

Projekt Tsunami

oder

3 Jahre Arbeit wegen einer Wette um einen Kasten Bitburger

Burkhard, DF5XV, www.classicbroadcast.de, nennt eine Monster-PA von R&S namens VK20 sein eigen. Das Lebendgewicht dieser PA beträgt 1,6 t, sie benötigt einen eigenen, großen Raum mit definierter Zu- und Abluft und der Output erreicht unheimliche 20 KW, auch für RTTY. Als Ansteuersender ist ein R&S SK01 erforderlich. Burkhard hat eine offizielle Standortgenehmigung für 20 KW auf Kurzwelle von der BNA, zwar nicht für Amateurradio, aber für Broadcast. Solche Zahlenwerte für Sendeleistungen fordern die Kreativität eines gestandenen HF-Ingenieurs heraus. Nun ja, der Verfasser dieses Artikels bot Burkhard vor drei Jahren an, eine Endstufe zu bauen, die mehr als die halbe Ausgangsleistung der VK20 in der Betriebsart SSB ermöglicht, das jedoch bei Kofferraum tauglichen Ausmaßen (auch für Kleinwagen) und einem handhabbaren Gewicht. Burkhard sagte: Geht nicht. Also: Top, die Wette galt!

Nun sind drei Jahre vergangen und das Projekt mit dem Arbeitstitel „Tsunami“ ist nun endlich fertig. Als konstruktive Erschwernis kam hinzu, dass eine Eingangsleistung von nur 100 W, das kann jeder Amateur-Transceiver, ausreichen sollte, um die volle SSB-Ausgangsleistung von ca. 15 KW zu erzielen. Eine Gesamtverstärkung von etwa 21 dB ist technisch äußerst anspruchsvoll, denn keinesfalls sollte ein Power-Oszillator gebaut werden.

Die Röhre, die die technischen Erfordernisse für das Projekt „Tsunami“ ganz sicher und ohne an ihre Grenzen zu stoßen erfüllt, ist die 4CX10000D. Diese Tetrode hat nach dem Eimac

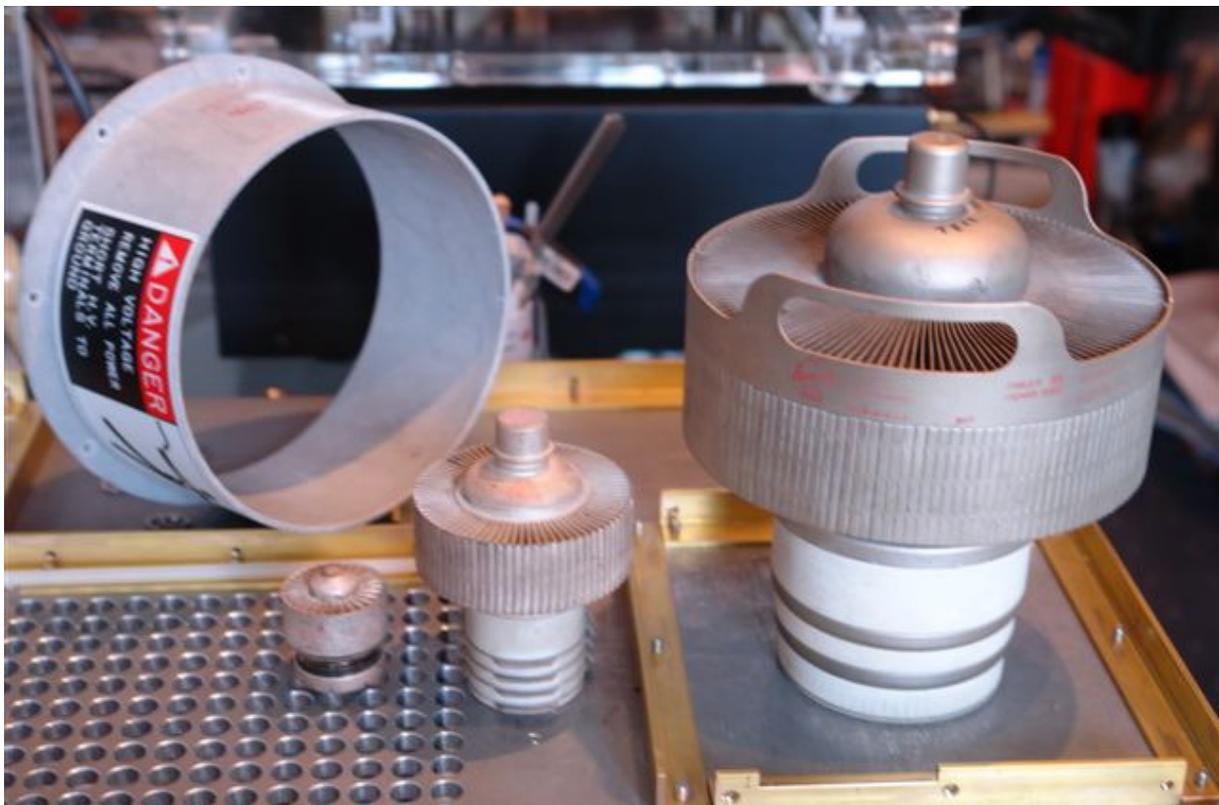


Abb.1: Größenvergleich: 4X150A, $P_v = 250 \text{ W}$ / 4CX1500B, $P_v = 1500 \text{ W}$ / 4CX10000D, $P_v = 12000 \text{ W}$
Durch 322 Löcher in der 8 mm-Bodenplatte wird Kühlluft (unter dem Trafo) angesaugt.

Datenblatt für SSB-Linearverstärker-Anwendungen eine Anodenverlustleistung von 12 KW (U_a , max: 7500 V, I_a , max: 4 A) und liefert innerhalb der von Eimac garantierten Daten eine Dauerträger-Ausgangsleistung von 16 KW. Die Anodeneingangsleistung beträgt in diesem Fall 25 KW. Wenn man nun hierzu noch die Heizleistung von 563 W, die Leistungen für Schirmgitter und Steuergitter hinzurechnet wie auch Leistungen für den Lüfter und weitere systembedingte Erfordernisse, so braucht man einen leistungsfähigen Drehstromanschluss. Der Sicherungskasten des hier schreibenden Funkers im Kleinfamilien-Häuschen stellt hierzu einen eigenen Anschluss mit 3 x 40 A bei 400 V, also eine Dauerleistung von 28 KVA zur Verfügung. Das ist für einen HF-Dauerträger von 16 KW gerade noch ausreichend – eine zusätzlich laufende Waschmaschine (am gleichen Anschluss) sollte dabei jedoch vermieden werden.

Bei SSB-Betrieb ist die Rechnung natürlich anders. Ohne Sprachkompressor ist bei einem OM-typischen Dauer-QSO die durchschnittliche Leistung nur 20 - 25% der Spitzenleistung, bei einem Kompressorgebrauch kann die mittlere Leistung bis auf 30% ansteigen. Der Anoden-Hochspannungstrafo der Tsunami-Endstufe ist auf 10 KVA dimensioniert, denn bei einer SSB Ausgangsleistung von 15 KW, einem Verstärker-Wirkungsgrad von 65% und einer mittleren Sprachleistung von übertriebenen 33% (bei schrecklicher Contest-Modulation) beträgt die erforderliche Trafoleistung 7,6 KVA. Ein 10 KVA Trafo ist somit mehr als ausreichend, um „inhaltsreiche“ Dauer-QSO's in SSB durchzuführen. Für den Fall, dass auch zwischendurch dem Gegenüber zugehört wird, ist diese Anodentrafo-Dimensionierung geradezu luxuriös.

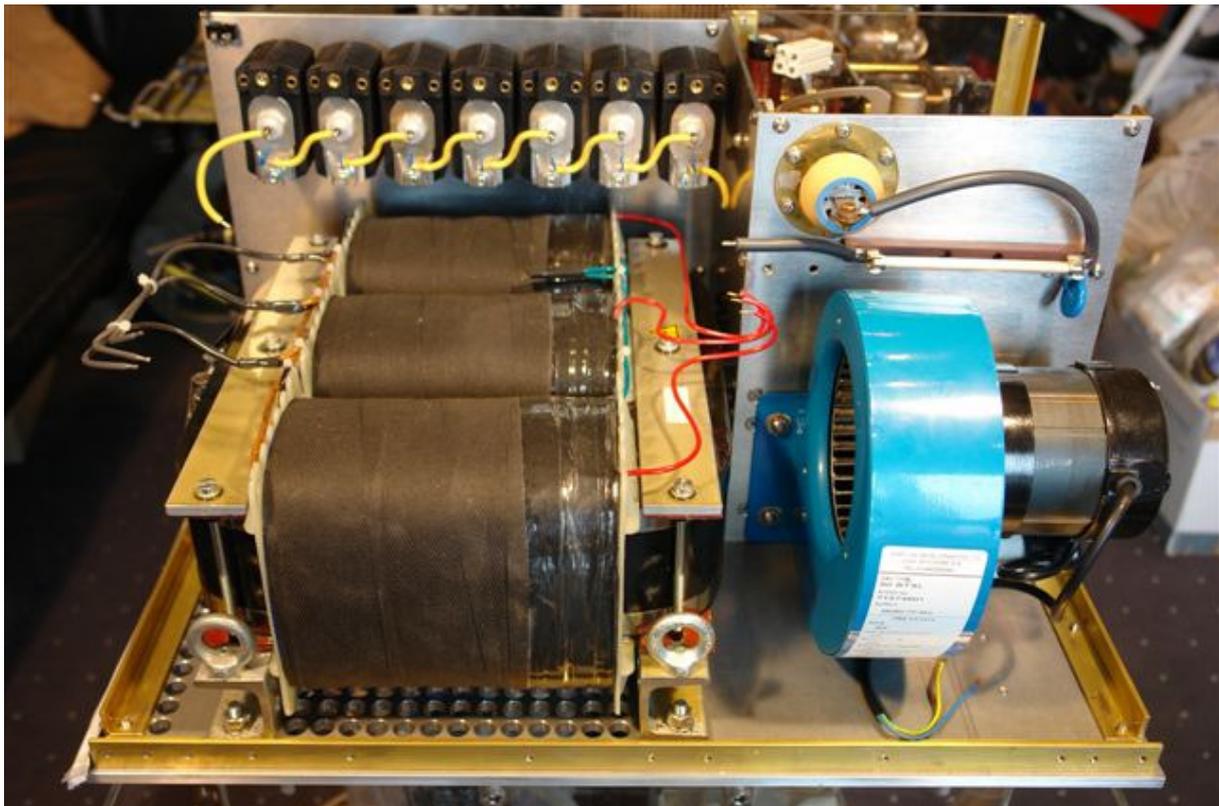


Abb. 2: 10 KVA Drehstrom-Anodentrafo mit Schnittbandkern: nur 70 Kg schwer, darunter die 322 12 mm Löcher, die einen besonders leisen Lufteintritt ermöglichen und den Trafo kühlen

Zusätzlich hat die „Tsunami“-Endstufe einen 1,2 KVA Ringkerntransformator für sämtliche erforderlichen Restspannungen. Zum Einschalten der gesamten Endstufe ist ein 1 VA Transformator auf der zentralen Hauptplatine vorgesehen. Das Einschalten erfolgt ganz sanft und nach genau 10 Sekunden ist die Endstufe für Full Power bereit.

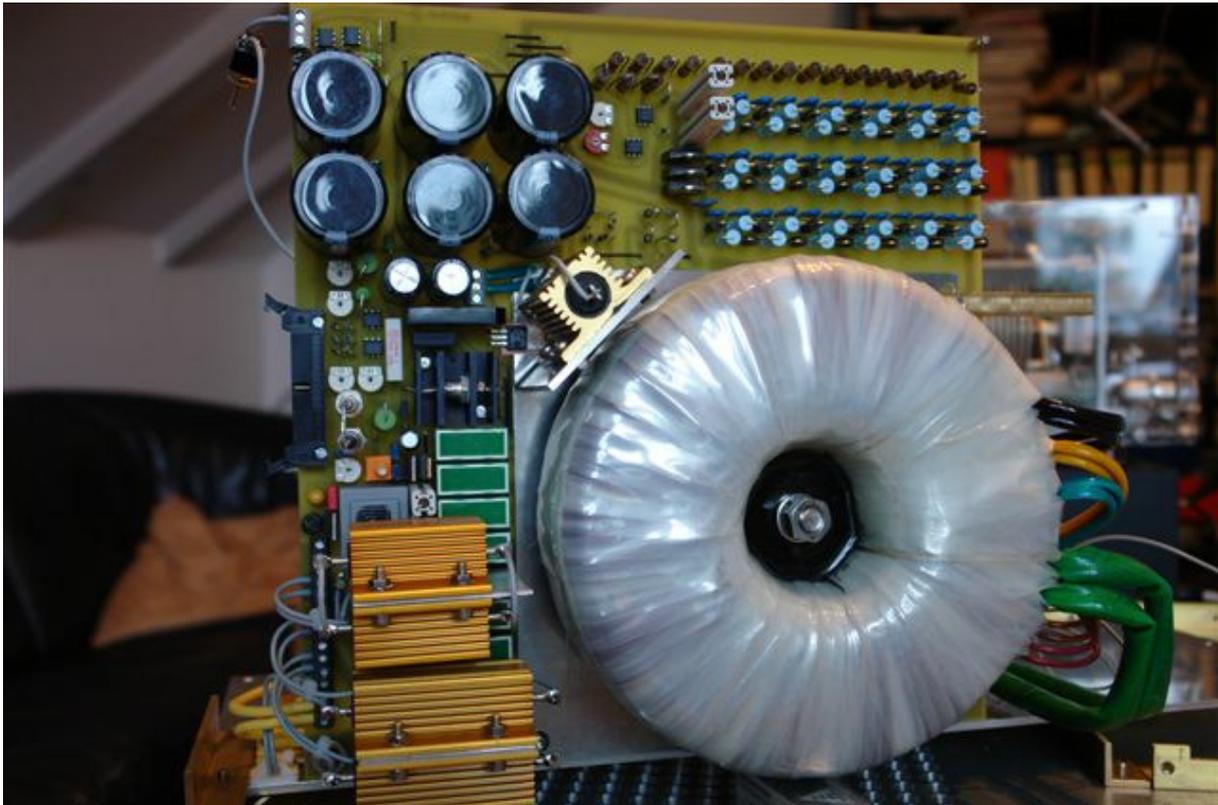


Abb. 3. Hauptplatine mit 1200 VA Ringkerntrafo (grüne Anschlüsse: 7,5 V - 75 A Heizstrom), 1 VA Trafo (Mitte rechts, halb unter goldenem Widerstand) zum Einschalten, 7800 V Drehstromgleichrichter (oben rechts), golden-farbene Einschaltwiderstände (3 x 68 Ohm, 100 W, unten links), Teile der elektronischen Regelung des Steuergitters (Mitte links)

Nachdem die Dimensionierung der wesentlichen Bauelemente feststand, wurde dem Ehrgeiz geschuldet, der Welt einzige Desk Top Endstufe mit einer 4CX10000D zu konstruieren, die auf jedem vernünftigen Stations-Tisch Platz hat. Eine 15 KW SSB-Endstufe kann nicht kleiner gebaut werden: Die gesamte Höhe der „Tsunami“ beträgt nur 31 cm. Zwischen Röhrensockel und Gehäuseboden sind nur 8 mm Luft und 1000 V Spannung. Zwischen Anode der Röhre und Gehäusedeckel sind nur 22 mm Luft und 7000 V Spannung. Zwar sind diese Abstände auch bei besonders hoher Luftfeuchtigkeit (z.B. infolge DX Tätigkeit) völlig ausreichend, aber kleinere Abstände: nein! Auch die Breite der Endstufe ist durch den Anodentrafo und die Rollspule auf optimierte 57,5 cm reduziert. Das gleiche gilt für die Gehäusetiefe: 58,5 cm. Kleiner geht eine 15 KW SSB-Endstufe ganz sicher nicht.

Der Kühlluftstrom wurde optimiert. Kalte Luft wird unterhalb des Anodentrafos angesaugt, kühlt damit denselben. Sie wird sodann auf dem kürzest möglichen Weg oberhalb der Anode etwas angewärmt ausgeblasen. Es wurde natürlich der bestmögliche und leiseste Lüfter, der am Markt erhältlich war, eingebaut und über eine vibrationsarme Gummidichtung mit dem Gehäuse verbunden. Selbstverständlich ist der Luftstrom des Radiallüfters auf der ganz sicheren Seite dimensioniert. Bei Empfang wird die Lüfterdrehzahl aus Gründen der Geräuschminimierung deutlich herabgesetzt. Beim Senden wird jedoch etwas mehr als die erforderliche Luftmenge durch die Endstufen-Röhre geführt. Dieser Vorgang ist nicht unhörbar. Selbst bei Dauerbetrieb bleibt die Endstufe recht kühl.

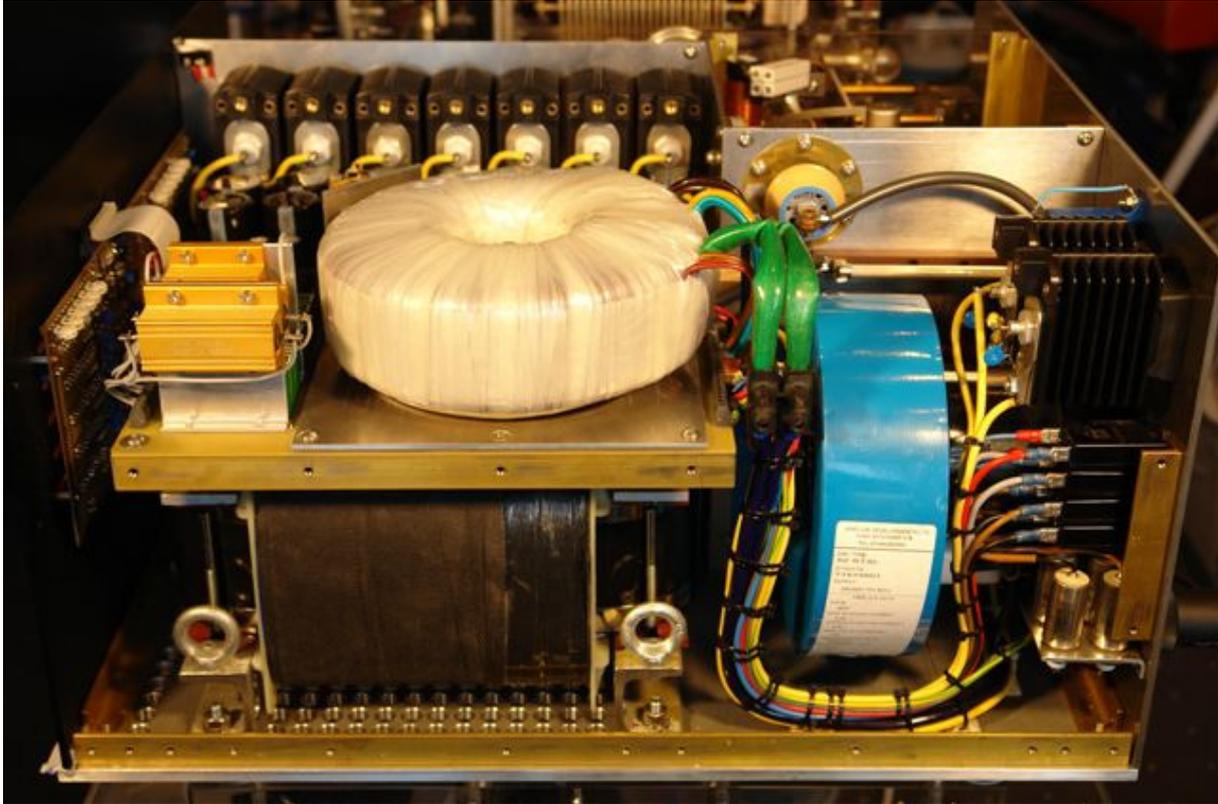


Abb. 4: Unten: Drehstrom-Anoden-Transformator mit 10 KVA, darüber zentrale Steuerplatine mit Ringkerntransformator mit 1200 VA (grüne Leitungen: 7,5 V / 75 A Heizstrom), Lüfter (blau), 7 x Zenerdioden (je 50 W) für Schirmgitter (oben, hinter Ringkerntrafo). Zwei Zenerdioden (je 50 W) als Vorspannung der präzisen elektronischen Spannungsregelung für das Steuergitter sind an der Rückwand montiert. Anodensicherung und Durchführungskondensator (oben rechts), Frontplatte mit Anzeigeplatine und digitaler Steuerung sämtlicher Schaltvorgänge (auf 1/100 Sek. genau) der Endstufe sowie mit Steuerlogik für die Motoren der beiden Vakuumdrehkondensatoren (Mitte Rand, ganz links)

Den Aufbau der Endstufe ohne Frontplatte zeigt Abb. 5. Ein Flachbandkabel verbindet die zentrale Netzteilplatine mit der Anzeige- und Steuerplatine direkt hinter der Frontplatte. Diese Anzeige- und Steuerplatine enthält auch die gesamte Ablauf-Logik der Endstufe wie auch die Darlingtont-Transistoren zur direkten Ansteuerung sämtlicher Leistungsrelais. Ganz sicher wird kein Leistungs- und HF-Relais unter Last geschaltet. Deshalb arbeiten selbst die Vakuum-Relais unter Idealbedingungen. Abb. 6 zeigt den Aufbau der Frontplatine ohne den Tastern und den Schaltern. Übrigens: LED-Anzeigen haben den Vorteil, trägheitslos PEP-Werte anzuzeigen.

Voraussetzung für den stabilen Betrieb einer Endstufe mit einer Verstärkung von 21 dB ist eine Transformation der Eingangsspannung auf den erforderlichen Wert für die Röhrenansteuerung (ca. 245 V), eine sehr gute HF-technische Isolation zwischen Röhreneingang und Röhrenaussgang und zusätzliche eine Neutralisierung der Röhre. Die sehr gute Isolation zwischen Röhrenein- und -ausgang wurde dadurch erreicht, dass das Schirmgitter galvanisch auf Masse gelegt und zusätzlich ein mechanisches Lochgitter zwischen Schirmgitter und Anode der Röhre installiert wurde. Dieser Aufwand ist in Abb. 7 ersichtlich. Über diesen mechanischen Aufwand wurde in veröffentlichten Beschreibungen nie berichtet, er dürfte deshalb neu sein. Das Schirmgitter wurde mittels acht induktionsarmer Verbindungen auf Masse gelegt. Die Abb. 7 zeigt auch die Anodendrossel mit 112 uH und den 8 KV Durchführungskondensator. Die Anodendrossel wurde in der fertigen Endstufe mit einem justierbaren Kurzschlussring (Silberdraht mit Teflonummantelung) versehen, um zwei Resonanzstellen jeweils genau mittig zwischen Amateurbänder zu legen.

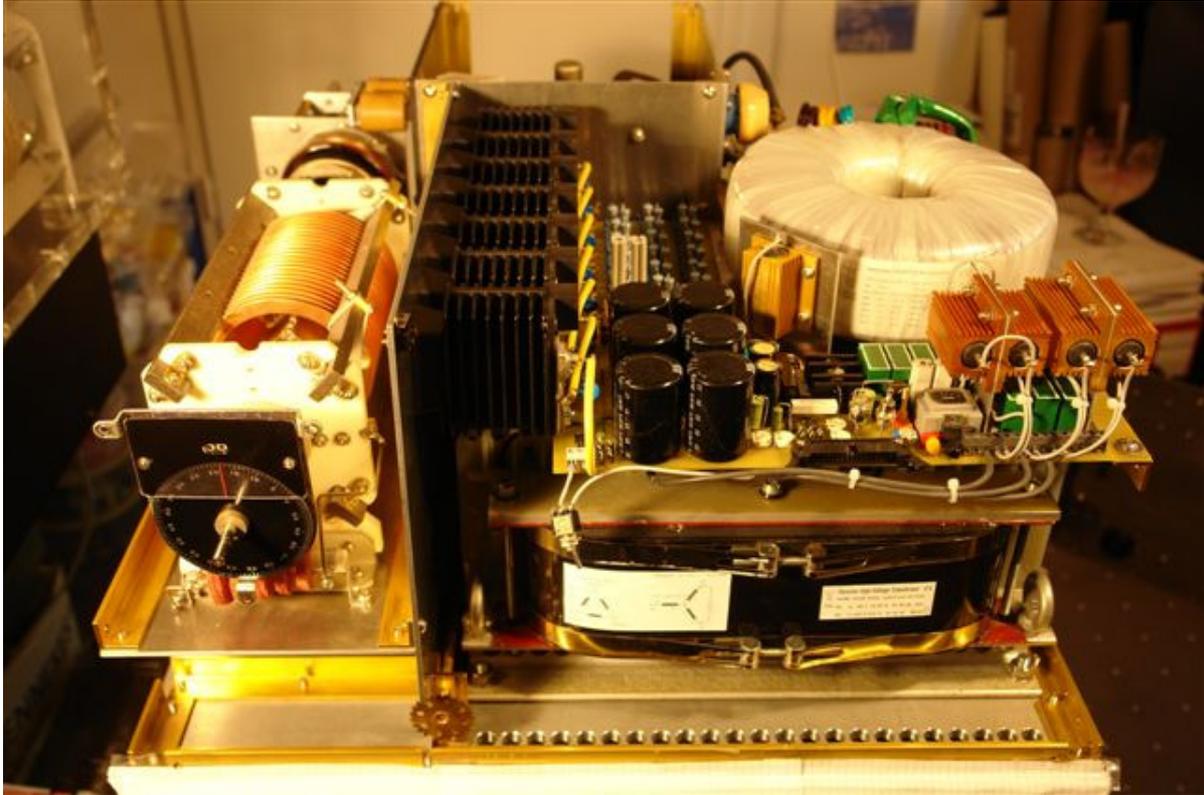


Abb. 5: Ansicht von vorne ohne Frontplatte, Seitenteile und Rückwand. Drehstrom-Hochspannungs-Anodentransformator (unten rechts), Zentrale Netzteilplatte mit Ringkerntransformator (über Anodentrafo), 7 x Zenerdioden für Schirmgitter (Mitte oben), Rollspule (oben links), Zahnrad (unten Mitte) zum Schalten der Steuergitter-Transformationsglieder (Kompensation der Röhren-Eingangskapazität und Neutralisation der Senderöhre, 11 Schaltstellungen für alle KW-Bänder)

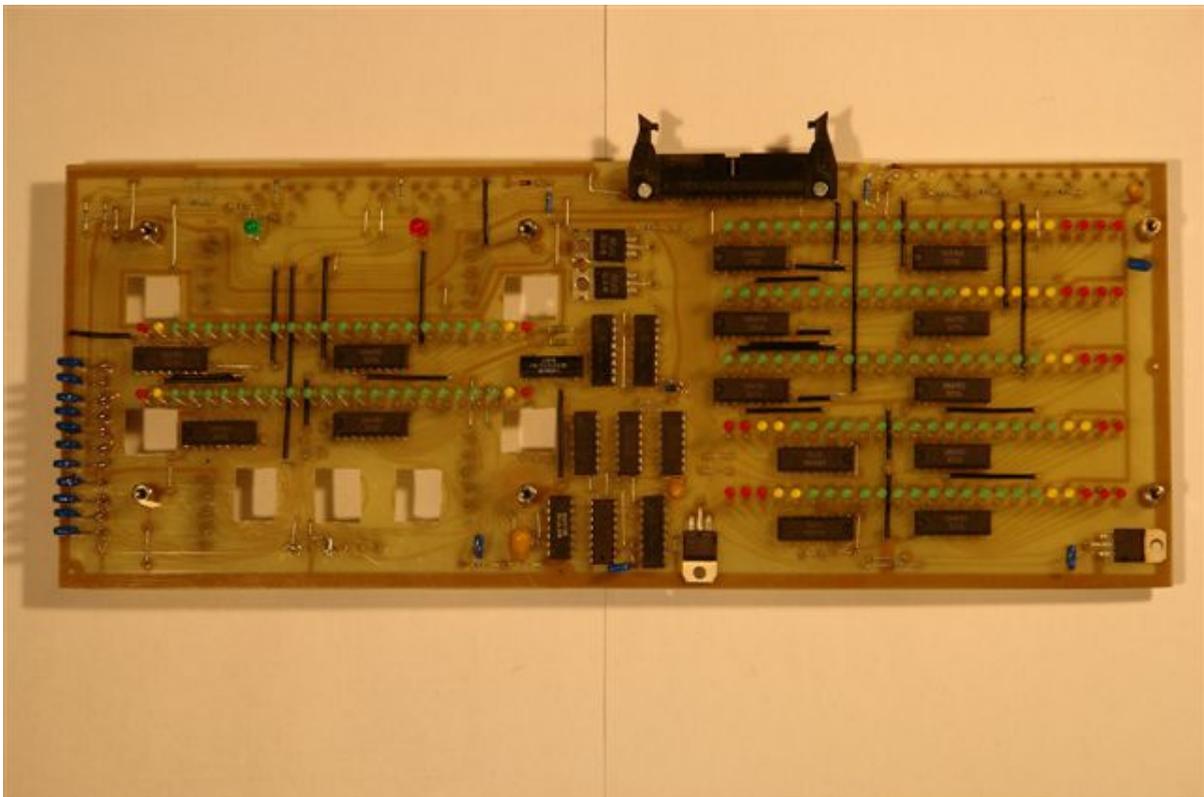


Abb. 6: Anzeige- und Steuerplatine: 8 IC's in der Mitte steuern alle PA-Funktionen auf 1/100 sec genau

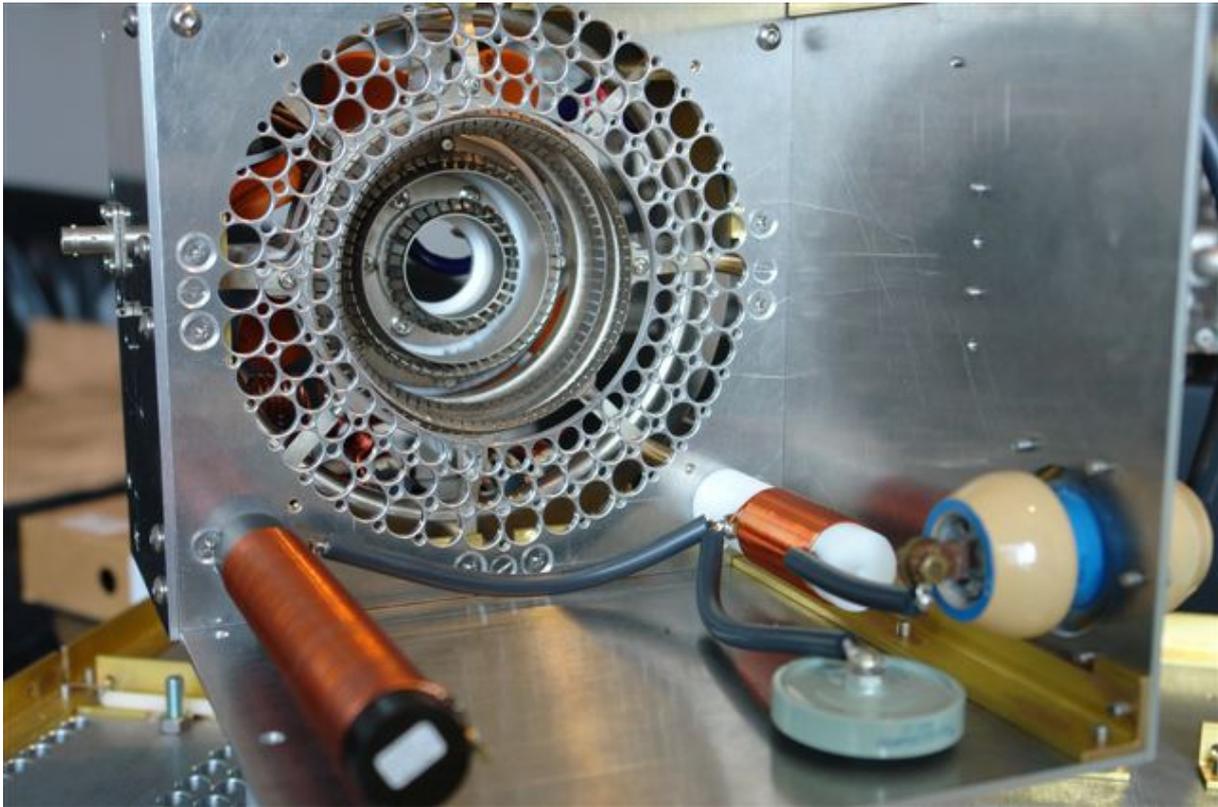


Abb. 7: HF-technische Isolierung des Gitterraums vom Anodenraum durch 4 mm dickes Lochblech. Direkt hinter dem Lochblech sind die acht induktionsarmen Masseleitungen des Schirmgitters sichtbar. Anstelle der zweiten, kleineren Induktivität wurde später der 2 pF Kondensator für die Neutralisation montiert.

Die modulare Röhrenbaugruppe zeigt Abb. 8 in der Ansicht von der Gitterseite her. Die blauen Kabel (2 x 16 mm²) führen die Heizspannung (7,5 V / 75 A). Die orangen-farbigen Keramik-kondensatoren (4,7 nF / 6,3 KV) sind die Abklatsch-Kondenstoren, die auf kürzestem Weg die Kathode HF-technisch erden. Rechts oben ist der Eingangstransformator sichtbar. Dieser 1:4 Transformator wurde im endgültigen Aufbau durch einen mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:9 (Verdreifachung der Spannung) ersetzt. Der großzügig dimensionierte HF-Eingangswiderstand hat 450 Ohm bei 500 W Leistungsaufnahme. Die Bandumschaltung erfolgt mit einem 11-poligen Drehschalter. Im endgültigen Aufbau erhielt dieser Schalter zwei Ebenen, eine zur Optimierung des Eingangs-SWR's, die andere zur Neutralisation. Die Kompensationsspulen für die verschiedenen Bänder sind in der Abbildung teilweise sichtbar. Der modulare und kompakte Aufbau der Röhreneinheit ist sehr stabil und gut zugänglich für Service-Zwecke und Optimierungen. Die Arbeiten zur Neutralisierung dieser Einheit erfolgten mit angelegter Heiz- und Steuergitterspannung. Jedes einzelne Band wurde dabei jeweils hinsichtlich des Eingangs-SWR's und der Neutralisierung mit viel Aufwand optimiert. Jedes Band hat eine Schalterstellung, das breite 10 m-Band erforderte jedoch drei. Diese Optimierungsarbeiten waren langwierig, jedoch sind sie der wesentliche Schlüssel für den Erfolg. Die Tsunami-Endstufe arbeitet bereits ohne Neutralisation stabil. Die Verstärkung ist in diesem Fall jedoch geringer und der Verstärkungsfaktor ist etwas frequenzabhängig. Für die perfekte Funktion bei 21 dB Verstärkung müssen alle Register der technischen Möglichkeiten gezogen werden. Das Ergebnis der souveränen Produktion an hemmungsloser Leistung entschädigt jedoch für die Mühe der aufwendigen Abstimmungsarbeiten. Mit 5 W Eingangsleistung werden bereits 750 W Ausgangsleistung erzielt. Bei 30 W Input beträgt der Output 4400 W. Auch bei 100 W SSB-Eingangsleistung ist der Verstärkungsfaktor derselbe, bzw. der Output beträgt (40 m) 14,6 KW. Die unterforderte Röhre zeigt immer Wohlbefinden und lässige Leistungsbereitschaft...

Nur die Lizenzbedingungen haben keinen Humor dabei, falls die Antenne als Lastwiderstand erhalten sollte. Ein 5 KW Dummy Load von Bird hatte leider auch keinen Humor und verabschiedete sich lautstark nach ca. 6 Sekunden Last mit 10 KW (die Aufnahme zu Bild 14 dauerte so lange). Insgesamt war das Bauen das alleinige Ziel, natürlich neben dem noch ausstehenden Kasten Bitburger, falls die Wette gewonnen werden sollte...

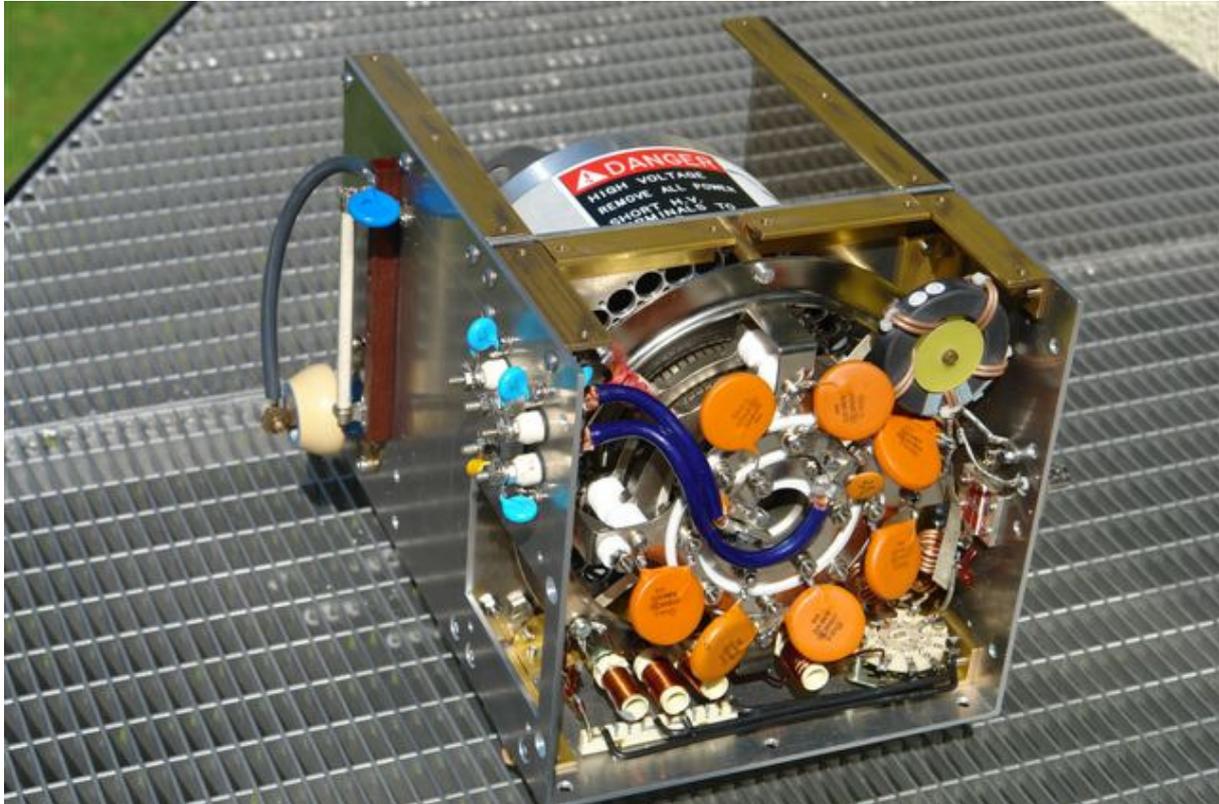


Abb. 8: Gittereingang: Einstellbare Input-Spulen (Unten), HF-Eingangswiderstand (Mitte rechts), HF-Transformator (Oben rechts), 11-pol. Band-Umschalter (Unten rechts), Sonstiges: siehe Text

Das Ausgangs-Transformationsnetzwerk (Pi-Filter) ist aus Abb. 9 ersichtlich. Rollspule und Zählwerk sind rechts, die massive 10 m-Spule ist in Bildmitte oben. Der 500 pF / 15 KV Vakuum-Drehkondensator in Verbindung mit dem 2500 pF / 5 KV Vakuum-Drehkondensator bestimmen im kapazitiven Verhältnis zu einander die Anpassung der Röhrenausgangsimpedanz (ca. 3.700 Ohm) an die 50 Ohm des Output-Koaxialkabelanschlusses. Natürlich ist der 500 pF Kondensator in erster Linie für die Resonanzabstimmung verantwortlich. Bei einem solchen Pi-Filter, bestehend aus genau diesen Komponenten kann jede Arbeitsfrequenz im Bereich 1,8 – 29,7 MHz kontinuierlich eingestellt werden. Darüber hinaus kann auch die Güte des Pi-Filters gleichfalls kontinuierlich nach Erfordernis bestimmt werden. Dies sind natürlich deutliche Vorteile gegenüber Pi-Filtern mit HF-Schalter. Der Vakuum-Drehkondensator kann bei voller HF-Last völlig problemlos gedreht werden, sein Variationsbereich beträgt ca. 1:100, der von Luftdrehkos nur ca. 1:10. Der einzige Nachteil eines solchen Netzwerks ist der vielfache Preis der Komponenten im Vergleich zum geschalteten Netzwerk mit Luftdrehkos. Dies ganz abgesehen davon, dass die üblichen Bauteile bei der hier vorhandenen HF-Leistung schnellstens abrauchen würden. Ein getastetes Signal (1 KHz, mit 20 Hz getastet, Ein- zu Aus-Verhältnis: 1:2) dient zum schnellen und präzisen Abgleich des Pi-Filters. Dieses Signal ist in die Mikrofonleitung eingeschleift und gewährleistet die perfekte SSB-Abstimmung:

<http://www.mydarc.de/dc9tm/> .

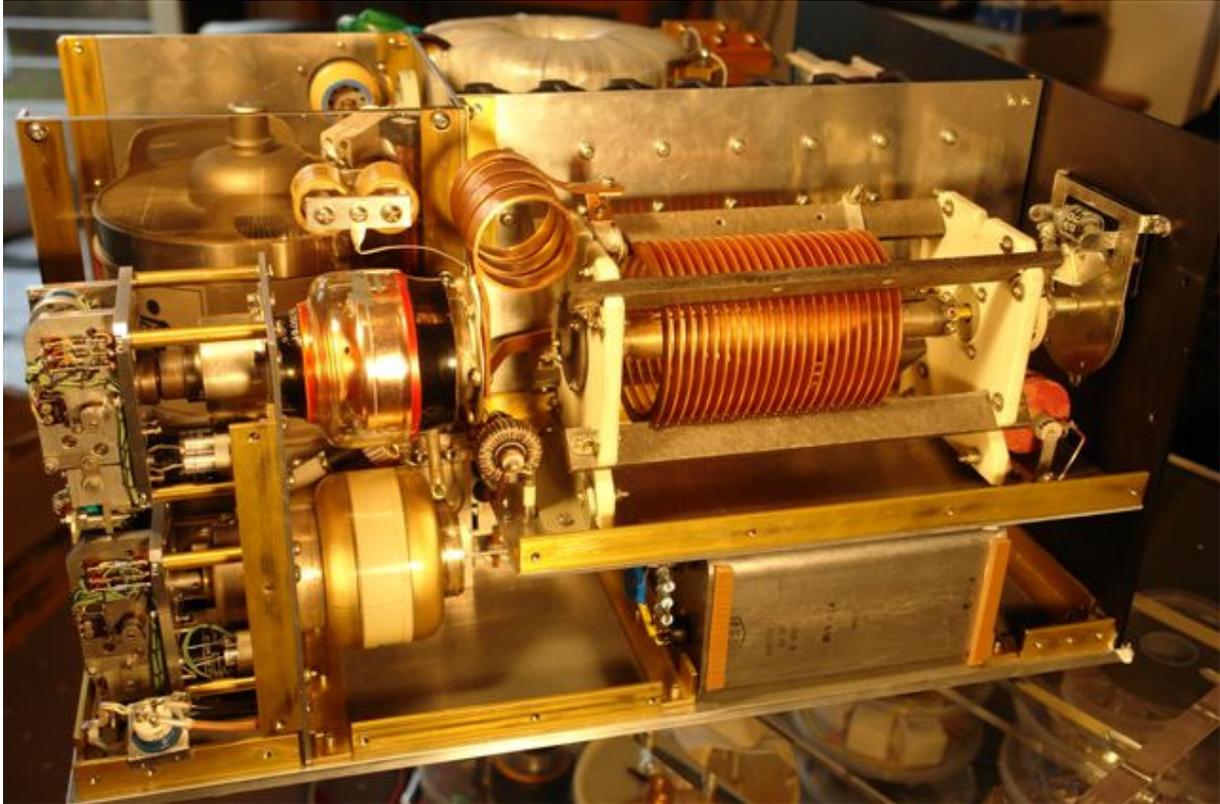


Abb. 9: Pi-Filter mit Rollspule mit Zählwerk (rechts oben), 10 m-Spule (Mitte oben) und zwei motorgesteuerte Vakuumdrehkondensatoren, oben 500 pF (15 KV); unten 2,5 nF (5 KV). Unten rechts: Zwei MP-Kondensatoren (je 32 uF / 6 KV, also insgesamt 16 uF / 12 KV) für die Anodenspannung

Der Verfasser verfügt nur über einen 100 W Transceiver. Deshalb enden die gemessenen Ausgangsleistungen bei 14,6 KW SSB (40m). Falls dies nicht ausreicht, so kann die Tsunami-PA bei höherer Eingangsleistung noch mehr Ausgangsleistung produzieren. Die Entscheidung jedoch, Limits einzuhalten, hat der Operator selbst zu treffen und dies fordert seinen Charakter...



Abb. 10: Endstufe ohne Rückwand, rechts Motorantriebe für die beiden Vakuum-C's

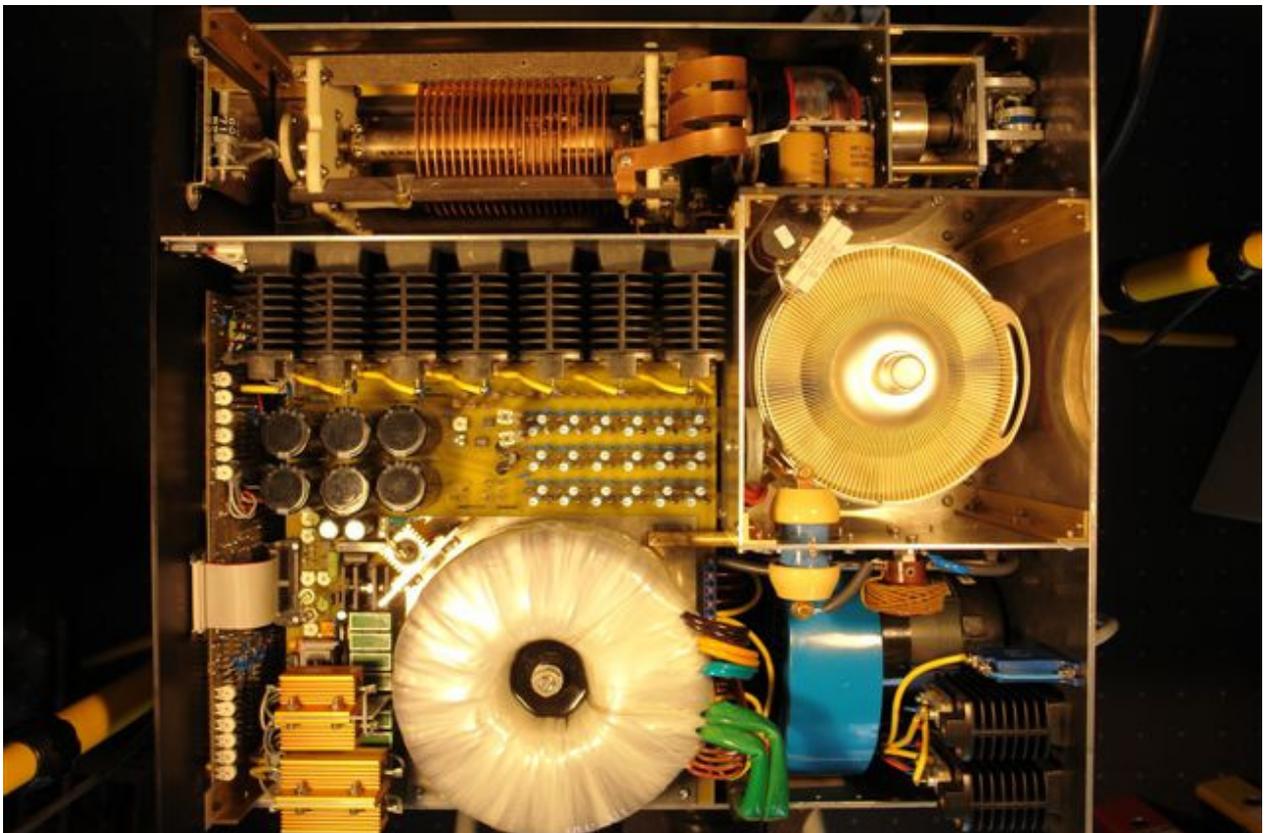


Abb. 11: Fertige Tsunami-Endstufe; Ansicht von oben, die nigelnagelneue Röhre strahlt und lacht!

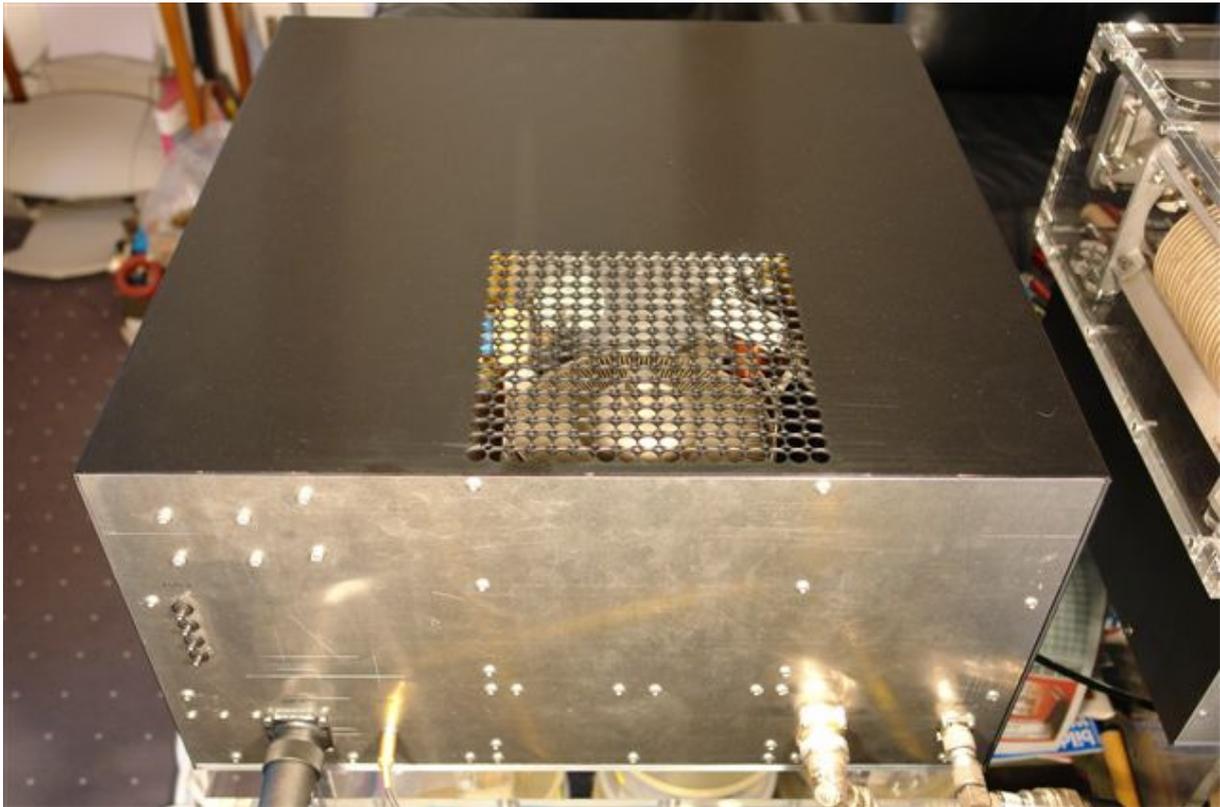


Abb. 12: Tsunami-Endstufe; Ansicht von hinten (von links: 4 Hauptsicherungen (Automaten), Drehstromanschluss (5 x 32 A, 400 V), PTT (Cinch), Output (7/16), Input (SO239))



Abb. 13: Fertige Tsunami-Endstufe auf Tsunami-tragfähigem Acryl-Glastisch, Spezialanfertigung



Abb. 14: Fertige Tsunami Endstufe: Weiß jemand von einer kleineren 15 KW SSB Output Endstufe?

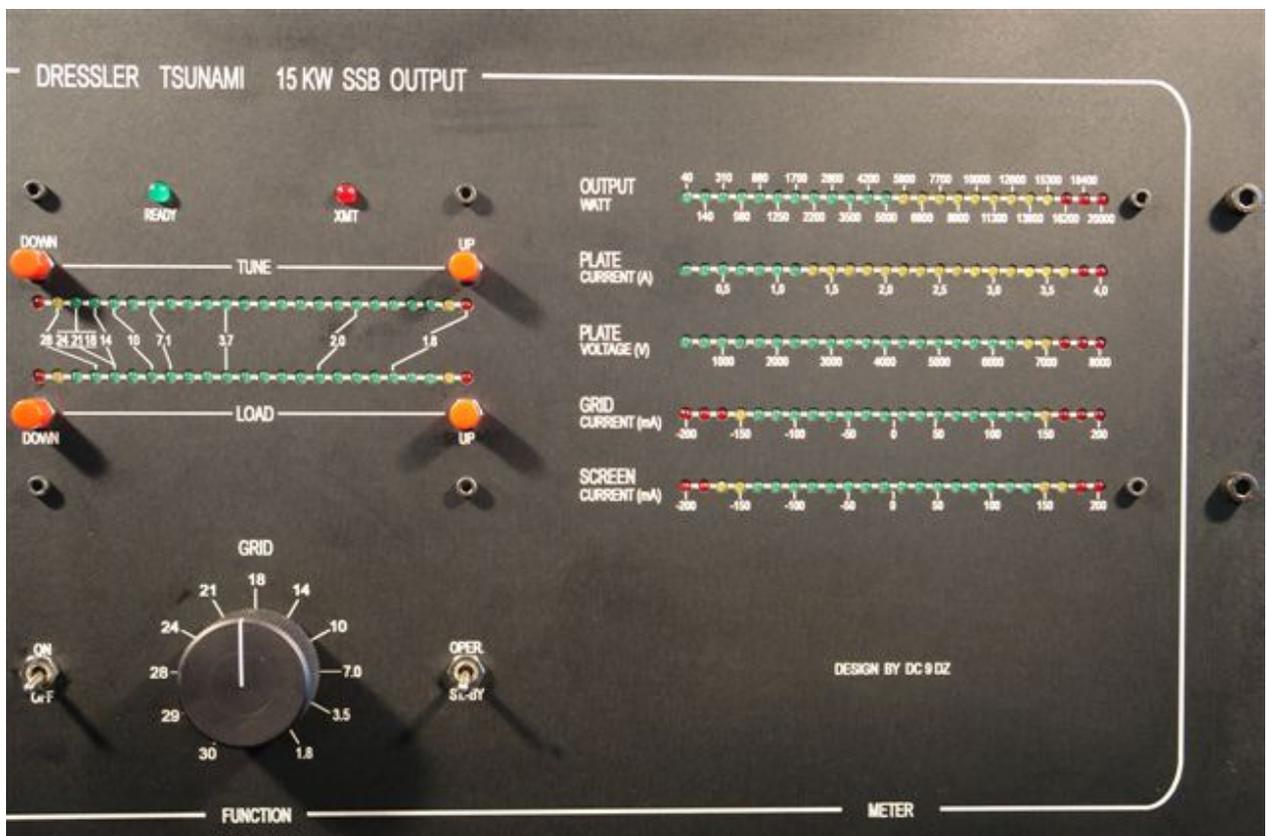


Abb. 15: Detail-Ausschnitt der lasergravierten Frontplatte

Data of Tsunami RF Linear Amplifier

RF linear amplifier covers all HF amateur bands from 1.8 MHz to 29.7 MHz

3 Power supply transformers	10000 VA , 1200 VA & 1 VA
Plate voltage at full output power	6500 V
Screen voltage, stabilized	1000 V
Grid voltage, regulated	- 245 V +/- 20 V
Filament	7.5 V / 75 A

Input SWR in the middle of band	
160 m – 30 m	1 : 1.25
20 m	1 : 1.35
15 m	1 : 1.45
12 m – 10 m	1 : 1.65

Gain (1.8 – 29.7 MHz)	20 - 21.6 dB
-----------------------	--------------

Neutralization 1.8 – 29.7 MHz:

Isolation between input and output	45 – 50 dB
------------------------------------	------------

Output with:	5 W Input: 0.75 KW	Input: SSB Signal:
	10 W Input: 1.5 KW	33% of full 1 KHz Modulation
	20 W Input: 2.9 KW	on / off Ratio 1:2, Interruptions: 20 Hz
	30 W Input: 4.4 KW	
	40 W Input: 5.8 KW	Equipment:
	50 W Input: 7.3 KW	R&S 20 KW Dummy Load
	60 W Input: 8.7 KW	Bird Power Meter
	70 W Input: 10.1 KW	
	80 W Input: 11.6 KW	Measurements
	90 W Input: 13.1 KW	on 7.1 MHz
	100 W Input: 14.6 KW	

Harmonic output	50 dB below rated output
-----------------	--------------------------

Intermodulation distortion	35 dB or better
----------------------------	-----------------

Tube	Eimac 4CX10000D
------	-----------------

Input network:

1:9 Transformation, 450 Ohm, 500 W HF Resistor, Tube Input Reactance Compensation & Neutralization for each band, 11 pol. Bandswitch, two levels

Output network:

Roller inductor 20 uH & 2 motorized vacuum capacitors 500 pF / 15 KV and 2.5 nF / 5 KV

Metering: Display of all parameters – no switching

Computer control of all switching functions: No relais switching under power conditions

Soft start inrush, 10 sec delay time for full power

Turbine blower with 2 speeds

Well regulated screen and grid supply for +ve and -ve currents as well as current limiting to protect the tube and minimize the IMD. It's impossible to override the screen and grid dissipation at any working conditions

The finish is of high quality black eloxial alumina

Dimension	575w x 310h x 585d mm
-----------	-----------------------

Weight	132 Kg
--------	--------

Accessory (for Icom-Transceivers)	Modul for optimized tuning (1 KHz; on / off: 1:2, 20 Hz)
-----------------------------------	--

Price:	Very low: About 1.7 €/W (1.7 €/W x 14.6 KW = 24.8 K€)
--------	---

Anmerkungen zu den Messungen

Die Outputmessungen mit der Tsunami-Endstufe zeigten, dass sie zu höheren Frequenzen hin tendenziell etwas abnahmen. Dies lag hauptsächlich am ICOM Steuersender (IC 7400); er reduzierte seinen Output mit zunehmender Frequenz. Laut seiner eigenen Anzeige gaukelt er jedoch immer 100 W Output vor. Beispielsweise war der tatsächliche Output auf 10 m incl. Tuner jedoch bei nur noch 74 W.

Prinzipiell sind die in der Tsunami-Endstufe verwendeten HF-Bauteile aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit natürlich nicht räumlich klein. Damit sind die Signalwege und die Streukapazitäten zwangsläufig deutlich größer als z.B. bei einer 1 KW-Endstufe. Trotzdem ist es gelungen, den gesamten Frequenzbereich von 160 m bis 10 m mit beeindruckenden Ausgangsleistungen abzudecken. Die aufwendige Rollspule ermöglicht zwar eine kontinuierliche Variation der Arbeitsfrequenz über einen großen Frequenzbereich; sie hat jedoch den Nachteil, dass aufgrund der gleich bleibenden Windungen die Erfordernisse bei Frequenzvariationen, wie z.B. an den Skin-Effekt nicht berücksichtigt sind. In geschalteten Pi-Filtern werden die jeweiligen Spulenparameter, wie Windungsdurchmesser, Dicke der stromführenden Schicht sowie der Windungsabstand, den beabsichtigten Frequenzbereichen angepasst. Damit ist ein gleichmäßiger Output über den gesamten Frequenzbereich möglich. Bei geschalteten Pi-Filtern ist die Güte des Schwingkreises durch festgelegte Anzapfungen vorgegeben. Bei Rollspulen kann sie stufenlos eingestellt werden. Für das Projekt „Tsunami“ wurde besonderer Wert auf Belastbarkeit und Zuverlässigkeit gelegt und die eingesetzte Rollspule unter diesem Gesichtspunkt aus einem Fundus aus 8 verschiedenen Spulen ausgewählt. Mit dieser Rollspule konnten nach einem Umbau des Schleifers zudem die kürzestmöglichen Kontakt-Wege zu den beiden Vakuum-Drehkö's realisiert werden. Die Motorsteuerung der Vakuum-Drehkö's war hierbei die Voraussetzung für die bestmögliche Platzierung dieser Kondensatoren. Nur mit diesen „Kunstgriffen“ war es möglich, den Frequenzbereich der Tsunami-Endstufe über den gesamten Bereich der Kurzwelle, einschließlich des Mittelwellenbereichs des 160 m Bandes abzudecken. Die kleine Variation im Verstärkungsfaktor der Ausgangsleistung in den einzelnen Bändern kann durch unterschiedliche Eingangsleistungen ausgeglichen werden.

Die Leitungsfähigkeit der aufgebauten Tsunami ist für übliche Amateurverhältnisse deutlich entrückt. Selbstverständlich muss man sich hier ganz besonders mit der Leistungsfähigkeit von Antennen, Antennenkopplern, Kabelverbindungen u.s.w. auseinandersetzen. Eine 165 m lange Loop-Antenne, eine vernünftige Hühnerleiter und ein ausreichend dimensionierter Antennenkoppler ermöglichen prinzipiell problemlosen Funkbetrieb auf sämtlichen hier in Rede stehenden Bändern. Jedoch verbietet sich die ungehemmte Überschreitung der gesetzlichen Vorgaben. Da der Verfasser diese Regeln einhält (meistens erfolgreich), steht die Tsunami zum Verkauf an; natürlich muss vorher die Wette noch gewonnen werden.

Selbstverständlich nehmen mit zunehmender Leistung auch die „störenden“ Einflüsse zu. So darf man sich deshalb mit Weiterungen befassen, dass z.B., wie beim Verfasser, DSL-Modems durch HF „zerschossen“ werden können. Deshalb muss der Kontrolle der Mantelwellen im System eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Nachdem die 230 V und 400 V Netzzuführungen, die PTT- und die HF-Steuerleitung mit Drosseln versehen waren, war alles i.O.

Haben Mitmenschen Verständnis für zerschossene DSL-Modems? Im Gegenteil! Hierzu sagt der deutsche Philosoph Max Weber: An seiner Unfreiheit ist jeder selber schuld. Übersetzt bedeutet dies: Jeder Ömer erzeugt nur soviel Leistung, wie Umstände und Mitmenschen ihm erlauben. ??!

Zubehör / Sonstiges



Abb.16: Nachweis der Ausgangsleistung: Bei einem Input von 70 W auf 40 m erzielte die Tsunami-Endstufe 10,1 KW Output.

Abb. 17 – 19: Der exklusive Tsunami-fähige Antennen-Koppler in Acryl-Glas. Er verarbeitet bis zu 15 KW SSB Output im Frequenzbereich von 160 m bis 10 m problemlos. Der eingebaute Leistungsmesser (Original Bird) zeigt Vor- und Rücklauf der Sendeleistung sehr genau an. Die Antennenanpassung ist deshalb zielgenau und schnell möglich. Der Koppler steht auf der „Baby“-Endstufe mit 4CX1500B. Diese 16,5 cm hohe PA leistet mindestens 2 KW SSB Output.

Abb. 20: 4 Kg schweres Netzfilter für 3 x 400V

Der Verfasser bedankt sich bei seinen Funkkollegen für die umfangreichen Hilfestellungen, die ihm bei der Realisierung des Tsunami-Projektes zuteil wurden.

