

# Röhrenendstufen neu entdeckt

## **Auch im Zeitalter der Halbleitertechnik ist die gute alte Elektronenröhre noch nicht ganz verschwunden.**

Dieser Vortrag richtet sich nicht gegen die Liebhaber und den Erwerb von Transistorendstufen, sondern vielmehr an Interessenten die mittlerweile preiswerte Alternativen suchen, also Freunde von neuen oder gebrauchten Röhrenendstufen!

Da sind zum einen die High Fidelity, (ein Qualitätsstandard für Audio-Wiedergabegeräte) Freunde und zum anderen wir Funkamateure mit unseren Röhrenkurzwellenendstufen die hier im Vortrag genauer vorgestellt werden sollen.

*Röhrentechnik finden sich in der professionellen Großsendertechnik mit ihren starken Endröhren mit > 100kW bis hin über 500kW ja bis zu 1,3Megawatt (Thomson) pro Röhre versteht sich, dort sind sie noch nicht wegzudenken.*

Röhrenendstufen für KW sind seit den Anfängen des Amateurfunks in Gebrauch und trotz leistungsfähiger Transistorlösungen (noch) immer im bewerten Einsatz. Auch die Endstufenröhren vom Typ 572B oder 811A meistens aus China sind inzwischen preisgünstig geworden. *Hier rate ich sich noch gut einzudecken!*

Wer den Markt beobachtet, kann für weniger als 1020€ eine komplette 600 Watt beziehungsweise für 1140€ eine nagelneue 800Watt Röhrenendstufe kaufen (Stand 2018)!

Abgesehen von älteren, von Markenhersteller gebaute, gebrauchte Endstufen, die zwischenzeitlich dann deutlich unter 1000€ zu erwerben sind z.B. Drake L4B für 500€, oder eine TL922 für 700€. Leistungsähnliche Transistorendstufen mit Netzteil sind ab über 1500€ (600Watt) in Richtung > 3500€ (1,3kW) und mehr beim freundlichen AFU – Gerätehändler zu bekommen.

Wer es kann, der entscheidet sich für den Selbstbau einer Endstufe mit IRF- FETs oder LD- Mosfet Typen. Bitte dabei das Netzteil mit 40 bis 100Volt und mindestens >20Ampere nicht vergessen! Bipolare Endstufen mit 13,8Volt sollten für Leistungen > 250Watt nicht mehr zur Verwendung kommen – *(Bastler, Techniker und Ingenieure denkt einmal über die Transistor Arbeitspunkte nach!)*

Transistorendstufen benötigen, wenn man sie für 13,8/24/50/100 Volt auslegt – hohe Ströme aus dem Netzteil, damit sie bei Leistungen um 600 > 700 Watt und bis zu 100 Ampere dauerhaft arbeiten können. Während Röhren mit Hochspannung arbeiten, haben diese einen relativ hohen Wirkungsgrad bei vernünftigem Netzteilaufwand. Es geht auch ohne Trafo, also direkt aus dem Stromnetz (*siehe dazu Seite 14*) mit einer Ausgangsspannung von ca. 660Volt und reichlich Strom (3A) zur Versorgung von sechs PL 519 oder mit 6,3Volt Heizung die EL 519, 6LQ6, 6JE6, 6KD6 - Röhren.

# Röhrenendstufen neu entdeckt

Transistorendstufen, die für höhere Spannungen ausgelegt sind und damit wirtschaftlicher arbeiten, kann man z.B. nicht direkt über die Autobatterie betreiben.

Der Vorteil von breitbandigen Transistor PAs, dass Nutzer meist ohne manuelle Abstimmung auskommen, schlägt bei der Bewertung nur wenig zu Buche. Die meisten Funkamateure sind wohl zufriedener wenn sie an Knöpfen drehen können und die volle Kontrolle über den Input und Output ihrer PA haben. *Schau dir einmal deinen Transceiver mit den vielen Tasten und Knöpfen an.*

**Grundsätzlich möchte ich noch darauf hinweisen, Röhrenendstufen arbeiten mit Hochspannung – also Achtung beim Hantieren in der Endstufe, es besteht Lebensgefahr!**

In diesem Vortrag möchte ich die relativ unkritischen Gitter-Basis-Endstufen genauer vorstellen. Dazu gehören einige Schaltungen und Bilder von bekannten Herstellern Ameritron, Yaesu, Ranger, Drake, Funkamateuren und eigene Entwicklungen.

Ich werde dazu einige „*Glasröhrenendstufen*“ genauer analysieren in ihren Schaltungsunterschieden. Da es sich hier ausschließlich um Einzelröhren oder parallelgeschaltete Röhrenschaltungen handelt sind **Röhrenpaarungen überflüssig**, die braucht man bei symmetrischen Endstufenbetrieb. Bei Parallelbetrieb kann man wenn, z.B. vier Röhren verbaut sind eine getrost herausziehen, gleiches gilt auch bei solchen mit zwei Röhren. Dabei ist die Heizspannung zu beachten und genau einzuhalten. Es kommt vor, dass im Laufe der Zeit eine oder zwei von mehreren Röhren an Leistungsfähigkeit verliert und der User glaubt alle Röhren sind schlecht!

Die Anodenspannungen liegen je nach Röhrentyp bei >600 Volt bis < 2700Volt (oder > 3500Volt). Da die käuflichen neuen Röhrenendstufen mit ihren Netzteilen für den europäischen Markt meistens auf 240 Volt fest verdrahtet werden, ergeben sich jedoch Unterschiede, je nach tatsächlicher Netzspannung. Jedenfalls muss ein älteres Netzteil, welches früher einmal auf 220Volt eingestellt war, muss unbedingt auf 230/240Volt umgestellt werden. *In meinen QTH beträgt die Netzspannung stolze 235,5V!*

Die Röhrentechnik hat sich nicht wesentlich verändert, anfälligen elektronischen Schnickschnack gibt es nicht, lediglich die Gewinnung einer ALC-Spannung aus dem Input-Signal ist eine Anlehnung an den Zügelungsbedarf moderner Steuersender. Insgesamt beweist dies aber, dass solche Endstufen einen hohen Reifegrad haben, leicht zu beherrschen-, vielfach erprobt - und damit kaum noch zu verbessern sind und bei richtigem Einsatz ein sehr langes Leben erreichen. Auch Nebenaussendungen sind kein Problem mehr, teilweise arbeiten einige Endstufen mit Pi - L Ausgangsfilter. Der Betrieb der hier beschriebenen Röhren-PAs die gegebenenfalls unerwünschte Aussendungen haben, ist durch Einsatz eines geeigneten Tiefpasses am Ausgang zu komplettieren.

# Röhrendstufen neu entdeckt

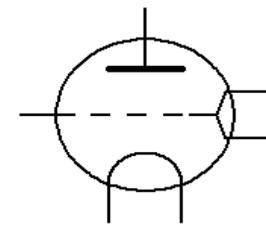
In dem folgenden Prinzip Schaltbild (Seite 4) ist ein fast vollständiger einfacher Eigenbau, ohne Netzteil, einer ca. 600W Endstufe zusehen. Wie man erkennen dürfte wird der mechanische Aufwand im Allgemeinen größer, als der elektrische sein. Dieser dargestellte Verstärker arbeitet mit einer Röhre vom Typ 3-500Z. Alternativ kann auch die Röhre QB3,5-750 eingesetzt werden, da es sich bei dieser um eine Tetrode handelt sind die beiden Gitter G1/G2 zusammenzuschalten. Die Fassung und die Heizspannung sind gleich, die Röhrenleistung ist natürlich geringer 375Watt@2500V.

Das Netzteil sollte abgesetzt betrieben werden und unterhalb des Stationstisches aufgestellt werden. Lediglich der Heizungtrafo mit (5,3V) 5V@15A bei einer 3-500Z Röhre muss natürlich in der Endstufe eingebaut werden.

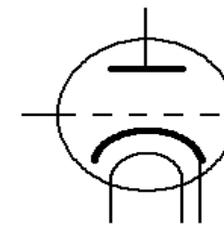
Das Besondere an der folgenden Schaltung ist, der Gitterstrom als auch der Anodenstrom werden „**hochspannungsfrei**“ gemessen! Viele Eigenbauprojekte nutzen diesen Vorteil nicht aus und sind dann nicht unbedingt „betriebsicher“ bezüglich Hochspannungs-unfallschutz.

Ein sehr wichtiges Thema bei Betrieb **aller indirekt geheizten Röhren** ist die Heizspannung, diese muss unbedingt sehr genau eingehalten werden, bei der 3-500Z beträgt diese **5.0V ±0,25V** diese Spannung wird grundsätzlich unmittelbar an den Röhrenstiften gemessen! *Es versteht sich von selbst, die Hochspannung bei dieser Messung abzuschalten!*

Senderöhren müssen und sollten unbedingt in vertikaler Einbaulage montiert werden! Leider haben auch namhafte Hersteller wie Collins, Yaesu usw. sich nicht daran gehalten,übrigens ist das in den Datenblättern vermerkt. Es ist doch klar, wenn das **Röhrensystem** auf seiner gesamten Länge im Röhrenkolben horizontal verläuft und die Röhre sich erheblich erwärmt, das sich die Elektroden Gitter/Heizfaden mechanisch bis zum Kurschluss verbiegen könnten. In dem rechten Bildern sind die grundsätzlichen unterschiede zwischen direkt und indirekt geheizten Trioden Röhren zu sehen. Uns interessiert in diesem Vortrag aber nur die der direkten Heizung, wobei der Heizfaden gleichzeitig die Kathode ist. Grundsätzlich gilt für alle Senderöhren eine ausreichende Kühlung durch einen angemessenen Ventilator. Auch dort ging die Entwicklung in der Zwischenzeit weiter, es gibt sehr leistungsfähige leise Lüfter – also den alten raus und einen neuen montieren, besonders in älteren Enstufen.



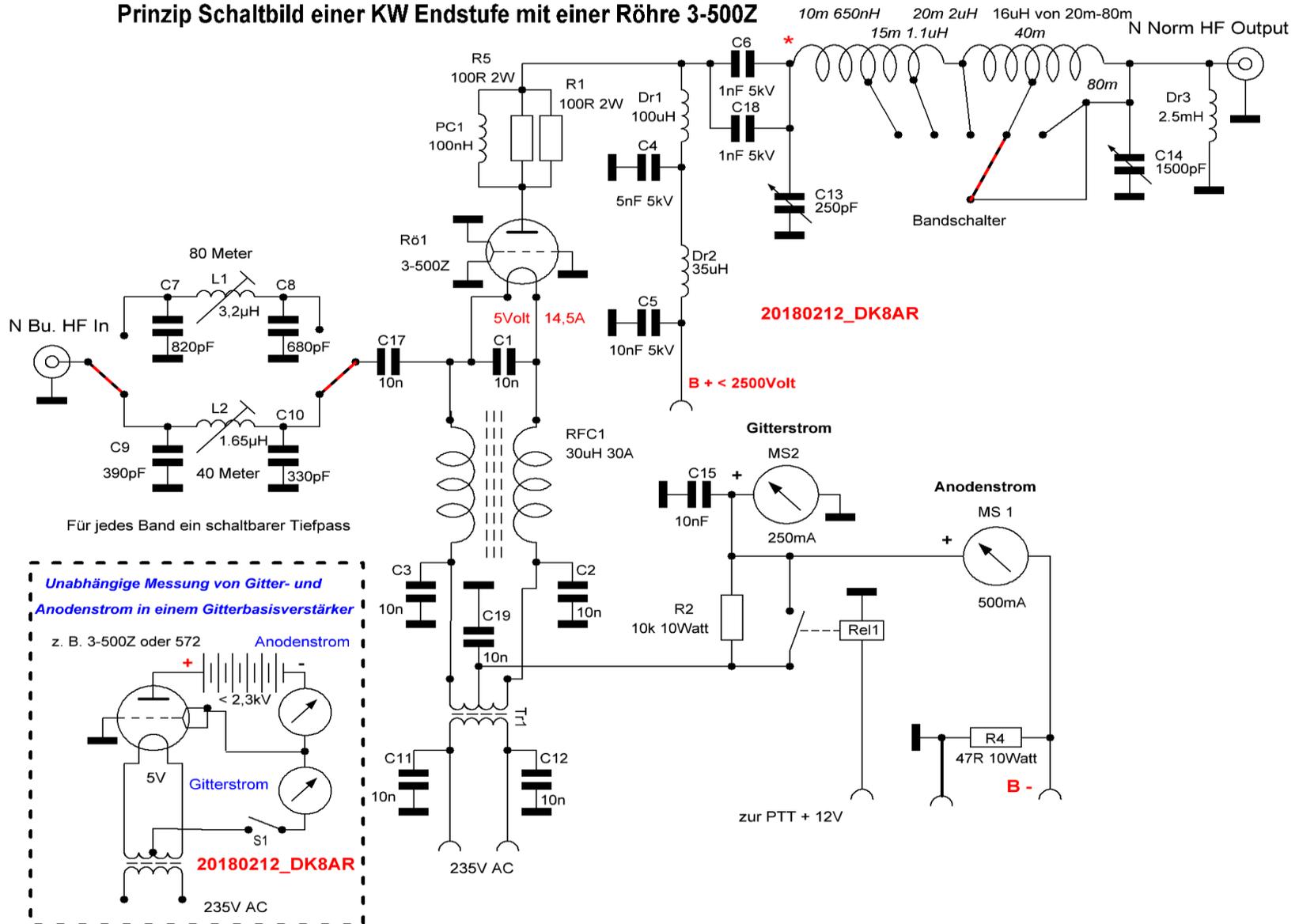
direkt geheizt



indirekt geheizt

# Röhrendendstufen neu entdeckt

## Prinzip Schaltbild einer KW Endstufe mit einer Röhre 3-500Z



# Röhrenendstufen neu entdeckt

**Verschiedene kommerzielle Schaltungen** – fangen wir mit der weit verbreiteten FL 2100 von YAESU an...

Diese ist auch schon die kompliziertere Schaltung, weil ein Röhrenaustausch/Erneuerung mit einigen Einstellarbeiten verbunden ist. Jedoch vor jeglicher Erstinbetriebnahme muss bei den älteren Versionen der Netzspannungsabgriff am Trafo gegebenenfalls auf 234Volt (2 mal117Volt) um gelötet werden (*siehe Anhang Seite 22*). Da die Netzspannung früher auf 220V geklemmt war und dadurch die Röhren eine unzulässige hohe Heizspannung erhalten. Die Trafoanschlussleiste ist beschriftet und von oben sehr gut zugänglich!

Desweiteren muss der Ruhestrom über R4 „ohne Sendesignal sprich ohne Modulation“ bei gedrückter PTT Taste auf **90mA** (2x45mA) eingestellt werden. Gewechselte Röhren 572B/T160 müssen auch über den Trimmkondensator TC2 neutralisiert werden. Grundsätzlich wird eine Neutralisation immer auf einem hochfrequenten Band durchgeführt. Das geht bei der FL 2100 so, Abschlusswiderstand etwa <1kW am Ausgang anschließen. Dann die Endstufe mit dem Steuersender auf maximale Ausgangsleistung auf 29MHz abstimmen, mit dem Trimmkondensator TC2 vorsichtig so einstellen, das der Strom - Dip im Frontinstrument ersichtlich ist bei geringstem Strom und maximalen Output ist die Endstufe neutralisiert (Kurzschlüsse vermeiden) Instrumente dabei genau beobachten! Achtung hier ist noch weiter Vorsicht geboten, dieser Vorgang sollte <10Sekunden dauern, ansonsten warten und wiederholen. Wenn hier zu lange hantiert wird, kann es zu Röhrenschäden kommen.

Da diese kommerzielle Endstufe mit einer ALC (automatische Pegelregelung) ausgerüstet ist, muss auch der Trimmkondensator TC1 entsprechend der Schwelle (Threshold) eingestellt werden. *Für die genaue Einstellprozedur ist die Beschreibung im Handbuch Folge zu leisten. Ein Hinweis noch, TC1 und TC 2 liegen dicht beieinander – diese nicht verwechseln.*

**ALC** (*oft verwechselt mit AGC machte sogar die Fa. DRAKE*) das ist bei einem SSB-Sender die automatische Reduzierung oder besser gesagt "Begrenzung" der maximalen Ausgangsleistung, um bei den Röhren und Transistorendstufen nicht in den "nicht-linearen" Bereich zufahren und damit Splatter oder Modulationsverzerrungen (bis hin zur totalen Unverständlichkeit) hervorzurufen.

Viele User verstehen dies nicht und drehen munter am ALC-Trimmkondensator oder Regler, um mehr Leistung aus dem Gerät zu holen. Das geht noch in gewissen Grenzen, darüber hinaus wird die Modulation schlagartig verzerrt und unverständlich.

Noch schlimmer, wahllos am Neutralisation Trimmer TC 2 drehen, die eine oder die andere Röhre arbeitet womöglich dann selbstständig ohne Ansteuerung – Schwingneigung führt sehr schnell zur Zerstörung von Röhren (und Transistoren) oder durch innere Veränderung der Elektroden in den Röhren die dann immer wieder zu diesem Prozess neigen – die kann man dann als Anschauungsprojekt weglegen!

# Röhrenendstufen neu entdeckt

Leider sind die ALC Schaltungen in den Röhrenendstufen nicht an moderne Halbleiter Transceiver angepasst! Daher sind Wandler meistens unter Verwendung von einem FET erforderlich oder einfacher noch ein zusätzliches Spindel-Potentiometer zum Einstellen der Ansprechschwelle.

Die Funktion der ALC in Verbindung mit einer Endstufe ist nicht jedem klar!

Die Transceiver ALC sollte mit der Endstufen ALC über ein abgeschirmtes Kabel verbunden werden. Einige Röhrenendstufen können ohne weiteres angepasst werden, weil sie ausreichende Einstellelemente haben, dazu bitte auch das jeweilige Handbuch lesen. Leider gibt es „keine Norm“ für die Höhe der negativen Spannungen, bei einigen Halbleitertransceivern beträgt diese zwischen 0 bis minus 5Volt die zur Regelung genutzt werden kann. Die Spannung kommt **nicht** aus dem Transceiver, sondern die Negativspannung kommt aus einer Dioden-Gleichrichter-HF-Messschaltung aus der Endstufe und wird dann dem Transceiver zugeführt. Im Transceiver befindet sich ein ALC Verstärker der entsprechend HF-Stufen signalisiert die Senderleistung zu reduzieren. Daher die ALC Transceiver Buchse mit der ALC Buchse nach obigen beschriebenen Anpassungen mit der externen Endstufe verbinden.

Die ALC Regelung ist nicht unbedingt erforderlich, wenn die Steuersenderleistung nicht bis zum Maximum aufgedreht wird. Es ist **falsch**, die Endstufen mit einer Steuerleistung mit bis zu 100Watt zu betreiben. Die entsprechenden Daten sind dem Röhrendatenblatt zu entnehmen. Im Allgemeinen reichen **30-60Watt** vollkommen aus um maximale Leistung und saubere Signale z.B. bei den üblich käuflichen Endstufen zu erzielen. Bei höheren Eingangsleistungen werden Störprodukte dritter und fünfter Ordnung forciert. *Siehe dazu die Bilder auf Seite 7.* Auch bei den Prospektangaben mit 100W PEP Aussteuerung ist Vorsicht geboten, denn die meisten User können das nicht messen – *dann lieber <50Watt CW nehmen und es passt halbwegs - 50Watt 12dB Verstärkung sind knapp **800W!!!***

*Um die zu erreichende PEP Ausgangsleistung messen zu können, wird ein 50Ω Abschlusswiderstand mit einem -50dB Messausgang ein NF - Zweitongenerator (z.B. 1075Hz/1500Hz) und ein Oscilloscope benötigt. Dazu kommen noch einige Berechnungen auf die ich aber in diesem Vortrag nicht weiter eingehen möchte.* Nur so viel über Leistungen siehe dazu die folgenden Beispiele...

Beispiele: Eine Endstufe hat 10dB Verstärkung - bei 60W Ansteuerung sind das 600W am Ausgang oder 12dB Verstärkung ergeben bei 30Watt Ansteuerung bereits 475Watt oder bei 35Watt und einer Verstärkung von 12dB sind es schon 550W! Dann wird einem schnell klar welche Leistungsänderungen das sind!

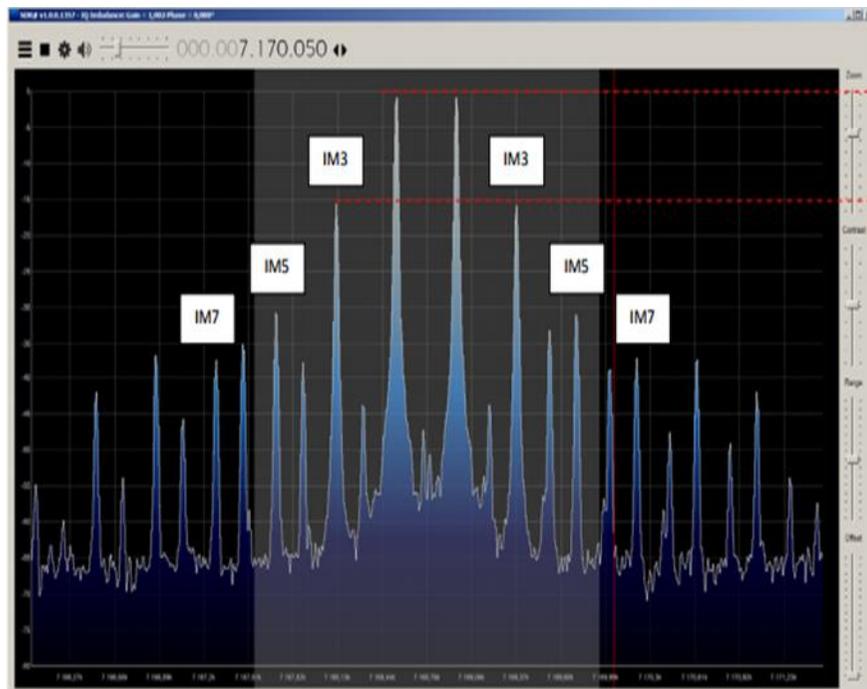
*Möchte man nun noch **3dB** besser bei der Gegenstation ankommen, so müsste man z.B. bei 550 Watt Ausgangsleistung diese auf 1100 Watt erhöhen!*

# Röhrendendstufen neu entdeckt

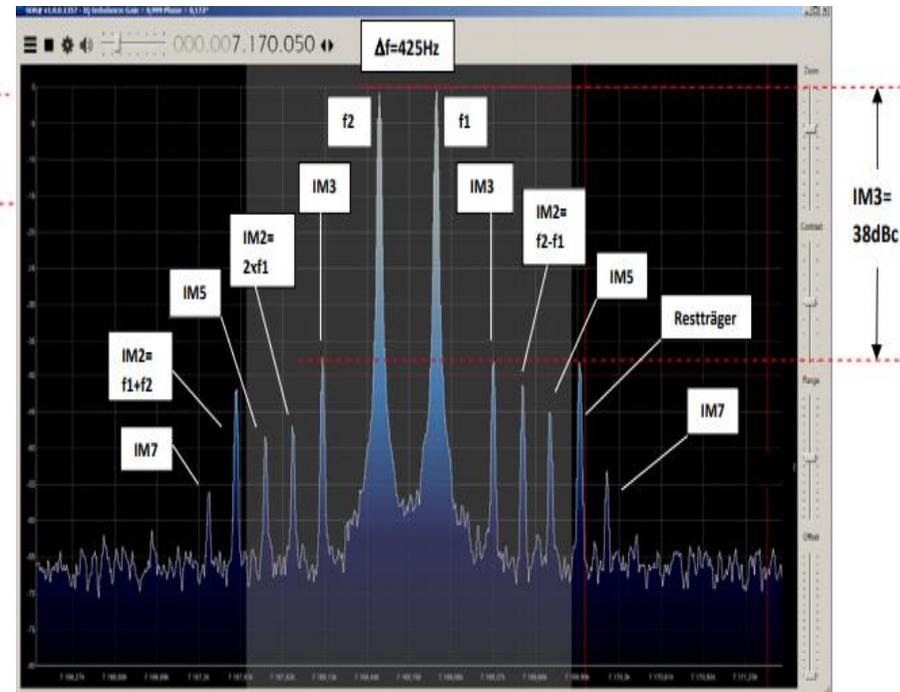
## Was passiert bei Übersteuerungen von Sender oder Endstufen

Dazu bitte einmal die folgenden Bilder betrachten: **Eine Übersteuerung von Endstufen muss unbedingt vermieden** werden, damit die Aussendungen nicht die benötigte Bandbreite der jeweiligen Betriebsart deutlich überschreitet. Durch Übersteuerungen werden die anderen Nachbarkanäle erheblich beeinträchtigt – durch sogenannte Splatter!

Die Bilder zeigen Intermodulationsprodukte mit ihren Ordnungszahlen. Bei Übersteuerungen von Sender- oder Endstufen wird genau das passieren wie im linken Bild dargestellt ist! Das rechte Bild zeigt ein intaktes Sendesignal, gemessen unter Verwendung eines Zweitongenerators  $f_1$  1075Hz  $f_2$  1500  $\Delta f$  425Hz – die linke Darstellung wurde genauso gemessen, nur mit übersteuerter (Sender) oder der Endstufe mit zu viel Ansteuerleistung aus dem Steuersender in die Endstufe!



Total übersteuerte Endstufe durch zu viel Steuersenderleistung



Gutes sauberes Sendesignal

# Röhrenendstufen neu entdeckt

**Im folgenden Bild ist die Schaltung der Endstufe FL 2100Z zusehen.**

Bei dieser Endstufe muss wie schon oben beschrieben bei einem Röhrenwechsel einiges nachgestellt werden. Ohne diese Servicearbeiten kann es vorkommen, dass auch diese Endstufe selbstständig arbeitet ohne dass ein Steuersignal anliegt. Oder Fehlfunktionen auftreten die durch irgendwelche Veränderungen hervorgerufen werden. Manchmal sichtbar, wenn eine oder beide Röhren, auch ohne Steuerleistung am Glühen sind!

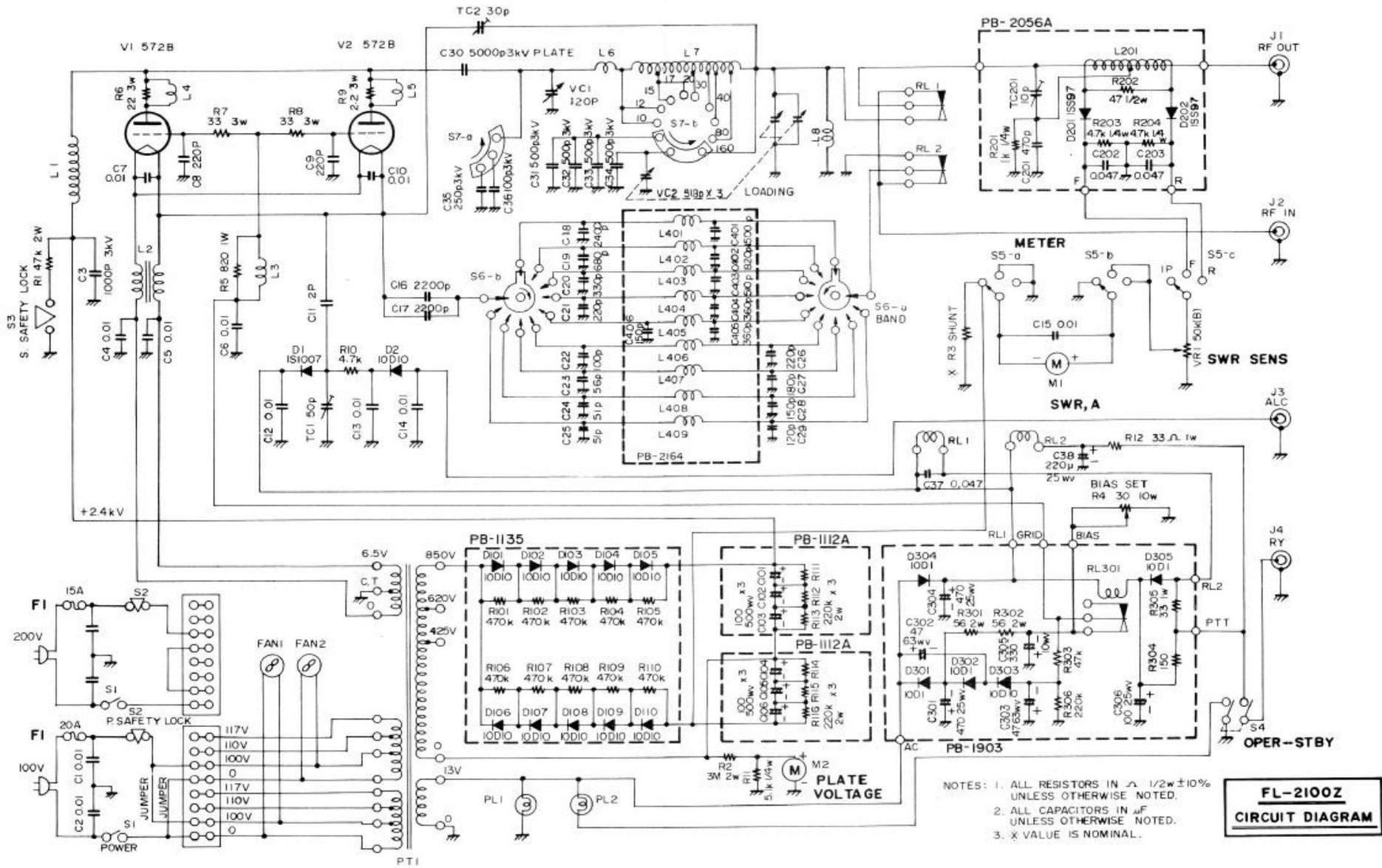
Führen die Einstellungen nach Handbuch nicht zum Erfolg, dann sollte man gegebenenfalls einige Modifikationen oder Reparaturen vornehmen, die Kondensatoren C8/C9 220pF gegen solche mit 390 oder 470pF austauschen. Es gibt dafür geeignete Keramik-kondensatoren mit in 2kV Ausführungen! Auch sollte man die Widerstände R6 und R9 je 22Ω/3Watt einmal genauer untersuchen. Dazu ist „einbeinig“ der Widerstand von der UKW-Drosselspule zu lösen um den Widerstand genau messen zu können. Diese Widerstände werden extrem, gerade auf den höheren Bändern belastet oder gar überlastet manchmal nicht optisch erkennbare Defekte stellen sich ein.

Ist die Einweggleichrichtung mit der Diode D304 und dem Siebkondensator C304 470µF i.O. hier sollten im Leerlauf etwa 18Volt anliegen. Des Weiteren sollten alle anderen Dioden, Widerstände und Kondensatoren auf dem PC Board-1903 gemessen werden. Denn wie oben schon beschrieben ist die FL 2100 für eine „alte“ Röhrenendstufe schon recht aufwendig aufgebaut.

Wer will, kann auch preiswertere Röhren vom Typ **811A (33€)** gegenüber der **572B (72€)** einsetzen, dazu ist es jedoch erforderlich, die Anodenspannung zu ändern. Dazu einfach den Trafo Abgriff von 850V auf 425V oder 620V um klemmen, das ergibt dann eine Anodenleerlaufspannung von ca. <1750V, das aus der Endstufe dann noch knapp 300Watt-350Watt herauskommen sollte natürlich jedem klar sein. Auch hier gilt, den Netztransformator primärseitig auf 234 (2X117) Volt zu ändern, sofern noch nicht geschehen, das ist wichtig zum Schutz der Röhren bezüglich ihrer Heizspannung! (*Anleitung der Trafoanschlussänderung ist auf Seite 22 zu sehen*)

Übrigens wer eine Endstufe von AMERITRON der Serie AL- 811 hat, kann dort die Röhre 572B statt der 811A einsetzen. Der Grund ist die Leistung steigt zwar nur gering bei der vorhandenen Anodenspannung, aber dafür halten diese Röhren fast lebenslang (*wenn der User keine Fehler macht*)! **Grundsätzlich gilt: Röhren niemals mit Händen anfassen, sondern mit Handschuhe anfassen um Fettfilme zu vermeiden.**

# Röhrendendstufen neu entdeckt



# Röhrenendstufen neu entdeckt

Neue preisgünstige Röhrenendstufen gibt es von Ameritron (USA) vom Typ AL-811XCE (240V Export) mit drei Stück 811A oder das Modell AL -811HD mit vier Röhren ebenfalls für 240V!

## Vier Röhren

Output (7MHz)

Typical SSB PEP voice operation: over 800 watts continuous

Typical CW continuous operation: 600 watts

1/2 hour PEP two tone: 800 watts

1/2 hour continuous carrier: 600 watts

## Drei Röhren

Output

Circuit type: Pi-Network

1/2 hour carrier: 400 watts

30 second carrier: 550 watts

1/2 hour PEP two tone: 600 watts

30 seconds PEP two tone: 600 watts

Efficiency: typically 65%

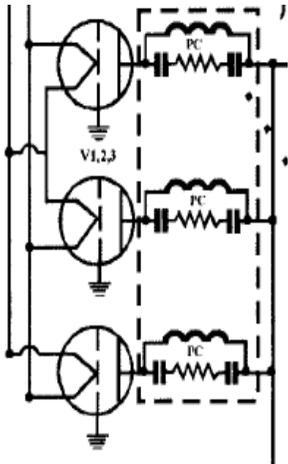
Im unteren Bild ist der Innenaufbau einer solchen Endstufe mit drei Röhren zusehen, dort sind Details gut erkennbar.

Das Thema von Seite 5 und 6 **ALC**  
**Negative going, 0-12V, adjustable,**  
**phono jack**

Wer möchte, kann die Röhren **811A** gegen solche vom Typ **572B** austauschen! Dass diese mit geringerer Anodenspannung und ohne Vollbelastung dann fast unverwüsthlich sind erklärt sich von selbst!



# Röhrenendstufen neu entdeckt



# Röhrenendstufen neu entdeckt

## Kurze Beschreibung der AMERITRON Endstufen

Die Anodenspannung liegt bei etwa 1700 Volt, sie geht im Betrieb bis auf 1500 Volt zurück. Da die Endstufe für den europäischen Markt auf 240 Volt fest verdrahtet wird, ergeben sich Unterschiede je nach tatsächlicher Netzspannung. Bei 240 Volt Netzspannung ist man auf der sicheren Seite bezüglich der Anodenspannung als auch für die **Heizspannung**.

Die Änderung auf 230 Volt oder 220 Volt ist jedoch möglich und auch im Handbuch beschrieben. Wer 240 (230) Volt Netzspannung hat und auf 220 Volt schaltet, erhält eine Anodenspannung von ca. 1900 Volt, ein Trick der verbreitet ist. Eine Erhöhung der Anodenspannung bedeutet aber zusätzlichen Stress für Röhren und Hochspannungstransformator (Temperatur) und ist daher nicht zu empfehlen. Das Handbuch warnt dann auch davor über 1800 Volt zu gehen. Ein Blick in das Netzteil erklärt warum, es sind vier Elkos 220  $\mu$ F, a 450 Volt, in Reihe geschaltet, die maximale Spannung darf daher nur bei 1800 Volt liegen.

Anodenstrom und Spannung lassen sich mit dem linken Instrument überwachen, man kann mit dem Schalter zwischen Spannung und Strom umschalten. Im praktischen Betrieb ist aber die Überwachung des Anodenstroms sinnvoll besonders bei der Abstimmung.

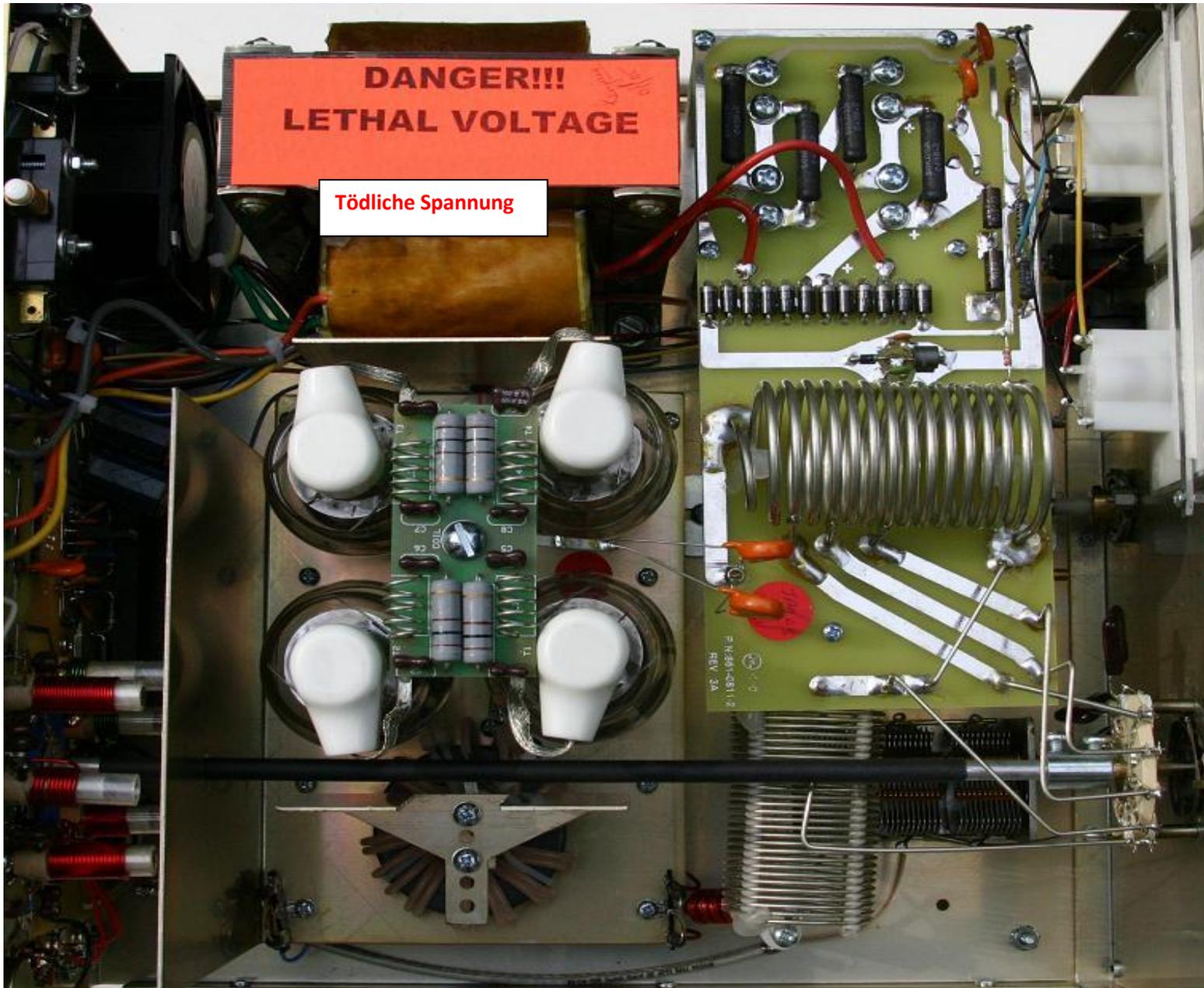
Die drei verwendeten Gitter-Basis-Trioden 811A sind stehend montiert (siehe Bild), was thermisch günstiger ist als eine horizontale Anordnung. Ein Lüfter saugt Luft von außen an und leitet sie über Hochspannungstransformator und Röhren, der Austritt ist auf Höhe der Röhren auf der linken Seite, nur so wird ausreichend gekühlt. Die Gehäusehaube kann man auch falsch herum aufsetzen und so die Kühlung dramatisch verschlechtern. Ein Hinweis steht zwar im Handbuch, sinnvoller wäre es jedoch, der Hersteller hätte entsprechende Markierungen am Gehäuse angebracht oder eine unterschiedliche Anordnung der Schraubenlöcher konstruiert damit die Haube zwangsweise richtig montiert werden muss.

Die 811A Trioden sind robuste Röhren aber auch dem Verschleiß unterworfen, **die durch den Nutzer der Endstufe maßgeblich beeinflusst werden kann**. Z.B. die Endstufe mit vier Röhren permanent mit hohem Gitterstrom über 200 mA, und Anodenstrom jenseits von 750 mA betreiben, bedeuten nicht nur geringe Intermodulationsabstände deutlich weniger als - 28dB sondern auch den vorzeitigen Exitus für die Röhren.

Wie in dem nachfolgenden Bild gut zu sehen ist, hat AMERITRON eine besondere Platine zwischen den Röhren montiert, die Anordnung unterdrückt sehr wirkungsvoll parasitäre Schwingungen im UKW-Bereich - *siehe Schaltung links auf Seite 11*. Dieses „Suppression Board“ ist in älteren Endstufen der Firma z.T. nicht zu finden, kann aber nachgerüstet werden. Durch parasitäre Schwingungen kann durchaus eine Selbsterregung entstehen und auch die Röhren zerstören!

# Röhrenendstufen neu entdeckt

Modell AL -811HD



# Röhrenendstufen neu entdeckt

Die Röhren 811A/572B gehören nicht gerade zur Gruppe der „high  $\mu$ “ Röhren wie zum Beispiel Druckluftgekühlte Keramik Tetroden vom Typ 3CX1000A7 die bei Ansteuerung von 7 Watt eine Ausgangsleistung von 1,2kW haben, es geht auch noch mehr mit 3CX1500 usw.

Aber die Familie 3-400A, **3-500Z**, 3-1000Z gehören zu dieser „high  $\mu$ “ Gruppe, so hat die 3-500Z bei einer Ansteuerung mit 35Watt eine Ausgangsleistung von 600W@2500Volt – *Angabe ohne Kreisverluste!*

Dem Selbstbau mit drei oder vier 811A würde ich den Vorzug geben, die Spannungen mit etwa <1600Volt sind noch händelbar. Der Bezug der einzelnen Röhre unter 40 € ist gesichert, gleiches gilt für Fassungen und Anodenklipps in guter Qualität und den Trafos!

**Nun möchte noch auf ein sehr bekanntes Schaltungskonzept zurückkommen, die sogenannte „Zündkerzen-PA“! Doch da möchte ich darauf hinweisen, dass es nicht so richtig stimmt. Denn leider wurden durch Schaltungsfehler in einigen Veröffentlichungen dieser Begriff bekannt und es kam zu Ausfällen vieler Röhren.**

Die Endstufen mit sogenannten „Zeilenendstufen – Röhren mit PL519 oder ähnliche“ sind keinesfalls schlecht, im Gegenteil für die Bänder 20-160Meter recht gut geeignet. Für die Bänder 20-10Meter lässt der Wirkungsgrad wegen den Gesamtschaltungskapazitäten nach! Diese Endstufen sind bei richtigem Aufbau z.B. durch Eingangfilter zur Selektion- und Transformation, die leider in vielen Veröffentlichungen nicht eingebaut worden und erwähnt worden sind ins Hintertreffen geraten. Dazu kam noch das Weglassen der Güte bedämpften UKW Drosseln an jeder Röhre. Der unabgestimmte Eingang ist zwar weit verbreitet, er besitzt aber einige schwerwiegende Nachteile! Der Intermodulationsabstand ist um 5 bis 10dB schlechter, die erforderliche Steuerleistung ist höher und die Ausgangsleistung geringer als mit einem abgestimmten Eingangskreis. Da der gesamte HF-Anodenstrom der Endstufe nicht über die Kathodendrossel fließen kann, muss er über die Seele des Koaxialkabels in den Sendersender und von dort über den Außenleiter zum Massepotential der Endstufe. Da nun die Abschirmung des Koaxialkabels und damit das Senderchassis nicht mehr auf „HF-Null-Potential“ liegen, können sich wilde Kopplungen, BCI/TVI und sonstige EMV Beeinträchtigungen ergeben – *siehe dazu auch Schaltung auf der Seite 15.*

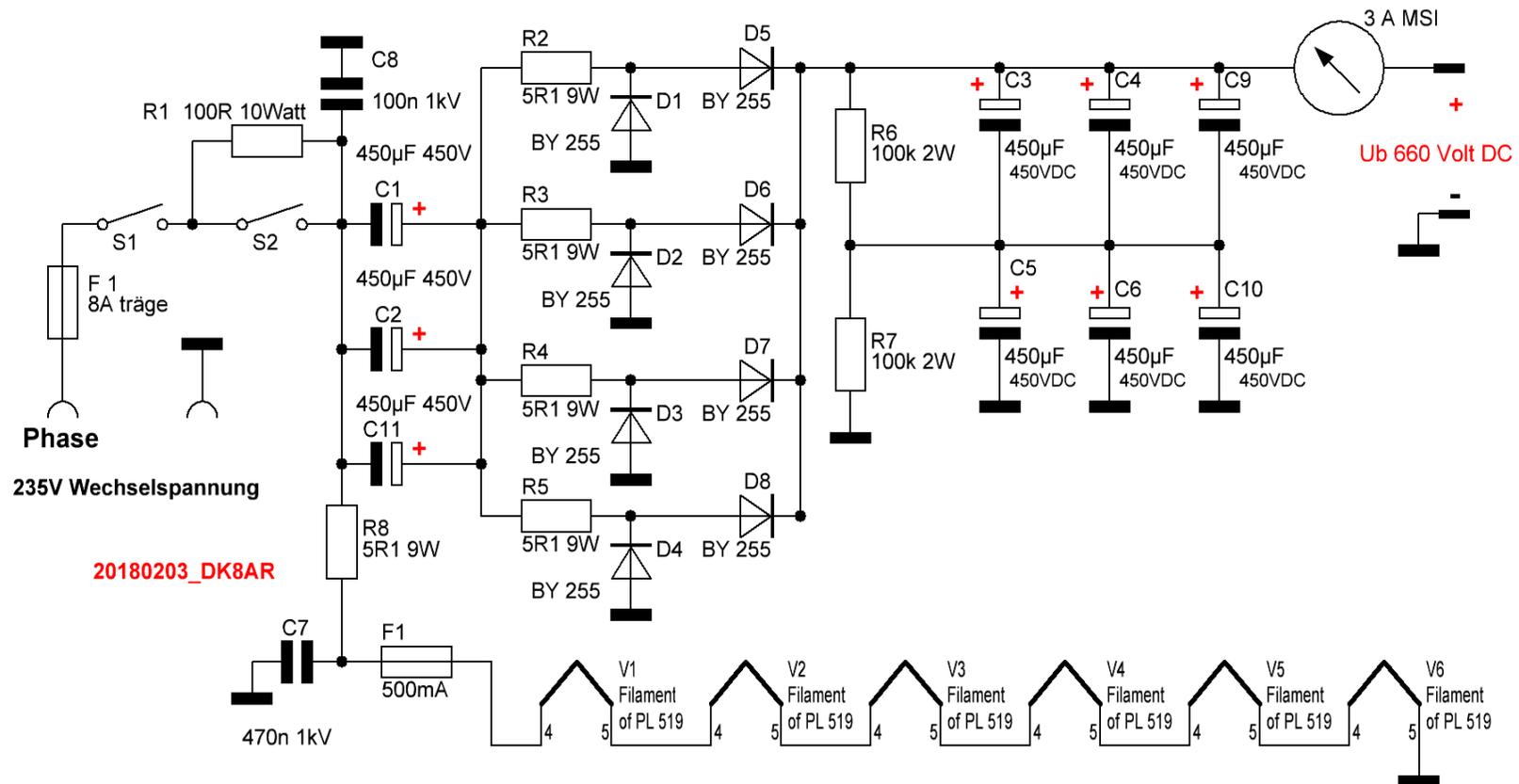
Vorteile dieser Endstufen, sie können u.a. vollkommen ohne Trafo arbeiten (lediglich für Relaissteuerung, Lampen und Vorspannung). Für die notwendige Anodenspannungserzeugung bedient man sich der sogenannten Spannungsverdopplung aus dem Stromnetz. Man hat bei dieser Schaltung etwa 660Volt DC als Anodenspannung zur Verfügung. Als Röhren sind geeignet PL519 (PL509) diese können in Reihe geschaltet werden 40Volt pro Röhre mal 6 Stück = 240Volt bei einem Strom von 300mA. Bei der Spannungsverdopplerschaltung kann man heute auf hochkapazitive 450 $\mu$ F Typen mit 450DC zurückgreifen (man benötigt neun Stück). Das hat

# Röhrendstufen neu entdeckt

den Vorteil unter Last bricht die Spannung nur noch gering ein. Als Dioden sollte der Typ BY 255 für die Spannungsverdopplung eingesetzt werden ( $U1.3kV/3A$ ).

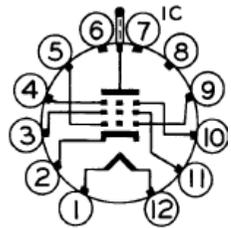
Röhren, Fassungen und Anodenklipps sind bei Röhren-Anbietern erhältlich. Drehspulmessgeräte sind in der Zwischenzeit auch günstiger geworden, man benötigt für den Anodenstrom eines mit 3 Ampere und eines für den Gitterstrom mit 500mA. Auch Drehkondensatoren für Load können zum Beispiel alte Typen aus Radios als Lastabstimmung eingesetzt werden.

## Netzteil ohne Trafo zur Versorgung einer Endstufe mit 6 Zeilenendröhren



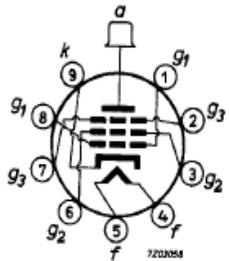
# Röhrendendstufen neu entdeckt

Die Schaltung im folgenden Bild entspricht nicht die im vorher beschriebenen Text, sondern diese Endstufenschaltung möchte ich genauer zum allgemeinen Gesamtverständnis in diesem Vortrag beschreiben. **Sie ist speziell im Bereich der Arbeitspunkt-einstellung (fast) akribisch perfekt aufgebaut**, HF-Technisch ist sie allerdings alles andere - nur nicht perfekt!

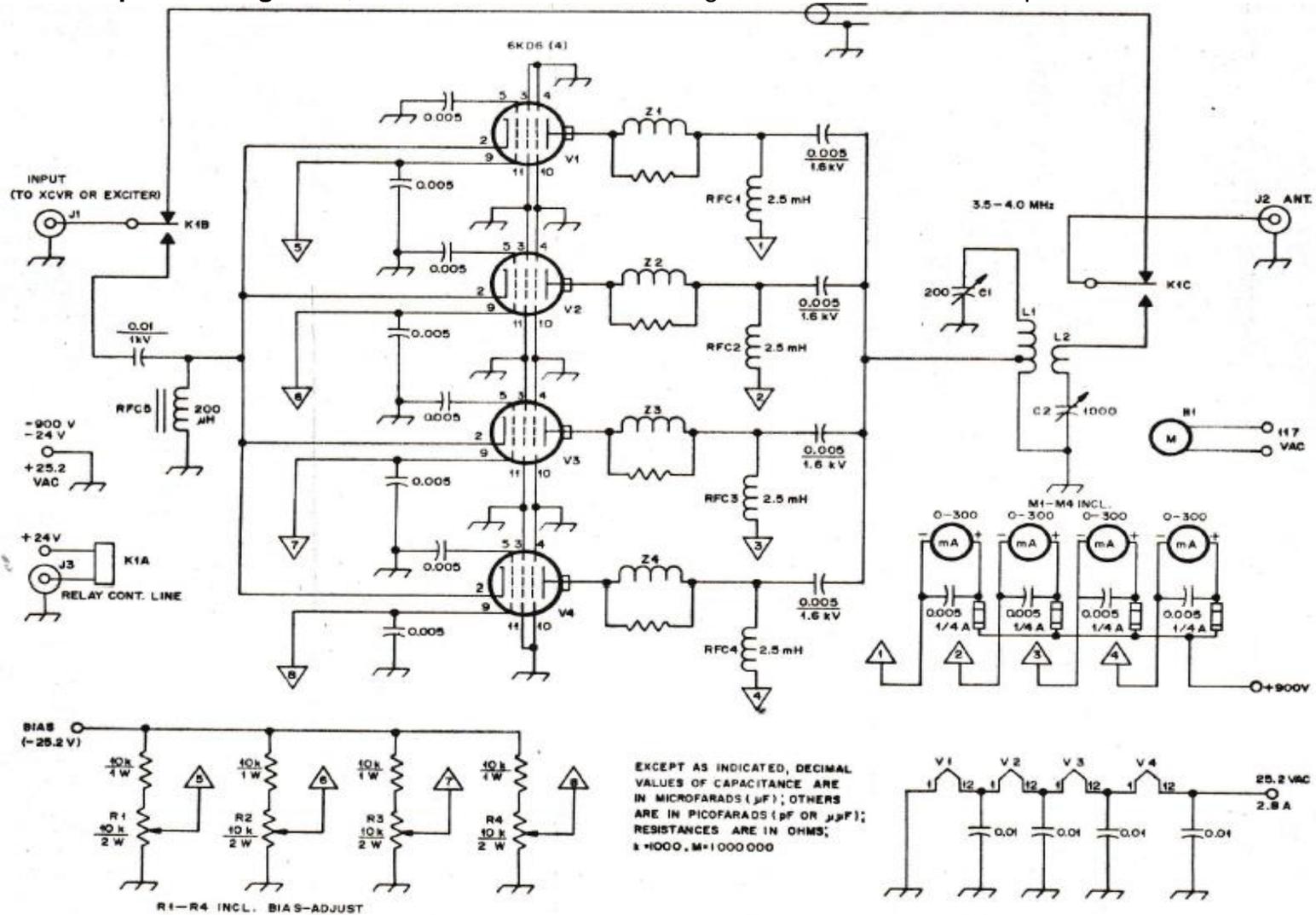


EIA 12GW

6KD6



PL519



# Röhrendendstufen neu entdeckt

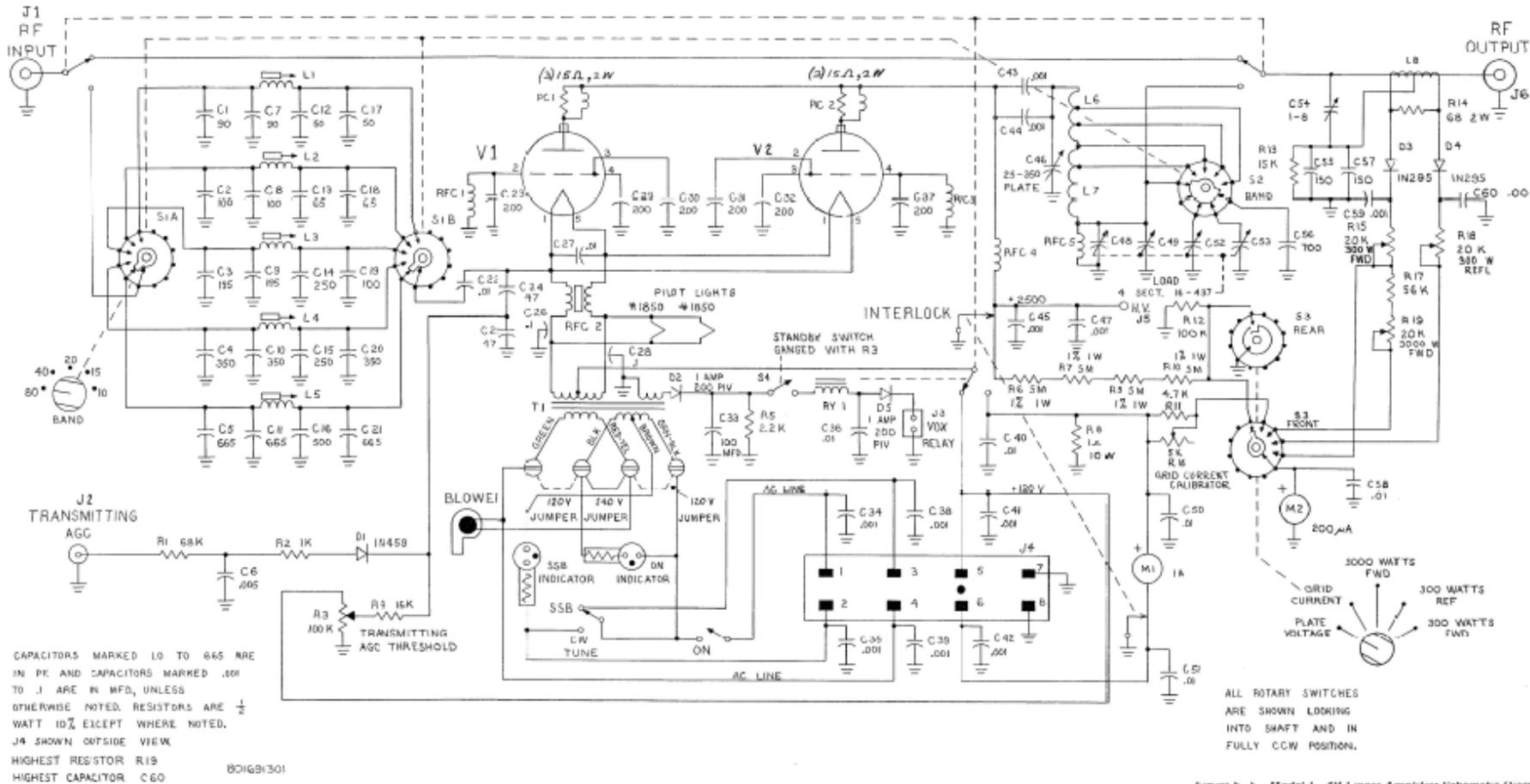
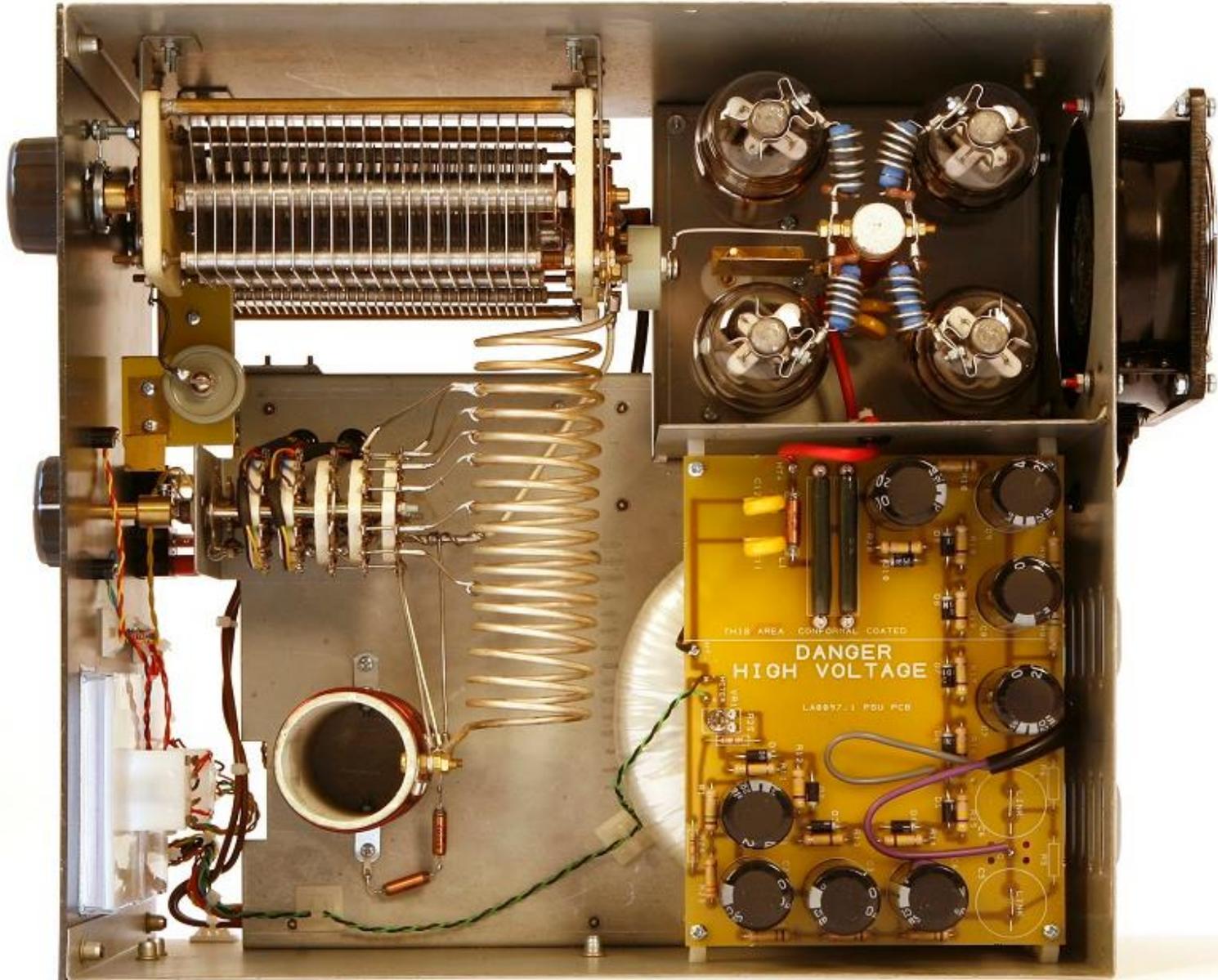


Figure b-3. Model L-4B Linear Amplifier Schematic Diagram

(AGC Threshold) **ALC** Schwelle einstellbar über R3 100k $\Omega$

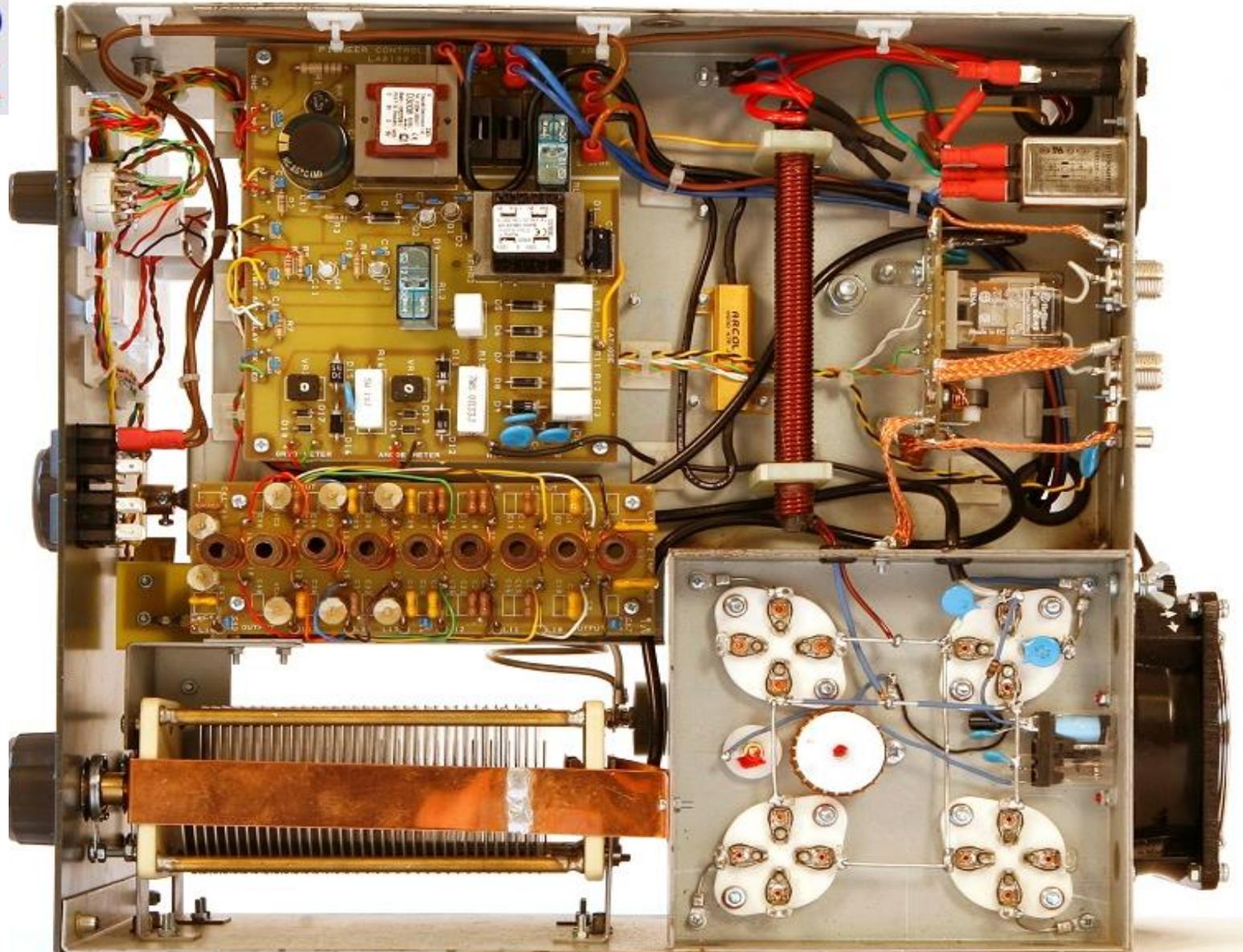
**Alt und bewehrt Drake L4B mit zwei 3-500Z**

# Röhrenendstufen neu entdeckt

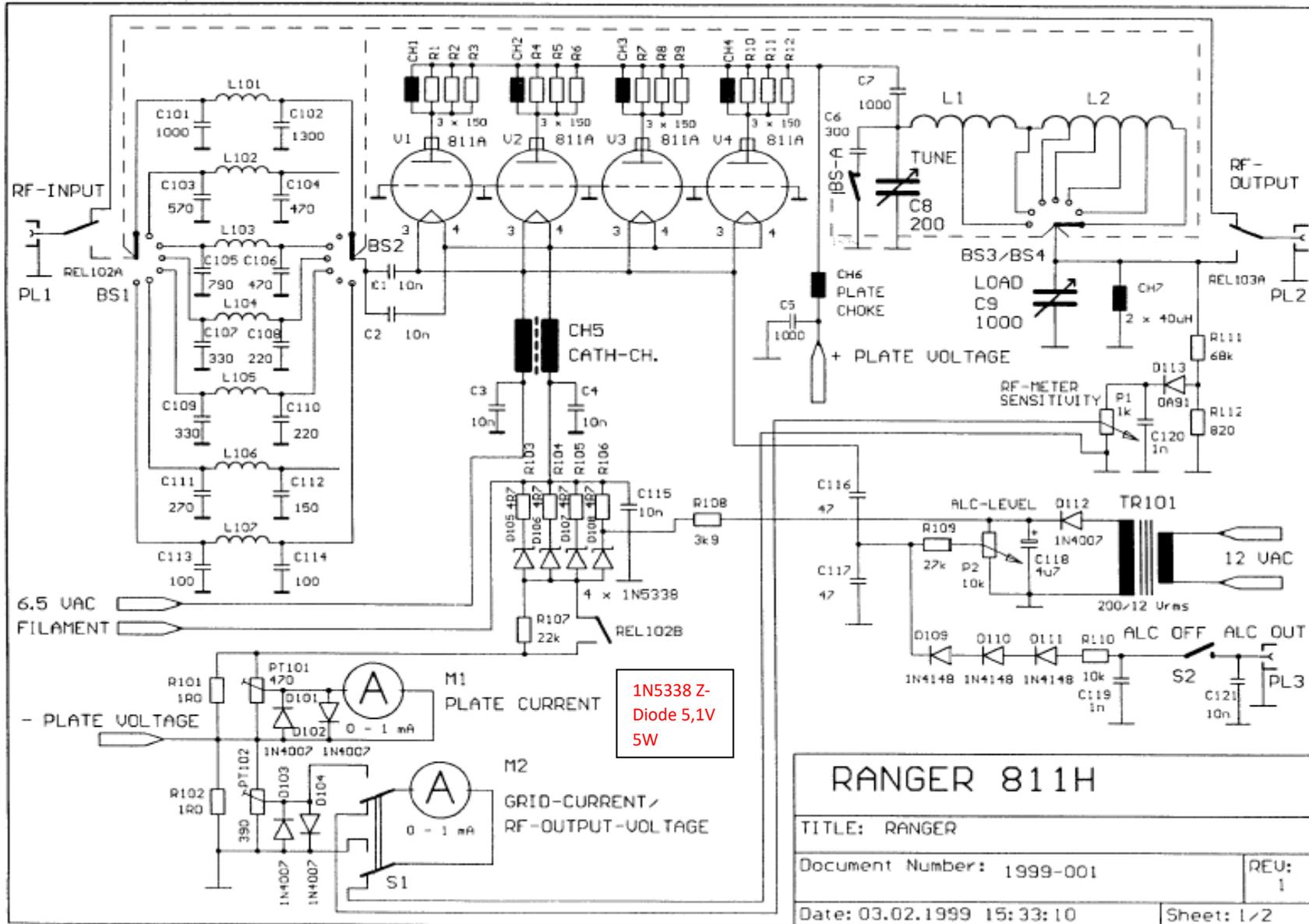


Ranger 811H Endstufe  
Aus England - simpel und  
einfach aufgebaut!  
*Ob sie noch angeboten  
wird?*

# Röhrenendstufen neu entdeckt



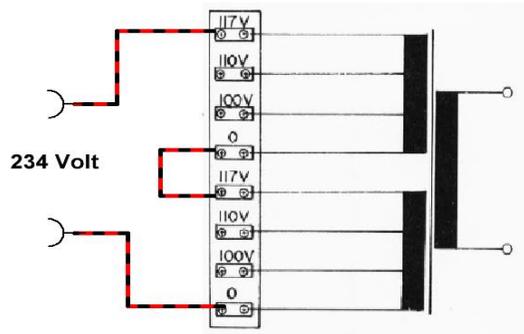
# Röhrendendstufen neu entdeckt



# Röhrenendstufen neu entdeckt

Begrifferklärung:

FL 2100 Trafo Umschaltung auf 234 Volt



**ALC** Abkürzung für „Automatic Level Control“ in der Funktechnik gebräuchliche Regelung, die eine Übersteuerung der Senderausgangsleistung verhindert. Durch Vermeidung der Übersteuerung der Senderendstufe werden starke Signalverzerrungen verhindert.

**AGC** „Automatic Gain Control“ Automatische Verstärkungsregelung oder auch **AVC** Automatic Volume Control, Automatische Verstärkungsregelung. Darunter ist die interne automatische Verstärkungsregelung eines Empfängers zu verstehen. Die Signalstärke schwankt am Antenneneingang des Empfängers periodisch entsprechend den Ausbreitungsbedingungen. Diese können schneller (Flutter) oder langsamer Fading sein. Die **AVC** kompensiert diese Schwankungen. Moderne Geräte kompensieren sogar Schwankungen der Signalstärke bis zu einer Größenordnung von > 100dB!

**Daten über die 3-500Z:**

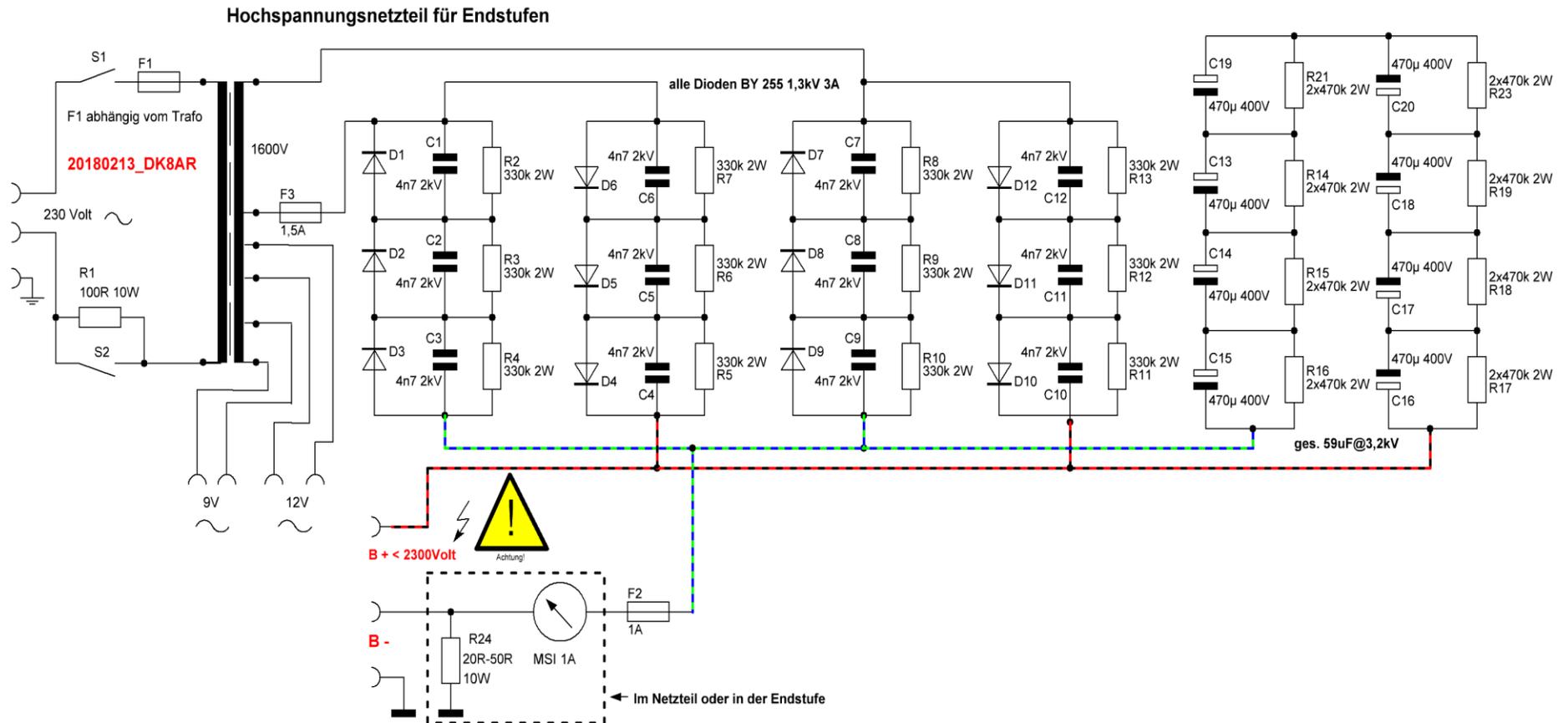
Typical Operation - Cathode Driven RF Linear Amplifier	
Plate Voltage .....	<b>2500 Vdc</b>
Cathode Voltage .....	0Vdc
Zero Signal Plate Current .....	<b>130 mAdc</b>
Single-Tone Plate Current (CW) .....	<b>400 mAdc</b>
Two-Tone Plate Current .....	<b>280 mAdc</b>
Single-Tone Grid Current .....	<b>120 mAdc</b>
Two-Tone Grid Current .....	<b>70 mAdc</b>
Single-Tone Power Input .....	1000 Watts
Useful Output Power (CW or PEP) .....	<b>600 Watts</b>
Resonant Load Impedance .....	3450 Ohms
Intermodulation Distortion Products	
Third Order .....	-33 dB
Fifth Order .....	-- dB
Driving Impedance .....	100 Ohms
Maximum Signal Driving Power .....	<b>46 Watts</b>

Oder alternativ eine 6156 (QB3,5-750) rechts im Bild mit 375W@2,5kV

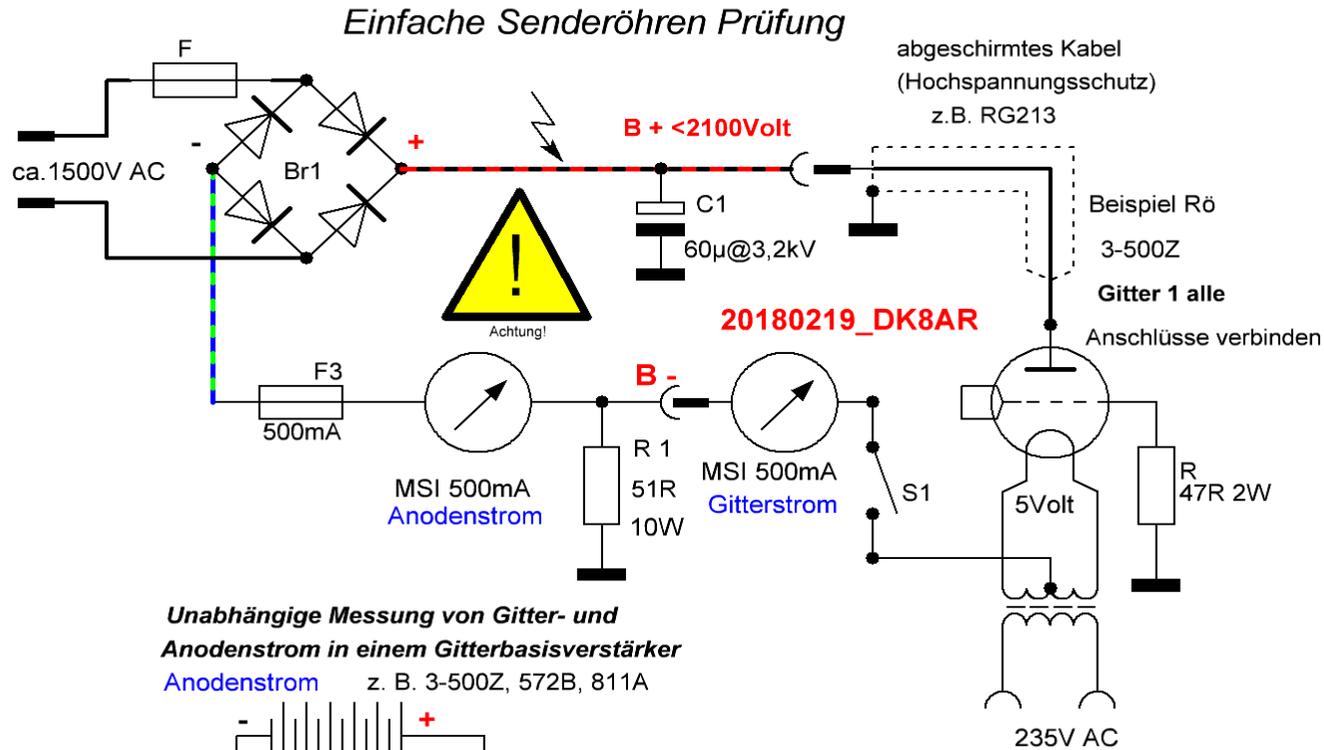


# Röhrendendstufen neu entdeckt

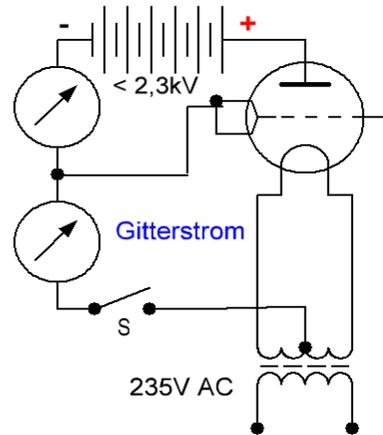
## Schaltplan eines Hochspannungsnetzteils mit Brückengleichrichter (DK8AR)



# Röhrendendstufen neu entdeckt



**Unabhängige Messung von Gitter- und Anodenstrom in einem Gitterbasisverstärker**  
 Anodenstrom z. B. 3-500Z, 572B, 811A



**Beispiel: Test einer 3-500Z**  
 Anodenspannung sei 2000 Volt  
 Ohne Signal sind beide MSI Anzeigen  $I = 95mA@2kV$   
 entsprechend der Röhrendaten  
 (ist der Strom deutlich kleiner- dann ab in die Mülltonne)

# Röhrenendstufen neu entdeckt

Ich hoffe, ich konnte damit den einen oder anderen Funkfreund für die „alte Röhrentechnik“ begeistern, ja vielleicht hat ja auch jemand Interesse am Selbstbau eines HF Röhren-Verstärkers. Wenn man sich die Bilder genau ansieht, ist eine Röhrenendstufe kein Hexenwerk sondern durchaus ein umzusetzendes Selbstbauprojekt. Oder man entschließt sich einen alten reparaturbedürftigen Verstärker zu erwerben, um diesen wieder zum Leben zu erwecken. Noch gibt es alte „Funkhasen“ die die Technik der Röhren beherrschen und die man gegebenenfalls auch einmal Fragen kann.

Ich kann nur sagen, auch im Zeitalter der Halbleitertechnik hat die Röhre noch nicht ihren Reiz verloren. Das Gute daran ist, kleine Fehler nimmt die Röhre hin - ein Transistor nicht! Und immer daran denken, eine Endstufe nicht bis zum geht nicht mehr aussteuern – die letzten 100Watt mehr bringen nichts als nur Ärger mit den andern Funkfreunden!

Und immer daran denken, die Verzerrungen 3. und 5. Ordnung (IMD) sollten **besser als -30dB bei maximaler Sendeleistung** sein. (*Distortion (lat./engl. für ‚Störung, Verzerrung‘) steht: in der Nachrichtentechnik die ungewünschte Verfälschung eines Signals durch einen Verstärker*).



<http://www.linamp.co.uk/> Hier gibt es sehr kräftige KW Endstufen z.B. mit 1,5kW Output mit **GS35 Triode** (8877) siehe Bild - auch welche von 0,472kHz bis hin zu 1296MHz

**Ich bedanke mich für Eure Aufmerksamkeit!**

**DK8AR Henri**