom liefern. Außerdem hat jeder eine Drainverlustleistung von 60 W (bei 25 °C). Wegen der niedrigen Betriebsspannung und der damit verbundenen niedrigen Ruhestromverlustleistung wurde auf eine „Arbeitspunkt-automatik“ verzichtet. Die Eingangs-, Ausgangs- und Reversekapazitäten sind allerdings recht hoch. Und sie steigen leider, wie bei allen Feldeffekttransistoren auch noch an, wenn die Drainspannung im Zuge der Durchsteuerung auf niedrige Werte sinkt. Das bedeutet, dass z.B. die Ausgangskapazität, die dem Außenwiderstand parallel liegt, bis zur Spitzenaussteuerung gleitend immer größer wird. Der komplexe Arbeitswiderstand (Scheinwiderstand) wird dadurch kontinuierlich immer kleiner, was dem Arbeiten auf einer gekrümmten Kennlinie entspricht. Von daher ist der Intermodulationsabstand nicht mit denen zu vergleichen, die man mit einer höheren Betriebsspannung erreichen kann. Trotzdem sind die Werte in der Praxis so gut, dass man sich auf den

Bändern durch eine saubere Modulation von vielen anderen Stationen positiv unterscheiden kann. Vorausgesetzt, man übersteuert die PA nicht und bietet ihr vom Transceiver aus eine gute Modulation an.

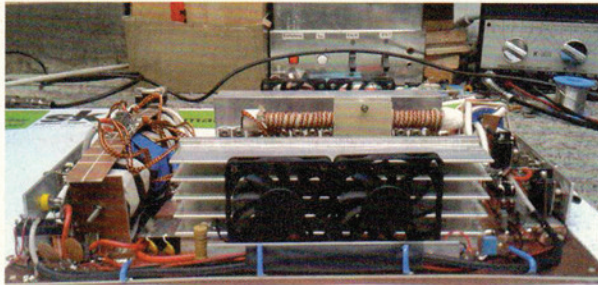
Obwohl die Transistoren vom Ruhestrom nicht weit auseinanderliegen, ist es empfehlenswert, sie vor dem Einbau einzeln auszumessen. Mit einem kleinen Hilfsaufbau, in dem der Sourcewiderstand mit ca. 5...8  $\Omega$  und der Gatewiderstand mit ca. 50  $\Omega$  bemessen wird, kann man über den Spannungsabfall am Source die verschiedenen Transistoren vergleichen. Diejenigen, die einen mittleren, möglichst gleichen Spannungsabfall bei ca. 12 V Drainspannung erzeugen, werden dann verwendet. Die Transistoren, die einen besonders hohen Spannungsabfall am Source verursachen, sollten besser aussortiert werden, denn die könnten bei extremer Überbelastung zuerst defekt werden.

### Details

Ursprünglich war die PA für eine Betriebsspannung von 24 V vorgesehen. Deshalb wurden auf jeder Seite nur zwei preiswerte Lüfter mit 60 mm  $\times$  60 mm, a 0,75 € eingebaut. Mit 24 V kam der

Verfasser aber nur auf 500 W Ausgangsleistung. Bei 36 V erreichte er zwar die Sollleistung, er musste aber den beiden hintereinander geschalteten Lüftern einen Vorwiderstand von 1000  $\Omega$  hinzufügen. Obwohl die Lüfterleistung selbst bei einem Dauerdurchgang von einer  $\frac{3}{4}$  Stunde völlig ausreichend war – die Kühlkörper-Temperatur blieb deutlich unter 40 °C – so wäre es doch empfehlenswert auf jeder Seite 3  $\times$  12-V-Lüfter hintereinander zu verwenden. Letztendlich muss man im Fahrzeug mit hohen Innentemperaturen rechnen, wenn dieses einmal längere Zeit in der Sonne steht. Und natürlich hat man noch nie zuviel gekühlt, höchstens zu wenig!

Zu erwähnen wäre noch, dass bei den Transistoren der Drainanschluss mit dem Kühlflansch elektrisch verbunden ist. Man kann also den Drainanschlussdraht direkt am Gehäuse abwickeln. So hat man etwas mehr Platz bei der Verdrahtung. Eine Isolation zwischen Transistor und Kühlkörper ist aus thermischen Gründen nicht sinnvoll. Das bedeutet, dass alle Drains mit dem Kühlkörper verbunden sind. Der Kühlkörper muss demzufolge gegen Masse mit einem Abstand von 8 bis 10 mm isoliert



**Bild 4:** Blick ins Gerät: Man sieht in der Mitte den Gegenakt- ausgangstrafo (blau) und den „Fünffachguanella“ (weiß)



**Bild 5:** Außenansicht der PA

aufgebaut werden. Vorteilhaft ist es, dass der breite, induktionsarme Kühlkörper nun als Zuleitung zum Gegenakt- ausgangstrafo verwendet werden kann. Ein ca. 2...3 cm, einseitig kaschierter Epoxydharzstreifen, der in der Mitte mit einem Abstand von ca. 3 cm zwei Mal unterbrochen ist, verbindet die beiden

Kühlkörper. So hat man in der Mitte eine Lötinsel für die Mittelanzapfung des Gegenakt- ausgangstrafos, und den Abblockkondensatoren, und gleichzeitig eine induktionsarme Zuleitung zu diesem Trafo.

## Zur Mechanik

Die Bauform hat der Verfasser so gewählt, dass man ggf. die PA unter einen Sitz schieben kann. Diese Position ist schon deshalb sinnvoll, weil dann die Sonne die PA nicht erreichen kann. Außerdem nimmt sie dort keinen anderen nutzbaren Platz weg. Aber natürlich kann man sie auch an jeder anderen Stelle einbauen. Damit die Lüfter Luft bekommen, wurden die Abstandstreifen etwa 10 mm breiter gemacht. So ist gewährleistet, dass eine Seite nicht an eine glatte Wand geschoben werden kann. Die von der Bordbatterie abgehende 12-V-Leitung sollte nicht nur wenigstens 10 mm<sup>2</sup> betragen, sondern sie sollte in der Nähe der Batterie aus Sicherheitsgründen auch mit einer Sicherung von ca. 100 A (2 × 50 A Autosicherungen parallel) abgesichert sein.

## Technische Daten

**Betriebsspannung:** ca. 36 V DC  
**Betriebsstrom:** max. ca. 50 A  
**Steuerleistung:** ca. 30...60 W  
**Ausgangsleistung:**  
 80 m: ca. 1000 W PEP max.  
 40 m: ca. 900 W PEP max.  
 20 m: ca. 600 W PEP max.  
**Aus- und Eingang:** 50 Ω  
**Ruhestrom:** ca. 2,5 A  
**Gatespannung:** ca. 4 V  
 Preis aller Endstufentransistoren z.Z. unter 15 €  
**Maße:** 25 cm × 35 cm × 9 cm ohne Abstandstreifen, 27 cm × 37 cm × 9 cm mit Abstandstreifen (damit die Lüfter Luft saugen können)  
**Gewicht:** ca. 2 kg