

MESSUNGEN UND UMBAU DER KW-ENDSTUFE MX-P50M NACH BG4IGX



© Dietmar Krause, DL2SBA / 2026

E-Mail: info@dl2sba.com

Ablage: \\DS1522\ham\Manuals\BG4IGX MP-P50M PA\DL2SBA\MX-P50M_DL2SBA.20260526.docx

INHALT

Einleitung	4
Messgeräte	5
Messaufbau Leistungs-Messung	5
Allgemeine Messungen	5
80m / 3.625MHz	6
Leistungsmessung.....	6
40m / 7.100MHz	7
Leistungsmessung.....	7
Messung Oberwellen.....	8
Messaufbau.....	8
Übersicht.....	8
IC-705 5W ohne PA.....	9
PA-Steuerleistung 1W.....	9
PA-Steuerleistung 2W.....	10
PA-Steuerleistung 3W.....	10
PA-Steuerleistung 4W.....	11
PA-Steuerleistung 5W.....	11
30m / 10.116MHz	12
Leistungsmessung.....	12
20m / 14.100MHz	13
Leistungsmessung.....	13
Messung IM3	14
Bearbeitung in audioTester	14
Bearbeitung in Audacity	15
Nutzung auf dem IC-705.....	15
Tabellenbeschriftungen.....	17
Übersicht IC-705 ohne Endstufe.....	18
Übersicht IC-705 mit Endstufe	20
17m / 18.100MHz	23
Leistungsmessung.....	23
15m / 21.150MHz	24

Leistungsmessung.....	24
12m / 24.930MHz	25
Leistungsmessung.....	25
10m / 28.250MHz	26
Leistungsmessung.....	26
Leistungsverlauf.....	27
Eingangsanpassung.....	28
Messaufbau.....	28
Übersicht.....	29
Anpassung 80m.....	30
Anpassung 40m.....	30
Anpassung 30m bis 17m.....	31
Anpassung 15m – 10m	31
Messung in der Betriebsart CW.....	32
Messung Key-down und maximale Sendeleistung	32
Messung Verkürzung erster Punkt	33
Umbau Sende-/Empfangsumschaltung.....	35
Alt.....	35
Neu.....	36
Zusammenfassung	38
Links.....	39
Abbildungsverzeichnis	40
Tabellenverzeichnis	42

EINLEITUNG

In diesem Dokument habe ich die Messergebnisse zur „China-QRP-PA“ MX-P50M zusammengefasst.

Meine Endstufe habe ich neuwertig von einem deutschen OM gekauft. Die Endstufe wird im weiteren als **DL2SBA** bezeichnet.

Thomas, DM1TBE hat ebenso eine Endstufe dieses Typs, welche ich vermessen habe. Seine Endstufe wird im weiteren als **DM1TBE** bezeichnet.

Des Weiteren wird hier der Umbau Sende-/Empfangsumschaltung beschrieben.

MESSGERÄTE

Nachfolgende Messgeräte kamen zum Einsatz.

Gerät	Typ
Netzteil	MANSON KPS-6602 32V/30A
Millivolt-Meter	R&S URV 5
Messkopf	R&S URV 5-Z4 100V / 200W
Steuersender	ICOM IC-705 ¹
DC-Messgerät	FLUKE 289
Durchgangsdämpfungsglied 40dB	Weinschel 58-40-33 40dB
Durchgangsdämpfungsglied 10dB	Mini-Circuits UNAT-10+
Leistungsabschluss	Radial R404507 2W
Spektrumanalyser	SIGLENT SSA 3021X 9kHz-3GHz
2-Ton Generator	WAV-File erzeugt mit AUDT 1078HZ + 1508HZ
VNA	SV4401A 50kHz – 4.4GHz
Oszilloskop	RIGOL MSO2072A 2CH 70MHz 2GS/s

Tabelle 1 - Eingesetzte Messgeräte

MESSAUFBAU LEISTUNGS-MESSUNG

Steuersender → MX-P50M → Messkopf → Durchgangsdämpfungsglied 40dB → Leistungsabschluss

ALLGEMEINE MESSUNGEN

Zustand	Messwert
Endstufe komplett ausgeschaltet	0mA @ 13,8V DC
Endstufe im Stand-By	20mA @ 13,8V DC
PTT-Steuerstrom vor Modifikation	37mA @ 13,8V DC
PTT-Steuerstrom nach Modifikation	1,5mA @ 13,8V DC
PTT-Steuerspannung	13,8V DC
Ruhestrom der Endstufe	ca. 510mA @ 13,8V DC

Tabelle 2 - Allgemeine Messungen

Die Leistungsaufnahme der Endstufe bei 5W Ansteuerleistung mit einem 2-Ton-Signal in der Betriebsart SSB ist wie folgt:

Frequenz in MHz	Ausgangsleistung in W	Strom in A	Leistung in W	Wirkungsgrad in %
3,625	38,37	5,00	69,00	56
7,100	36,31	4,95	68,31	53
10,116	36,73	4,87	67,21	55
14,100	36,31	4,88	67,34	54
18,100	37,15	4,39	60,58	61
21,150	37,67	4,53	62,51	60
24,930	35,08	4,66	64,31	55
28,250	30,90	4,85	66,93	48

Tabelle 3 – Leistungsaufnahme bei 5W Ansteuerung

¹ Bei meinem IC-705 entspricht die prozentuale Leistungsabgabe sehr gut der real abgegebenen Leistung

80M / 3.625MHZ

Leistungsmessung

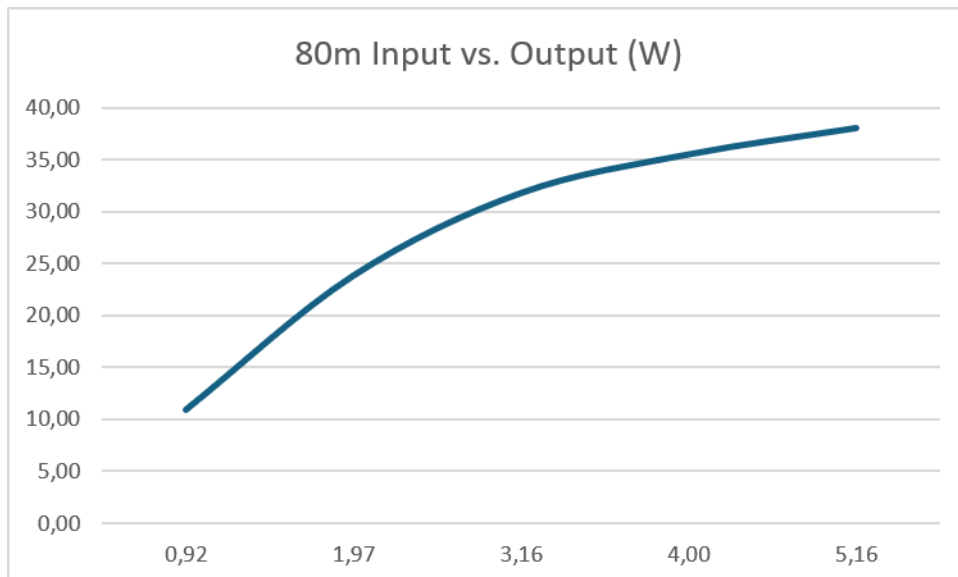


Abbildung 1 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 80m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,1	41,3	1,03	13,43	11,1
32,8	44,0	1,91	25,23	11,2
34,6	45,0	2,89	31,92	10,4
35,7	45,4	3,73	34,99	9,7
36,9	45,8	4,93	38,37	8,9

Tabelle 4 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 80m

40M / 7.100MHZ

Leistungsmessung

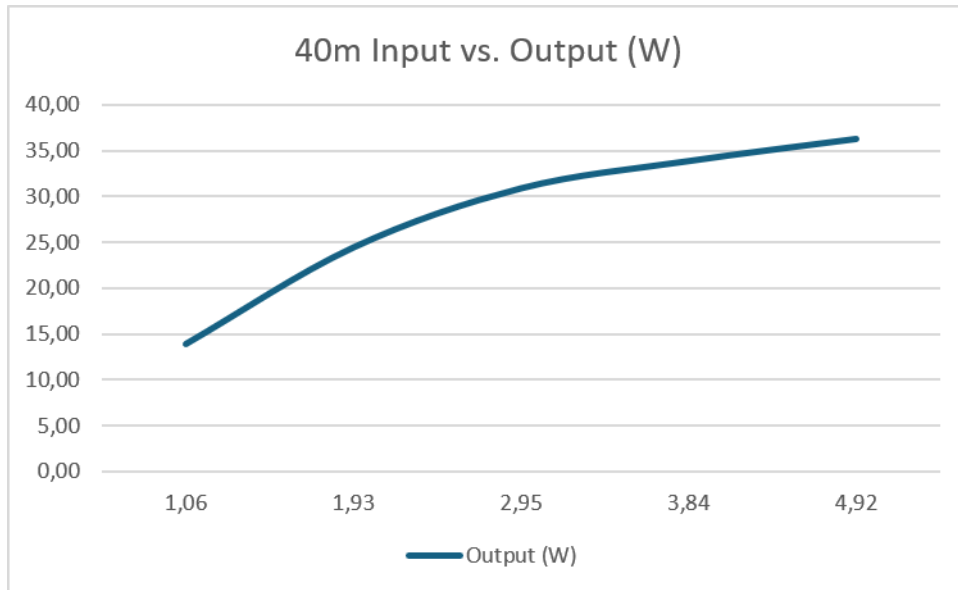


Abbildung 2 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 40m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,3	41,4	1,06	13,87	11,2
32,9	43,9	1,93	24,43	11,0
34,7	44,9	2,95	30,90	10,2
35,8	45,3	3,84	33,88	9,5
36,9	45,6	4,92	36,31	8,7

Tabelle 5 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 40m

Messung Oberwellen

MESSAUFBAU

Steuersender → MX-P50M → Messkopf → Durchgangsdämpfungsglied 40dB → Durchgangsdämpfungsglied 10dB → Spektralanalyser

ÜBERSICHT

Frequenz in MHz	Steuerleistung in W	Steuerleistung in dBm	Grundwelle in dBm	Grundwelle in W	3te OW in dBm	Unterdrückung in dB	5te OW in dBm	Unterdrückung in dB
7,1	1,07	30,3	40,7	11,7	-11,0	51,7	-4,4	45,1
7,1	1,94	32,9	43,2	20,9	-16,8	60,0	-1,2	44,4
7,1	2,96	34,7	44,2	26,2	-10,3	54,5	1,0	43,2
7,1	3,85	35,9	44,6	28,8	-14,9	59,5	2,6	42,0
7,1	4,94	36,9	44,9	30,8	-13,9	58,8	3,7	41,2

Tabelle 6 - Oberwellenunterdrückung DL2SBA

Frequenz in MHz	Steuerleistung in W	Steuerleistung in dBm	Grundwelle in dBm	Grundwelle in W	3te OW in dBm	Unterdrückung in dBm	5te OW in dBm	Unterdrückung in dBm
7,1	1,07	30,3	41,8	15,0	-17,3	59,1	-7,1	48,8
7,1	1,94	32,9	43,7	23,6	-15,8	59,5	-3,6	47,4
7,1	2,96	34,7	44,6	28,5	-14,0	58,6	-1,4	46,0
7,1	3,85	35,9	44,9	30,6	-13,8	58,7	-0,3	45,1
7,1	4,94	36,9	45,1	32,1	-13,4	58,5	0,6	44,4

Tabelle 7 - Oberwellenunterdrückung DM1TBE

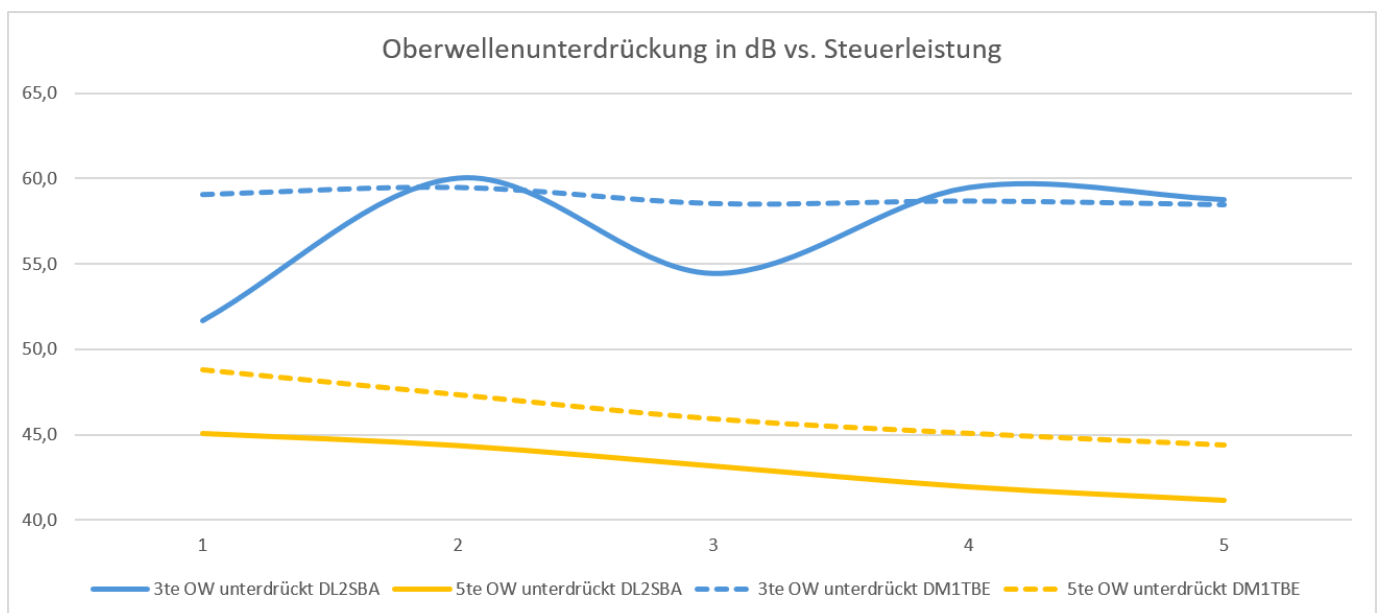
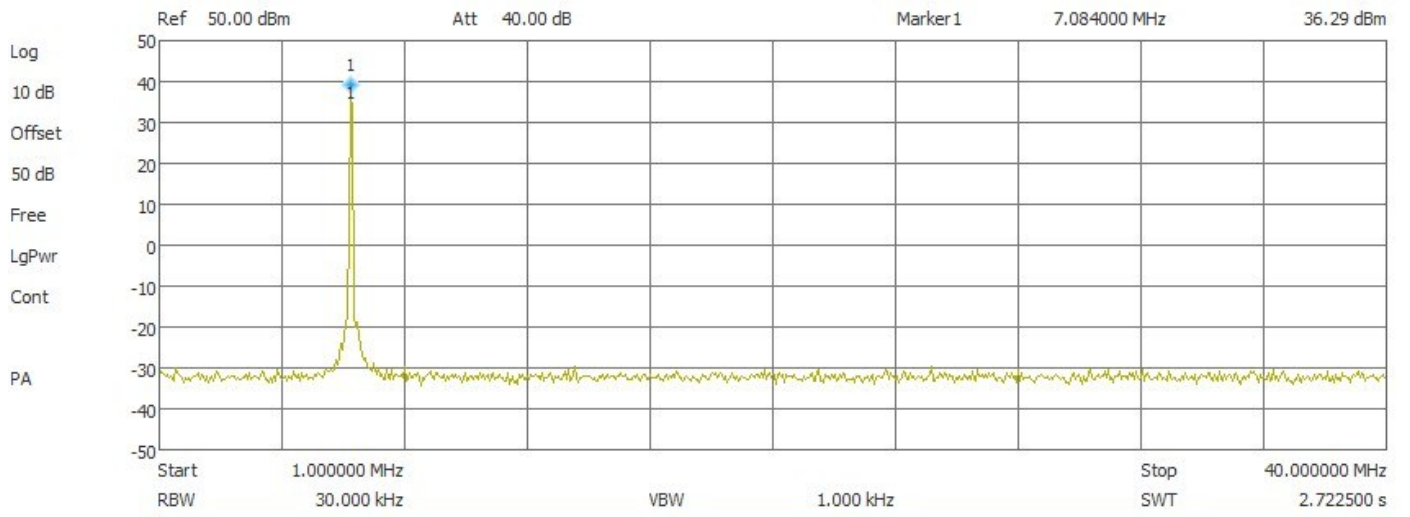


Abbildung 3 – Oberwellenunterdrückung DL2SBA vs. DM1TBE²

² Je höher der Wert, desto besser die Unterdrückung

IC-705 5W OHNE PA



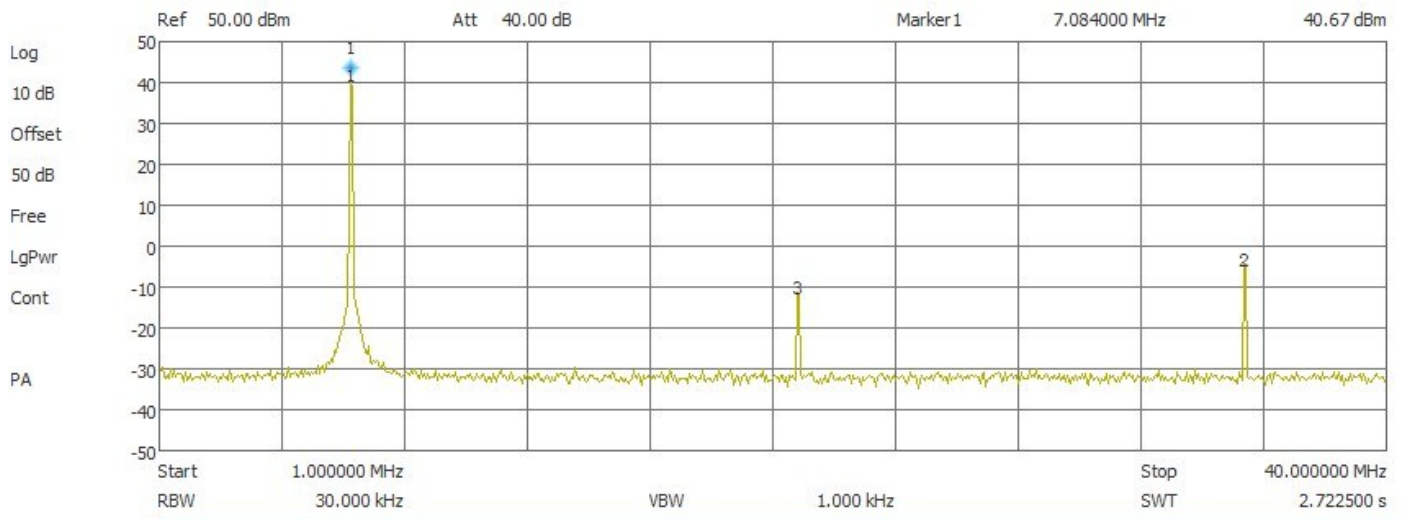
Peak Table

A CW
P-PK

Peak	X Axis	Ampt	Peak	X Axis	Ampt
1	7.084000 MHz	36.29 dBm			

Abbildung 4 – Oberwellen 40m bei 5W des IC-705

PA–STEUERLEISTUNG 1W



Peak Table

A CW
P-PK

Peak	X Axis	Ampt	Peak	X Axis	Ampt
1	7.084000 MHz	40.67 dBm			
2	35.476000 MHz	-4.41 dBm			
3	21.280000 MHz	-11.03 dBm			

Abbildung 5 – Oberwellen 40m bei 1W-Steuerleistung

PA-STEUERLEISTUNG 2W

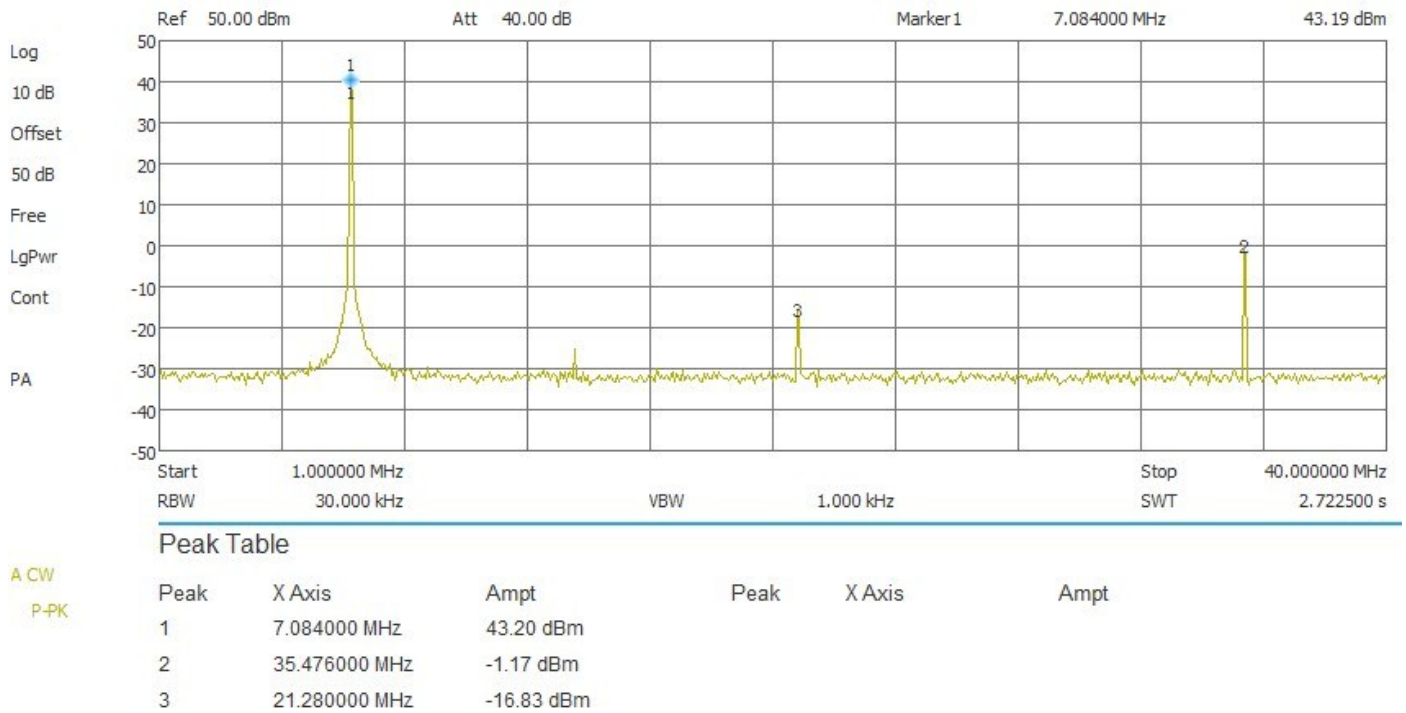


Abbildung 6 – Oberwellen 40m bei 2W-Steuerleistung

PA-STEUERLEISTUNG 3W

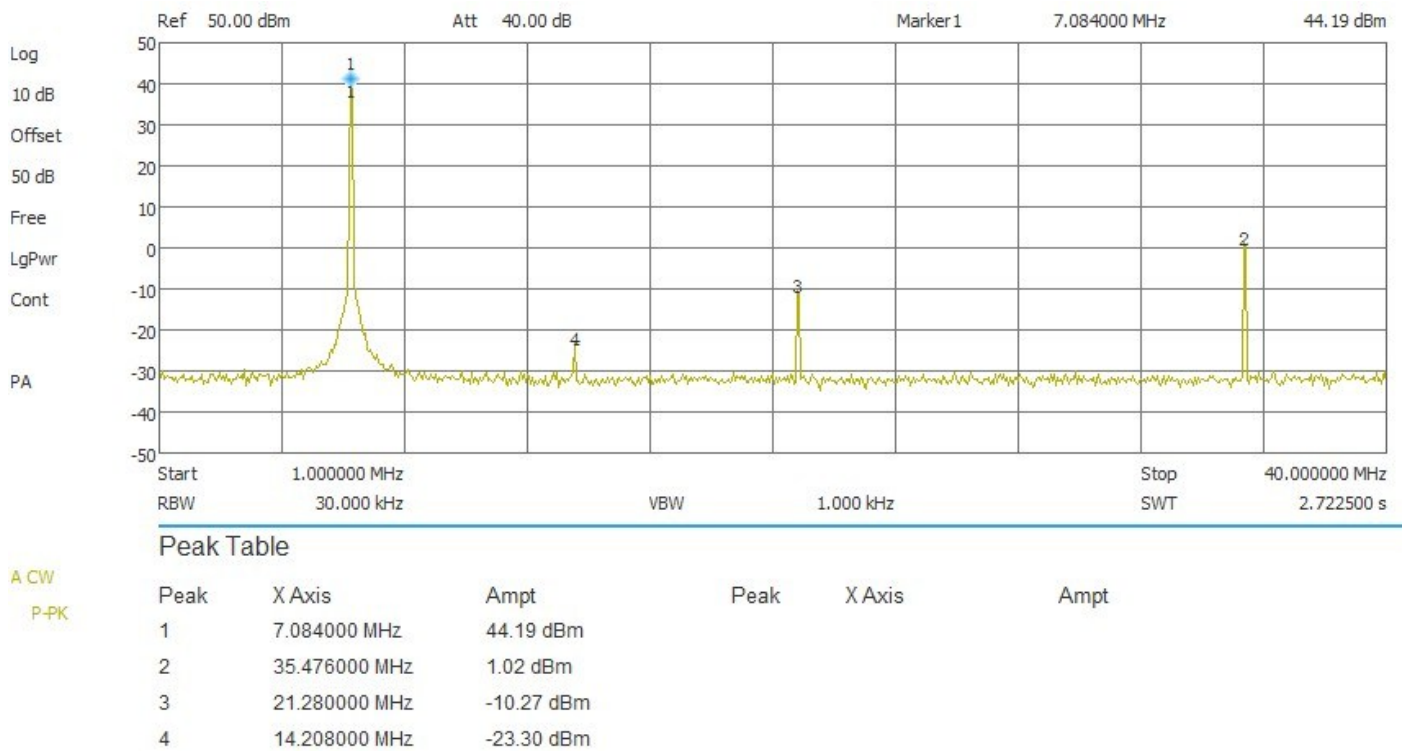


Abbildung 7 – Oberwellen 40m bei 3W-Steuerleistung

PA-STEUERLEISTUNG 4W

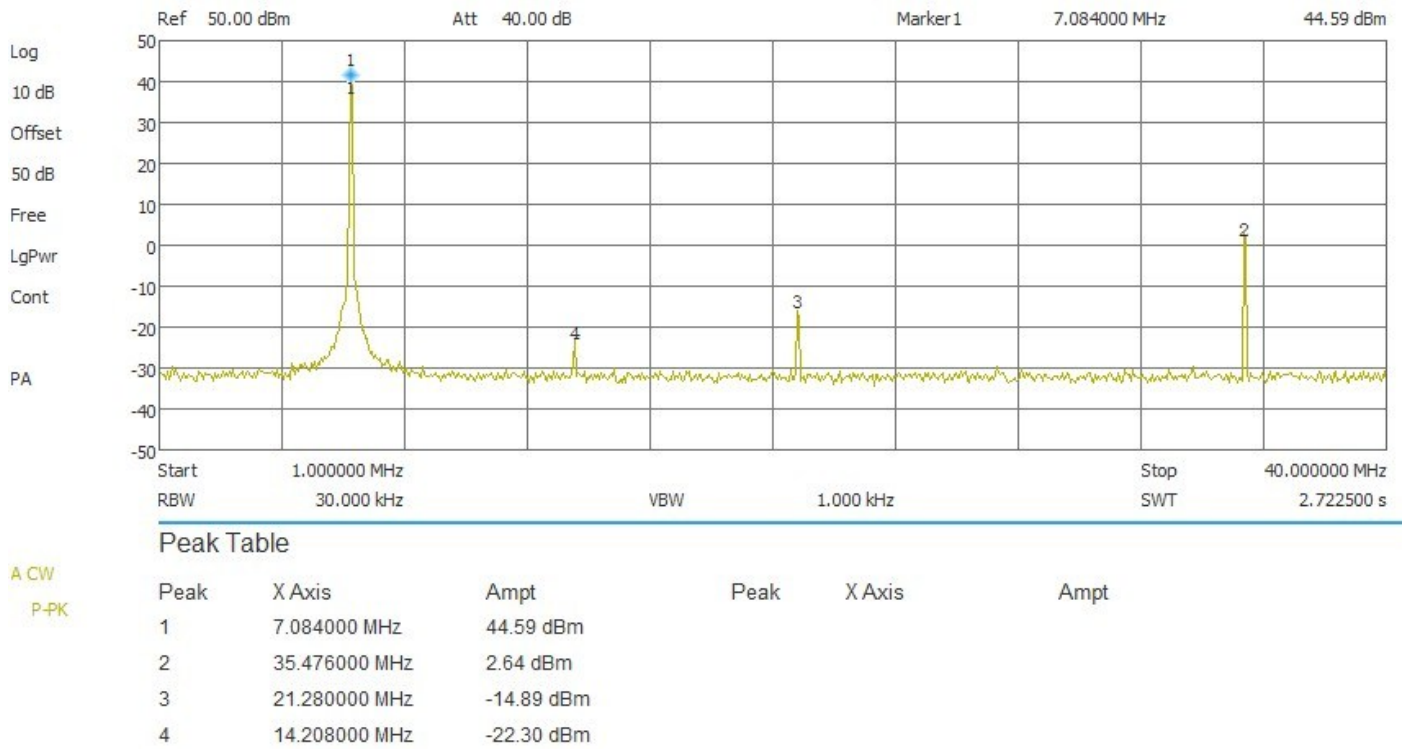


Abbildung 8 – Oberwellen 40m bei 4W-Steuerleistung

PA-STEUERLEISTUNG 5W

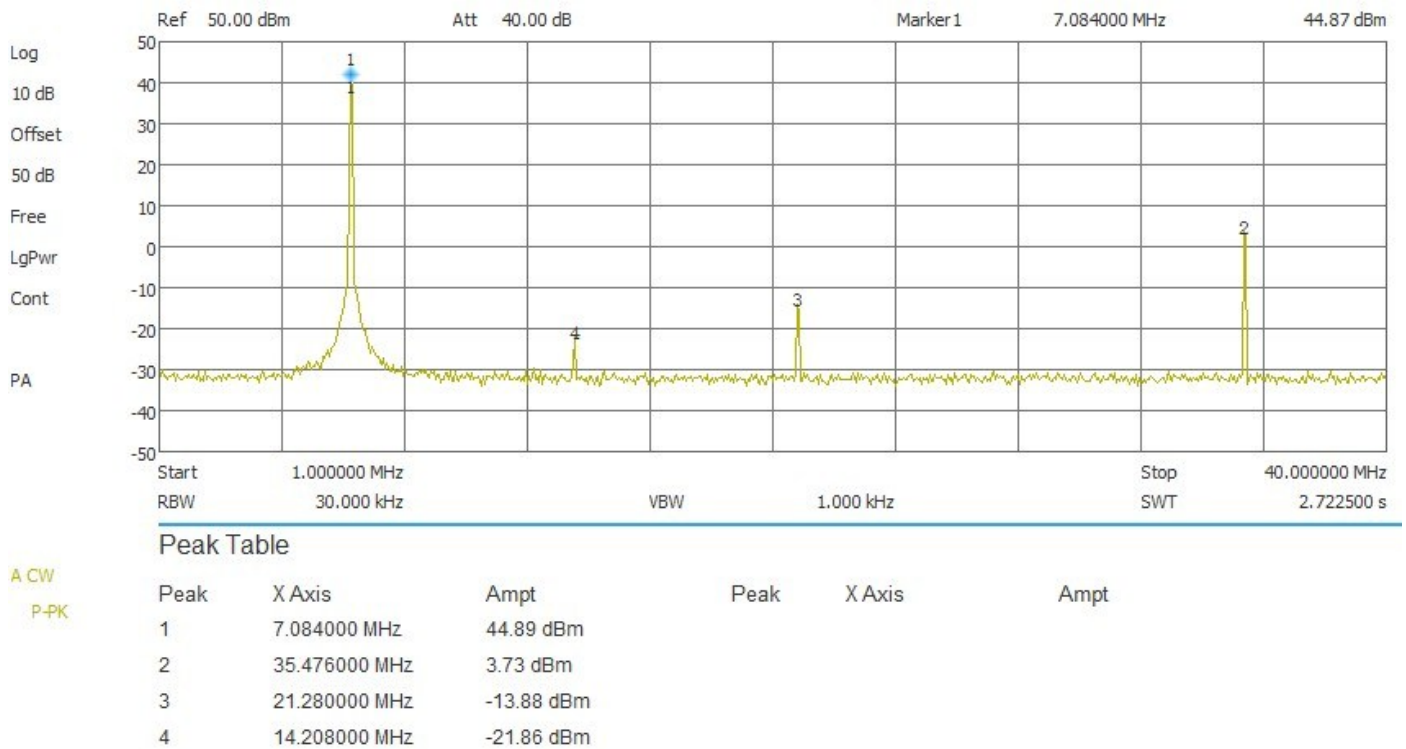


Abbildung 9 – Oberwellen 40m bei 5W-Steuerleistung

30M / 10.116MHZ

Leistungsmessung

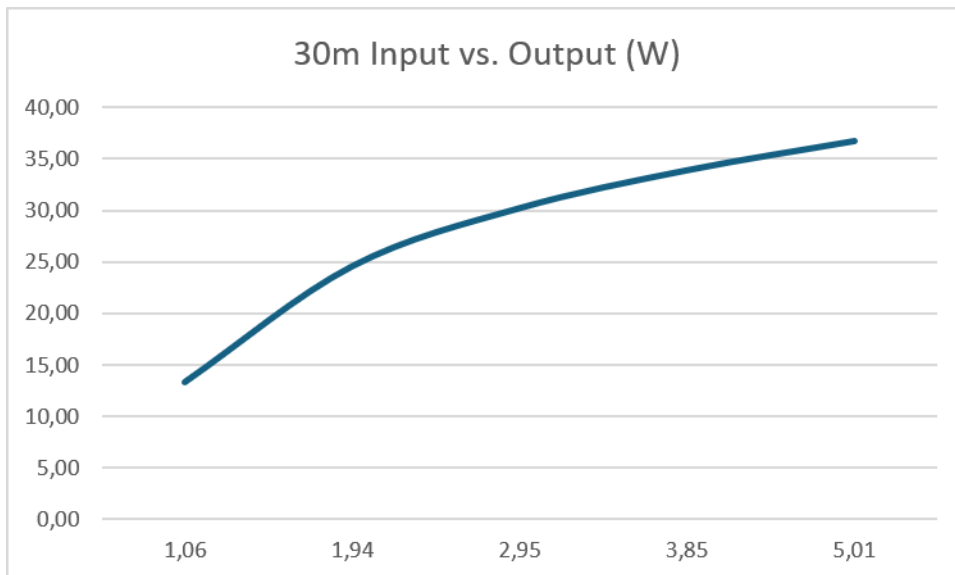


Abbildung 10 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 30m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,3	41,2	1,06	13,27	11,0
32,9	43,9	1,94	24,55	11,0
34,7	44,8	2,95	30,20	10,1
35,9	45,3	3,85	33,88	9,5
37,0	45,7	5,01	36,73	8,7

Tabelle 8 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 30m

20M / 14.100MHZ

Leistungsmessung

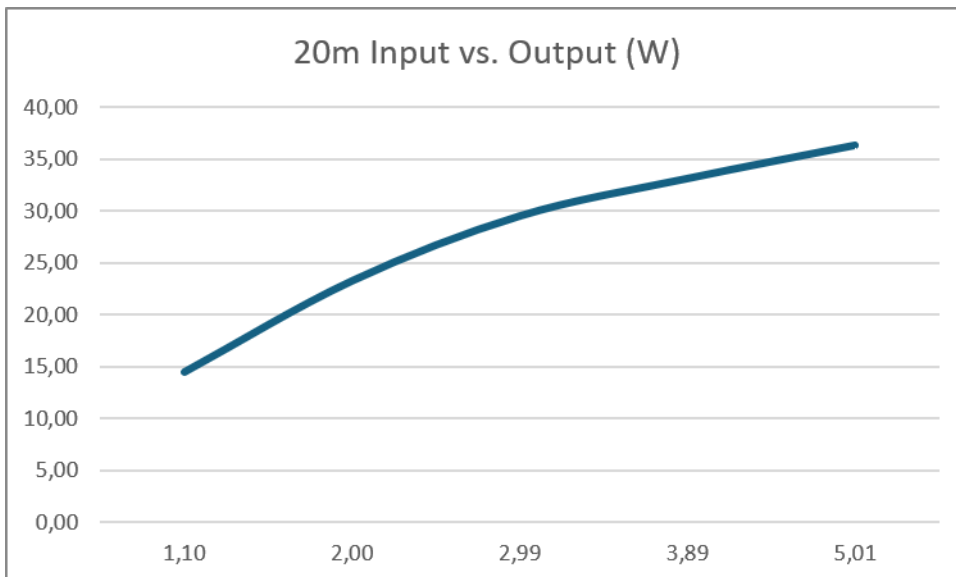


Abbildung 11 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 20m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,4	41,6	1,10	14,52	11,2
33,0	43,7	2,00	23,28	10,7
34,8	44,7	2,99	29,51	9,9
35,9	45,2	3,89	33,11	9,3
37,0	45,6	5,01	36,31	8,6

Tabelle 9 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 20m

Messung IM3

BEARBEITUNG IN AUDIOTESTER

Die Ansteuerung des Senders erfolgte über eine WAV-Datei, welche mit audioTester V3.0 erzeugt wurde. Die Aussteuerung der WAV-Datei war 0dB_{FS} . Die beiden Töne 1078Hz und 1508Hz wurden jeweils mit -3dB_{FS} erzeugt.

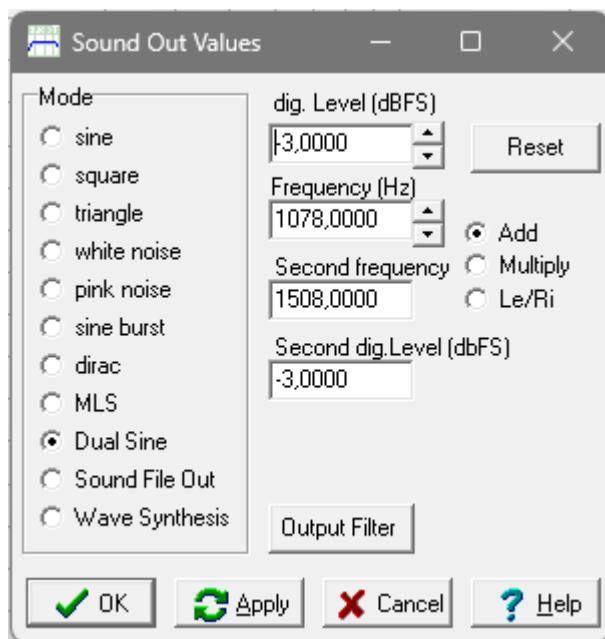


Abbildung 12 – Einstellung für das 2-Ton NF-Signal

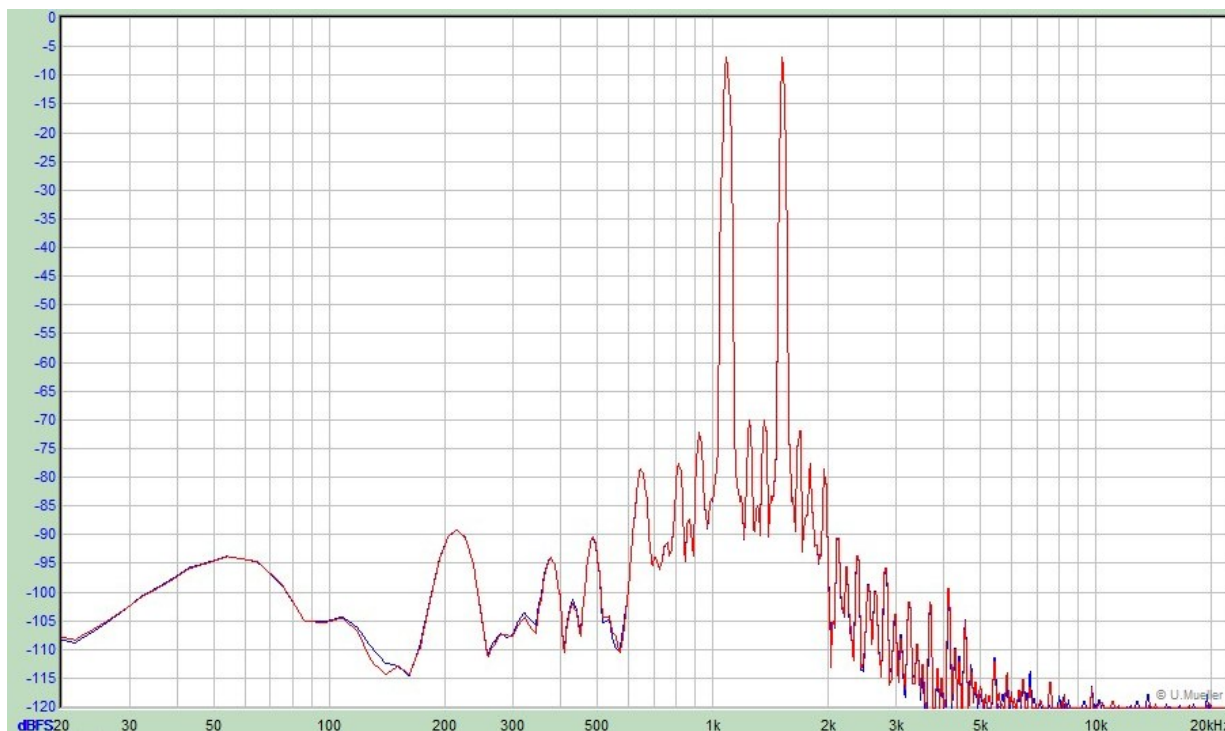


Abbildung 13 - 2-Ton NF-Signal

BEARBEITUNG IN AUDACITY

Das 2-Ton-Signal wurde über das Virtual-Audio-Cable in Audacity aufgenommen und dort als 8kHz Mono-PCM-Signal exportiert:

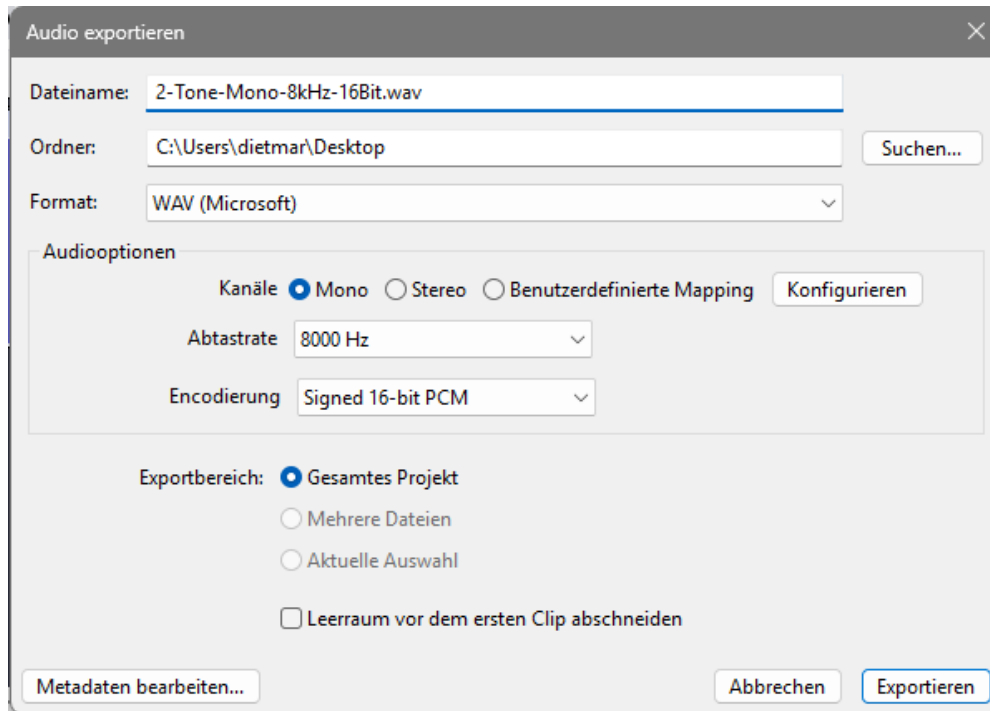


Abbildung 14 – Export des Signals in Audacity

Dieses Format ist notwendig, damit der IC-705 diese WAV-Datei später wiedergeben kann.

NUTZUNG AUF DEM IC-705

Die Datei muss auf die SD-Karte in das Verzeichnis **\IC-705\VoiceTX** des IC-705 kopiert werden. Der Dateiname muss gemäß unten gezeigtem Muster gewählt werden.

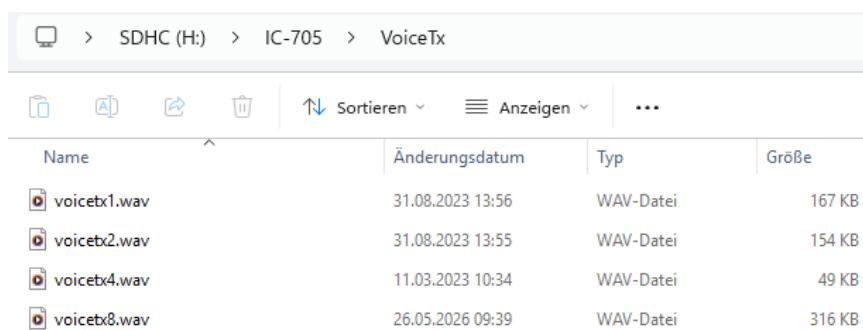


Abbildung 15 – Zielverzeichnis für Sendespeicher beim IC-705

Ich habe die Datei **voicetx8.wav** genannt, damit kann sie als Speicher **T8** über das **VOICE-Menü** ausgesendet werden.



Abbildung 16 – Aussenden eines Sprachspeicher im IC-705

Um eine wiederholbare Messung zu ermöglichen, habe ich folgende Parameter angepasst.

Parameter	Wert bei Messung	Standard
ALC	9	-
Compressor	0	5
Bass	0	-2
Treble	0	+3
Mic-Gain	70	50
TX-Level	50	50
TX-Bandwidth	300Hz - 2700Hz	300Hz - 2700Hz

Tabelle 10 – Einstellungen IC-705 für IM₃ Messungen

TABELLENBESCHRIFTUNGEN

Die Bedeutung der Spalten in den nachfolgenden Tabellen ist wie folgt:

Bereich	Spalte	Bedeutung
dBm	PEP	Ausgangsleistung IC-705 gemessen im PEAK-Mode des URV5
dBm	C ₁	Leistung des Trägers bei 1078Hz
dBm	IM3 ₁	Leistung des Trägers bei 648Hz ³
dBm	C ₂	Leistung des Trägers 1508Hz
dBm	IM3 ₂	Leistung des Trägers bei 1938Hz ⁴
dBm	Δ C ₁ IM3 ₁	Intermodulationsabstand IM3 des Trägers bei 1078HZ
dBm	Δ C ₂ IM3 ₂	Intermodulationsabstand IM3 des Trägers bei 1508HZ
W	PEP	Gesamt-PEP-Leistung
W	P ₁	Leistung des Trägers bei 1078Hz
W	P ₂	Leistung des Trägers bei 1508Hz
W	P _{avr}	Summe aus P1 und P2
W	P _{pep}	Aus P _{avr} errechnete Spitzenleistung

Tabelle 11 – Spaltenbeschreibung IM₃ Messungen

³ $1078\text{Hz} - (1078\text{Hz} + 1508\text{Hz}) / 2 = 648\text{Hz}$

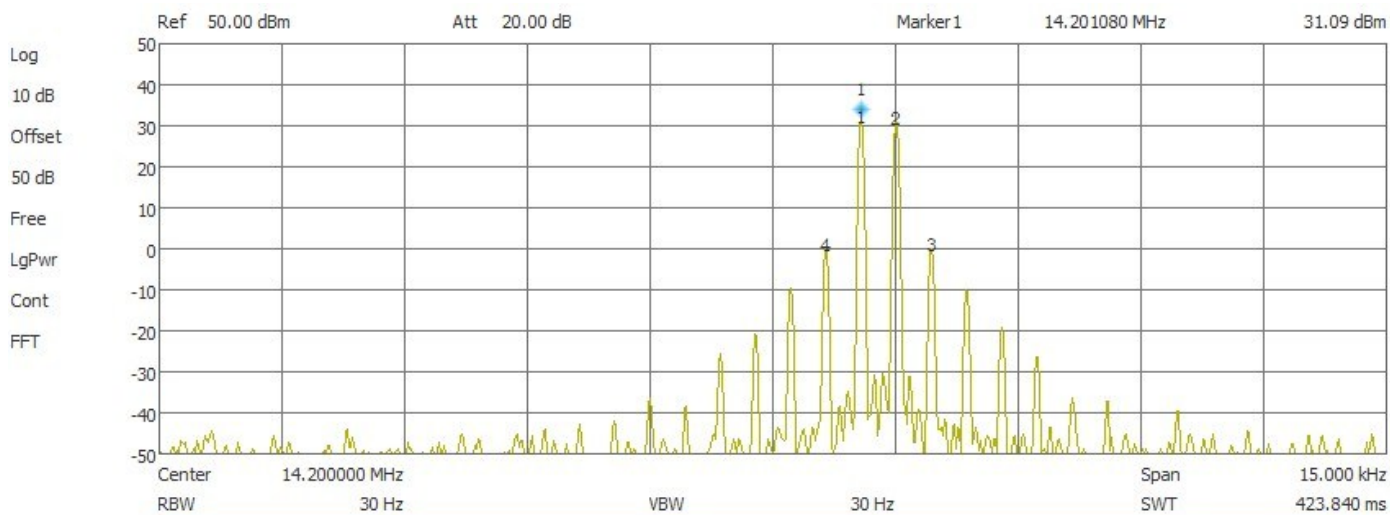
⁴ $1508\text{Hz} + (1078\text{Hz} + 1508\text{Hz}) / 2 = 1938\text{Hz}$

ÜBERSICHT IC-705 OHNE ENDSTUFE

Frequenz	dBm								W					
	PEP	C ₁	IM3 ₁	Δ C ₁	IM3 ₁	C ₂	IM3 ₂	Δ C ₂	IM3 ₂	PEP	P ₁	P ₂	P _{avr}	P _{pep}
14.200	37,17	31,09	0,15		30,94	30,97	-0,01		30,98	5,21	1,29	1,25	2,54	5,07
14.200	40,12	34,03	1,46		32,57	33,91	1,28		32,63	10,28	2,53	2,46	4,99	9,98

Tabelle 12 – IM₃ Messungen IC-705 ohne Endstufe

Ohne PA 5W



Peak Table

Peak	X Axis	Ampt	Peak	X Axis	Ampt
1	14.201080 MHz	31.09 dBm			
2	14.201500 MHz	30.97 dBm			
3	14.201940 MHz	0.15 dBm			
4	14.200640 MHz	-0.01 dBm			

Abbildung 17 – Spektrum IM₃ IC-705 bei 5W

Ohne PA 10W

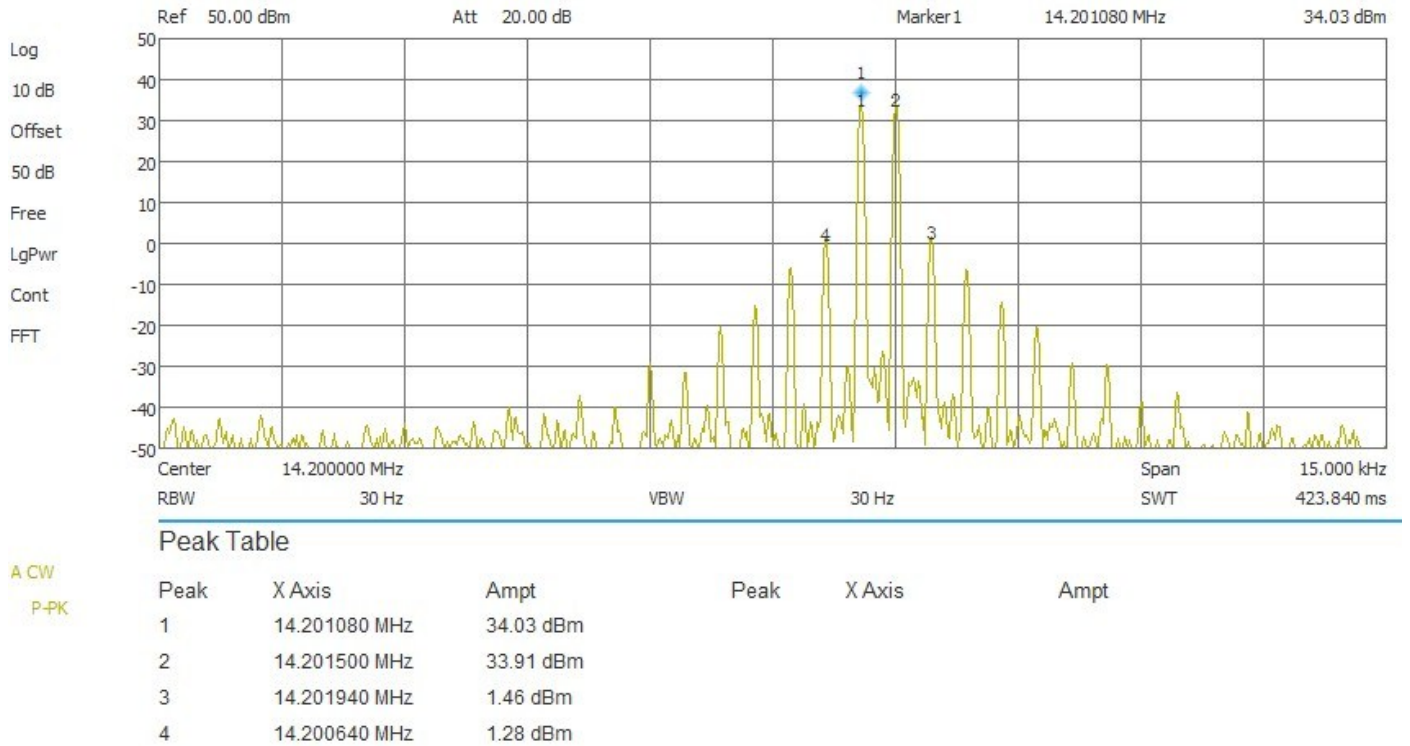


Abbildung 18 – Spektrum IM₃ IC-705 bei 10W

ÜBERSICHT IC-705 MIT ENDSTUFE

Frequenz	dBm								W					
	PWR	C ₁	IM3 ₁	Δ C ₁	IM3 ₁	C ₂	IM3 ₂	Δ C ₂	IM3 ₂	PWR	P ₁	P ₂	P _{avr}	P _{pep}
14.200	41,68	35,37	9,11	26,26	35,24	8,68	26,56	14,72	3,44	3,34	6,79	13,57		
14.200	43,66	37,75	3,18	34,57	37,61	2,86	26,56	23,23	5,96	5,77	11,72	23,45		
14.200	44,70	39,03	10,82	28,21	38,89	9,05	29,84	29,51	8,00	7,74	15,74	31,49		
14.200	45,15	39,69	15,50	24,19	39,55	14,62	24,93	32,73	9,31	9,02	18,33	36,65		
14.200	45,54	40,20	19,23	20,97	40,06	18,81	21,25	35,81	10,47	10,14	20,61	41,22		

Tabelle 13 – IM₃ Messungen IC-705 mit Endstufe

Steuerleistung 1W

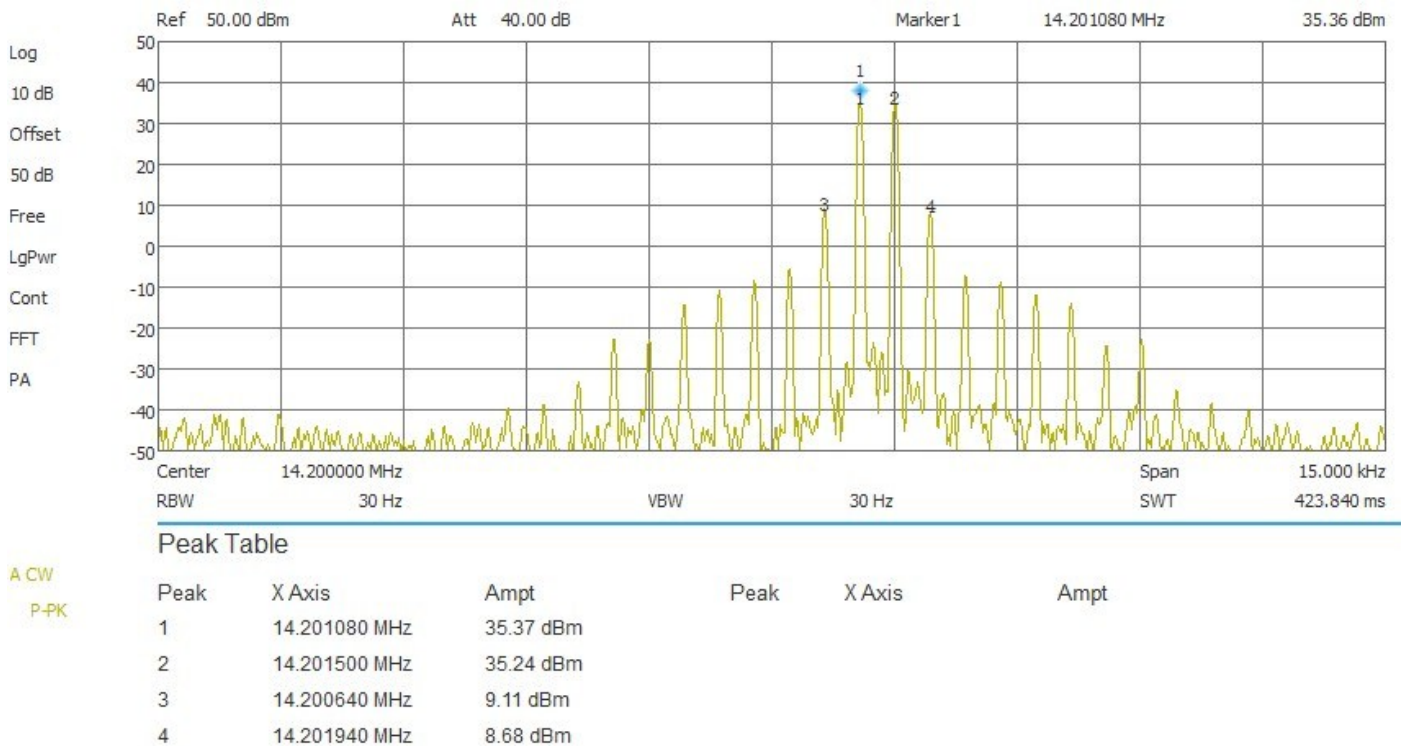


Abbildung 19 – Spektrum IM₃ PA bei 1W Steuerleistung

Steuerleistung 2W

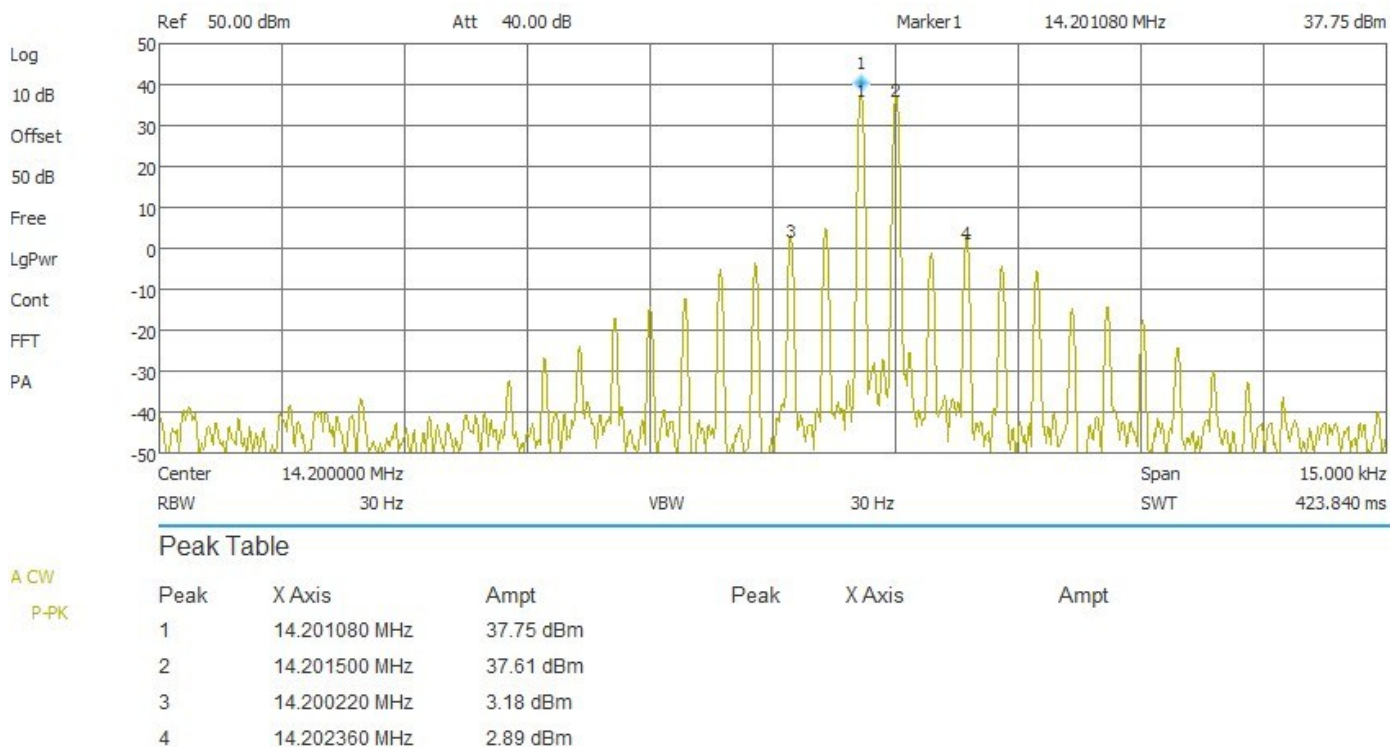


Abbildung 20 – Spektrum IM₃ PA bei 2W Steuerleistung

Steuerleistung 3W

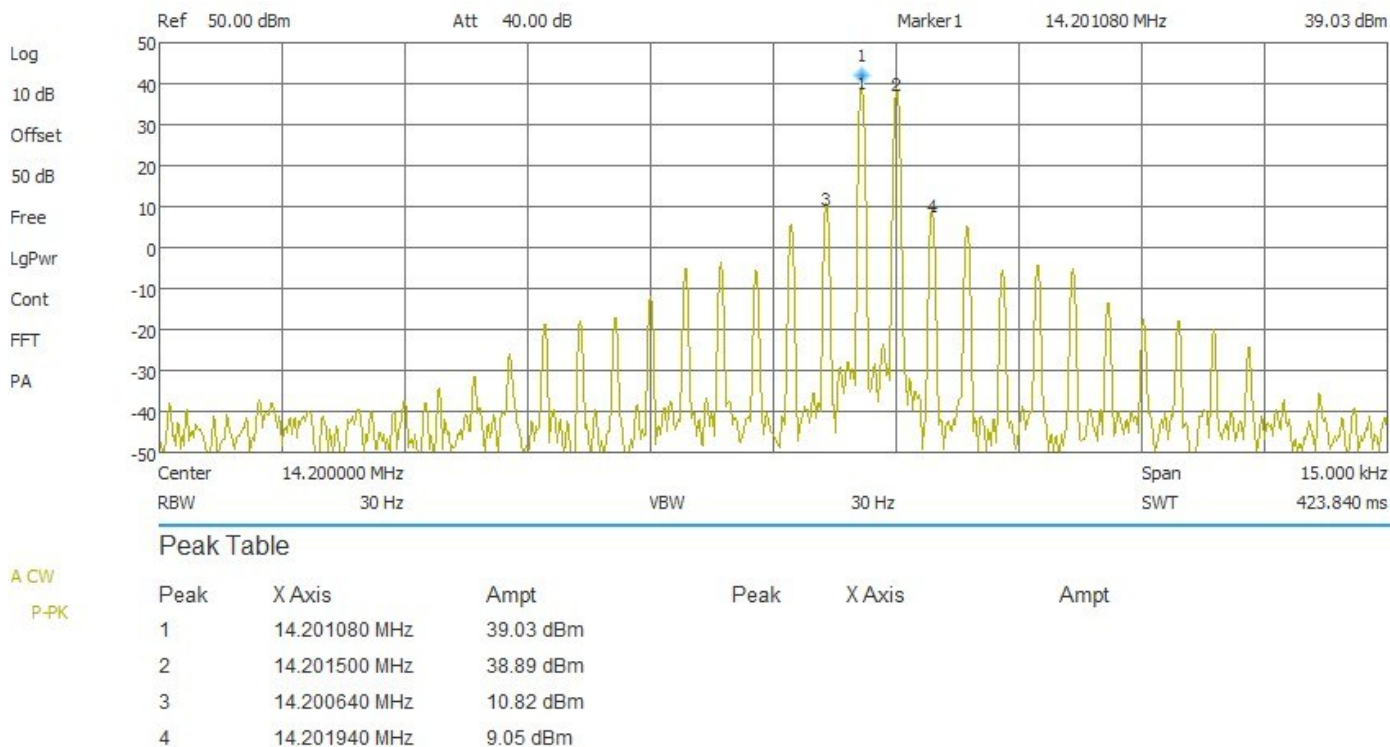


Abbildung 21 – Spektrum IM₃ PA bei 3W Steuerleistung

Steuerleistung 4W

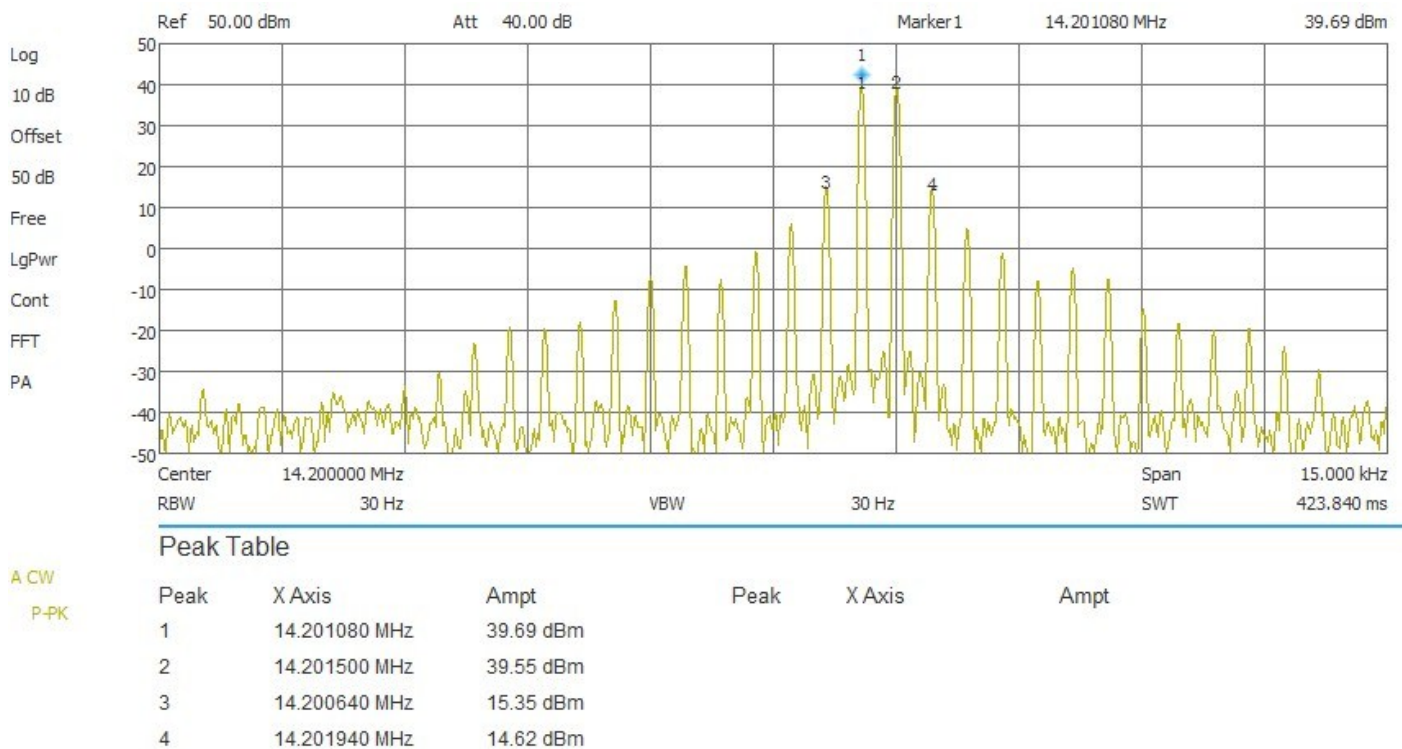


Abbildung 22 – Spektrum IM₃ PA bei 4W Steuerleistung

Steuerleistung 5W

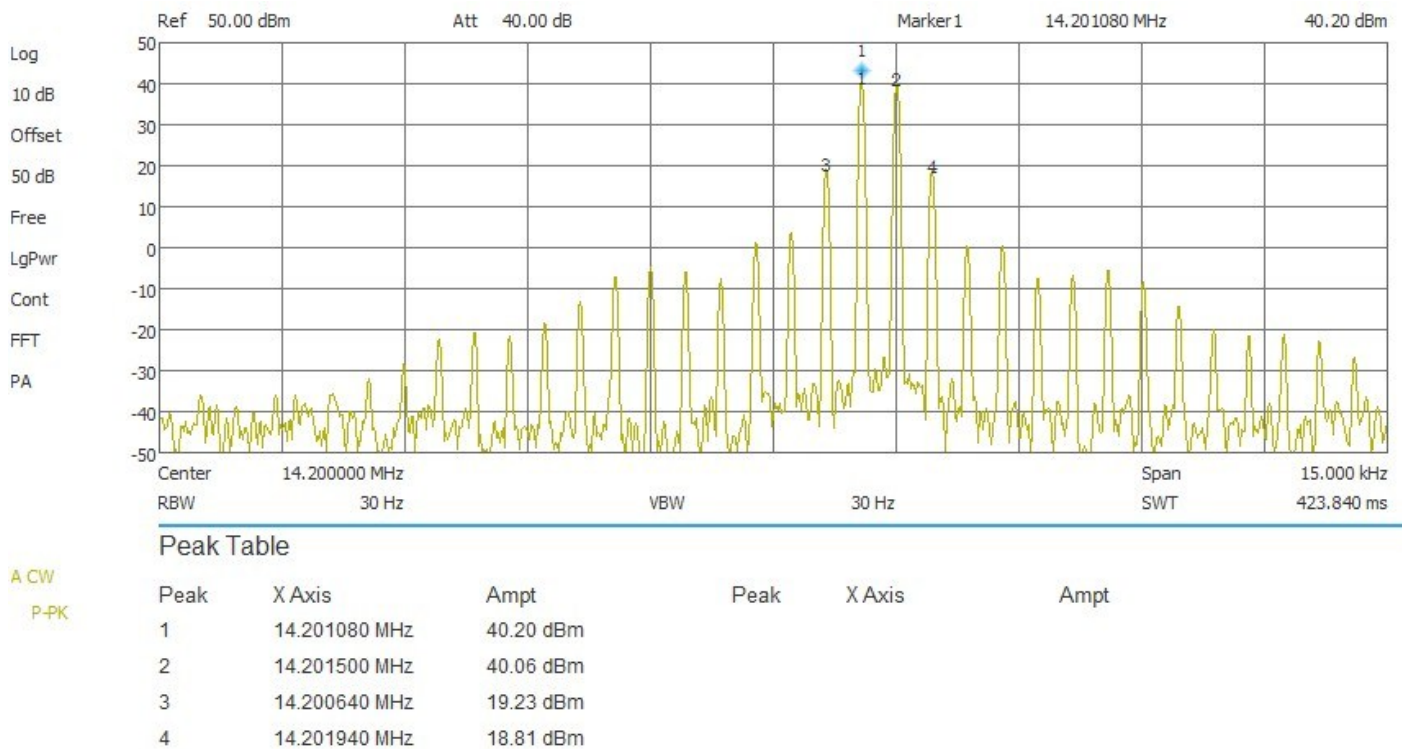


Abbildung 23 – Spektrum IM₃ PA bei 5W Steuerleistung

17M / 18.100MHZ

Leistungsmessung

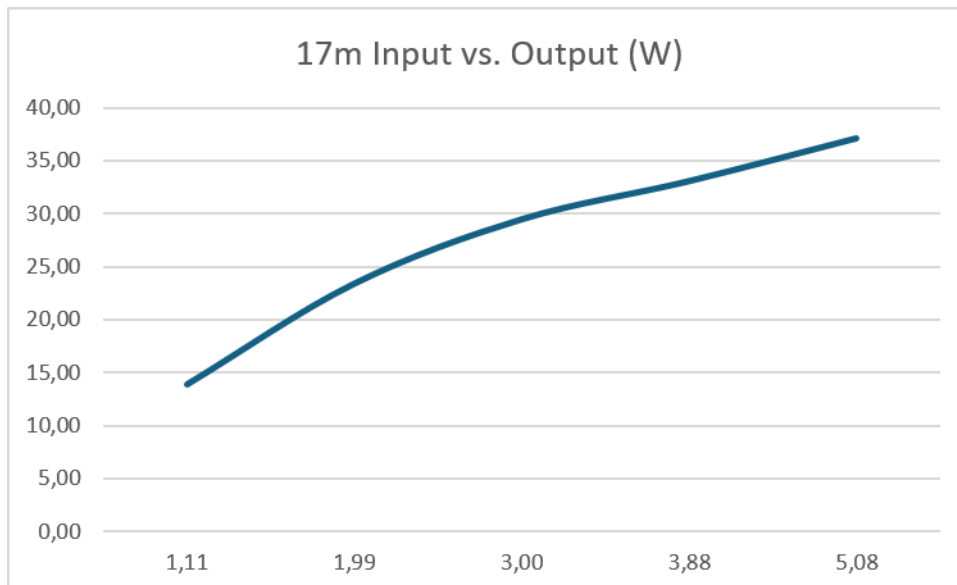


Abbildung 24 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 17m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,5	41,4	1,11	13,93	11,0
33,0	43,7	1,99	23,44	10,7
34,8	44,7	3,00	29,51	9,9
35,9	45,2	3,88	33,11	9,3
37,1	45,7	5,08	37,15	8,6

Tabelle 14 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 17m

15M / 21.150MHZ

Leistungsmessung

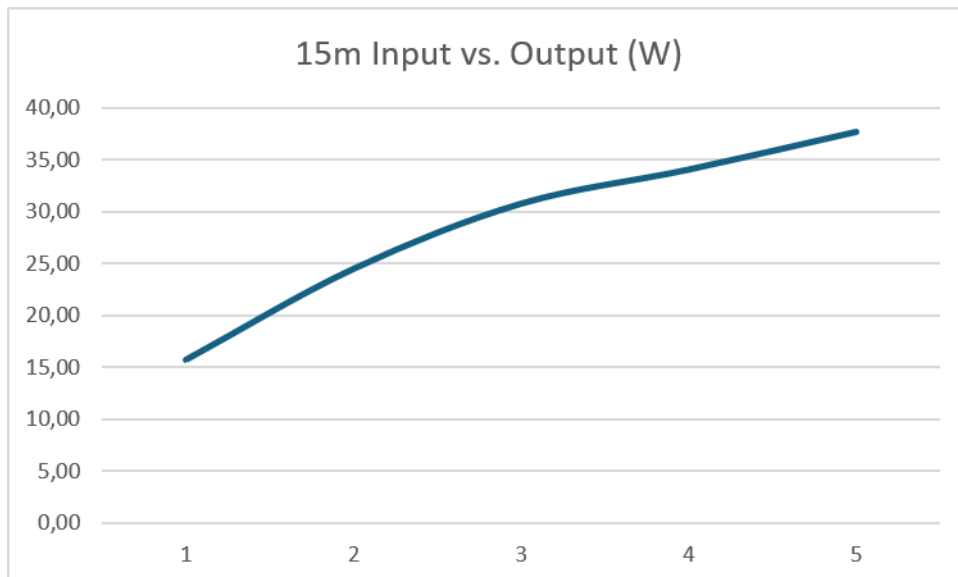


Abbildung 25 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 15m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,6	42,0	1,14	15,74	11,4
33,1	43,9	2,02	24,49	10,8
34,8	44,9	3,05	30,76	10,0
36,0	45,3	3,94	34,04	9,4
37,1	45,8	5,16	37,67	8,6

Tabelle 15 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 15m

12M / 24.930MHZ

Leistungsmessung

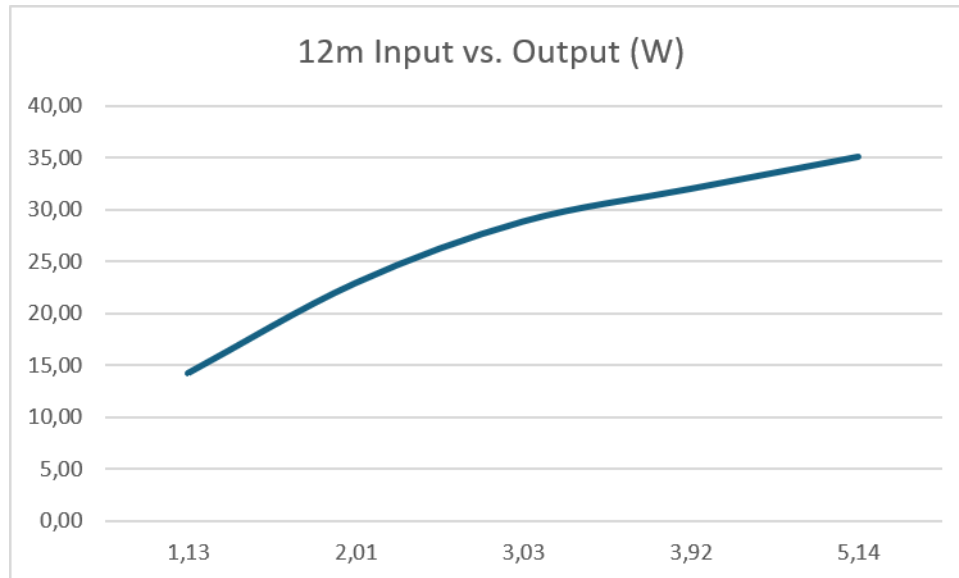


Abbildung 26 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 12m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,5	41,5	1,13	14,22	11,0
33,0	43,6	2,01	22,91	10,6
34,8	44,6	3,03	28,84	9,8
35,9	45,1	3,92	31,99	9,1
37,1	45,5	5,14	35,08	8,3

Tabelle 16 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 12m

10M / 28.250MHZ

Leistungsmessung

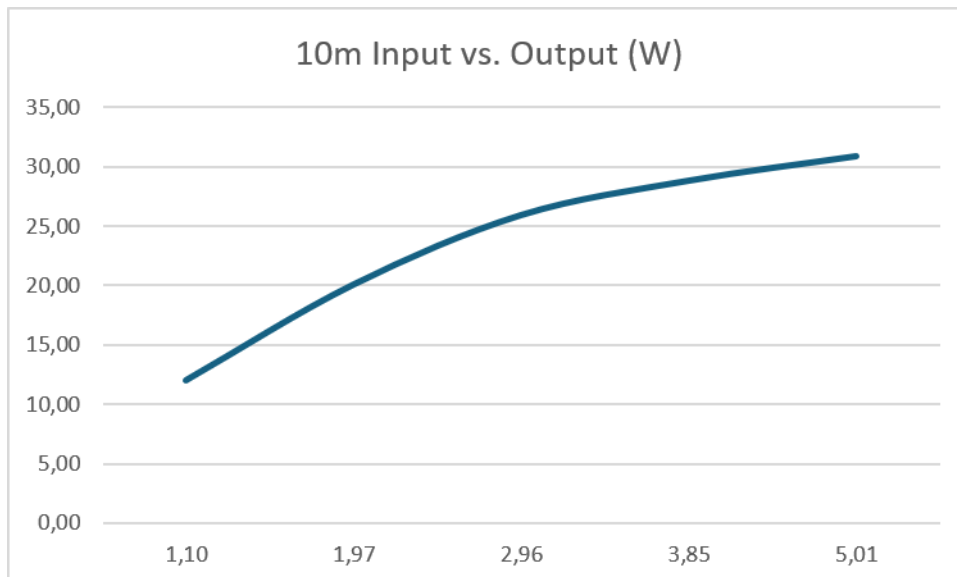


Abbildung 27 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 10m

PA in (dBm)	PA out (dBm)	PA in (W)	PA out (W)	Leistungsverstärkung (dB)
30,4	40,8	1,10	12,02	10,4
32,9	43,0	1,97	20,09	10,1
34,7	44,1	2,96	25,94	9,4
35,9	44,6	3,85	28,84	8,7
37,0	44,9	5,01	30,90	7,9

Tabelle 17 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 10m

LEISTUNGSVERLAUF

Wie in den vorherigen Kapiteln ersichtlich, nimmt die Leistungsverstärkung der Endstufe mit steigender Eingangsleistung auf jedem Band ab. Das Diagramm zeigt die Differenz der Leistungsverstärkung in dB bei einer Ansteuerung mit 1W und 5W.

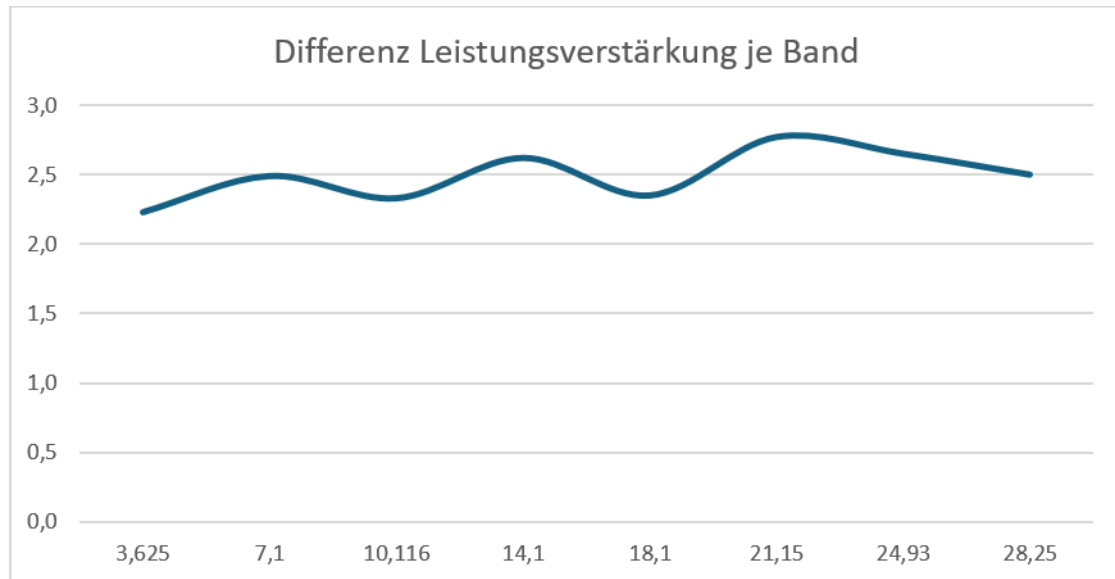


Abbildung 28 – Verstärkungsverlauf

EINGANGSANPASSUNG

Nachfolgend wird die Eingangsanpassung der Endstufe in Abhängigkeit der Bandfiltereinstellung dargestellt.

Die Endstufe hat folgende Stellungen für die Ausgangstiefpässe:

- 80m
- 40m
- 30m – 17m
- 15m – 10m

Messaufbau

Der VNA wird direkt an den Eingang der Endstufe angeschlossen. Für die Messungen wird dann das entsprechende Bandfilter geschaltet und die Endstufe über die PTT-Leitung der PA angesteuert.

VNA → Endstufe → Messkopf → Durchgangsdämpfungsglied 40dB → Leistungsabschluss

Der Messaufbau hat zwischen 50kHz und 30MHz folgende Anpassung:

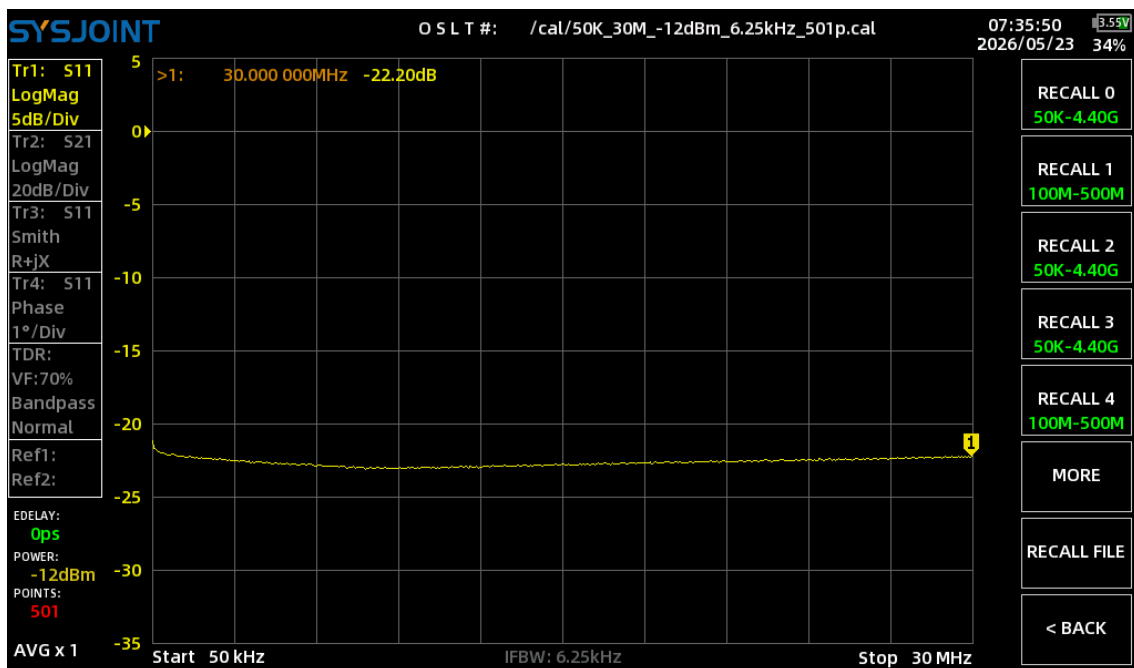


Abbildung 29 - Eingangsanpassung Messaufbau

Übersicht

Die Eingangsanpassung der Endstufe wurde mit dem VNA ermittelt.

Bandschalter	RL (dB)	Frequenz (MHz)	SWR x : 1
80m	-17,46	3,584	1,31
40m	-17,14	7,058	1,32
30m-17m	-17,70	10,173	1,30
30m-17m	-18,30	14,126	1,28
30m-17m	-18,58	18,079	1,27
15m - 10m	-20,18	21,194	1,22
15m - 10m	-19,48	24,129	1,24
15m - 10m	-19,80	28,262	1,23

Tabelle 18 – Eingangsanpassung vs. Frequenz

Die Anpassung wird bei steigender Betriebsfrequenz besser – wobei die SWR-Schwankungen sehr gering sind.

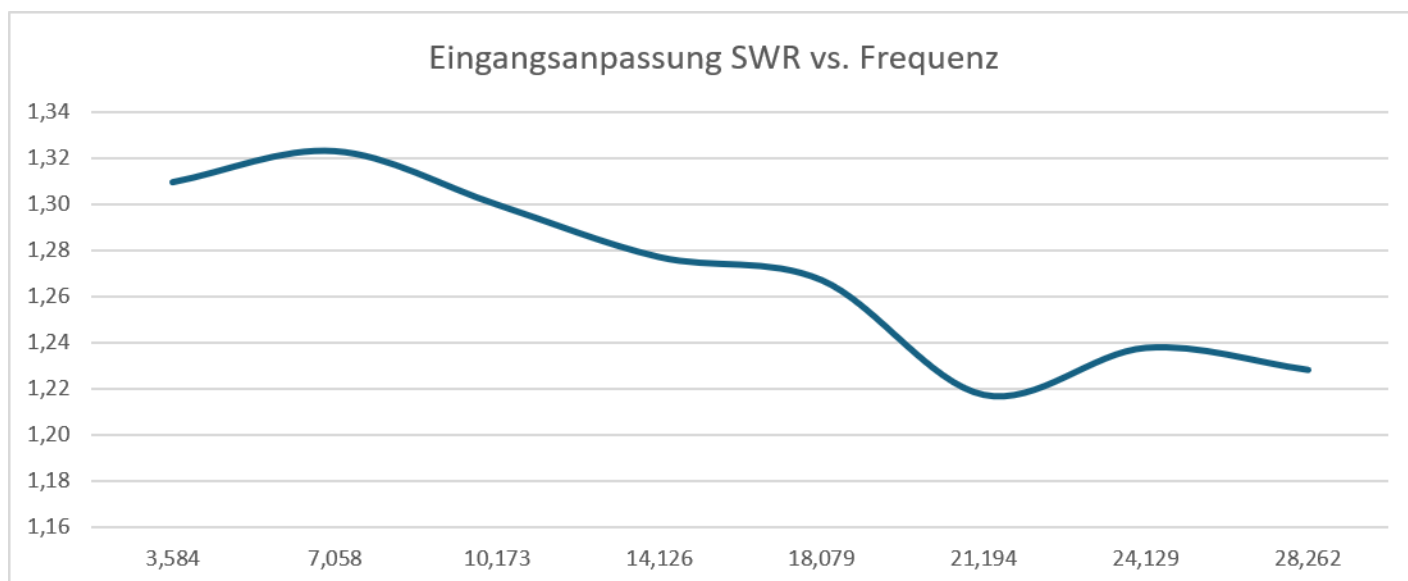


Abbildung 30 – Eingangseinpassung SWR vs. Frequenz

Anpassung 80m

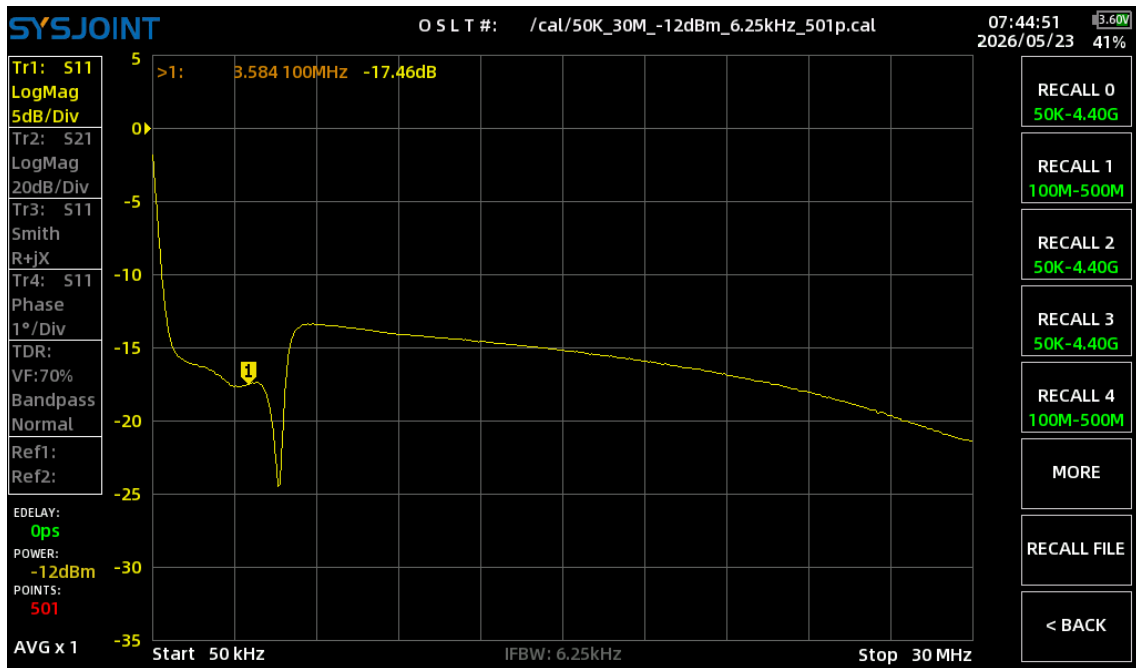


Abbildung 31 - Eingangsanpassung 80m

Anpassung 40m

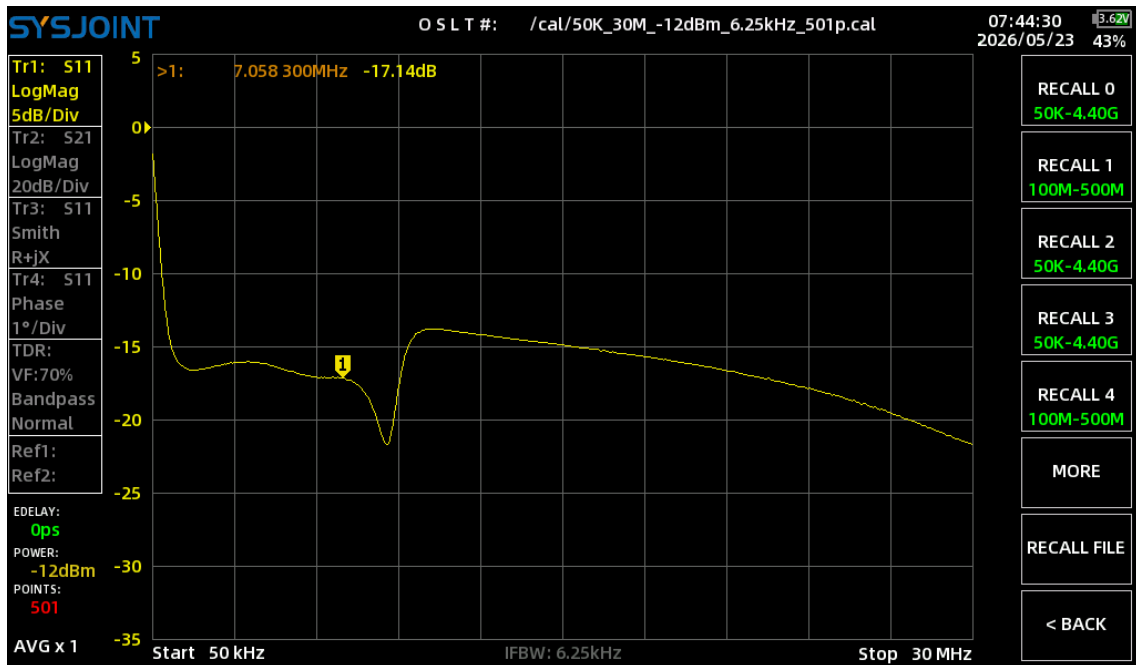


Abbildung 32 - Eingangsanpassung 40m

Anpassung 30m bis 17m

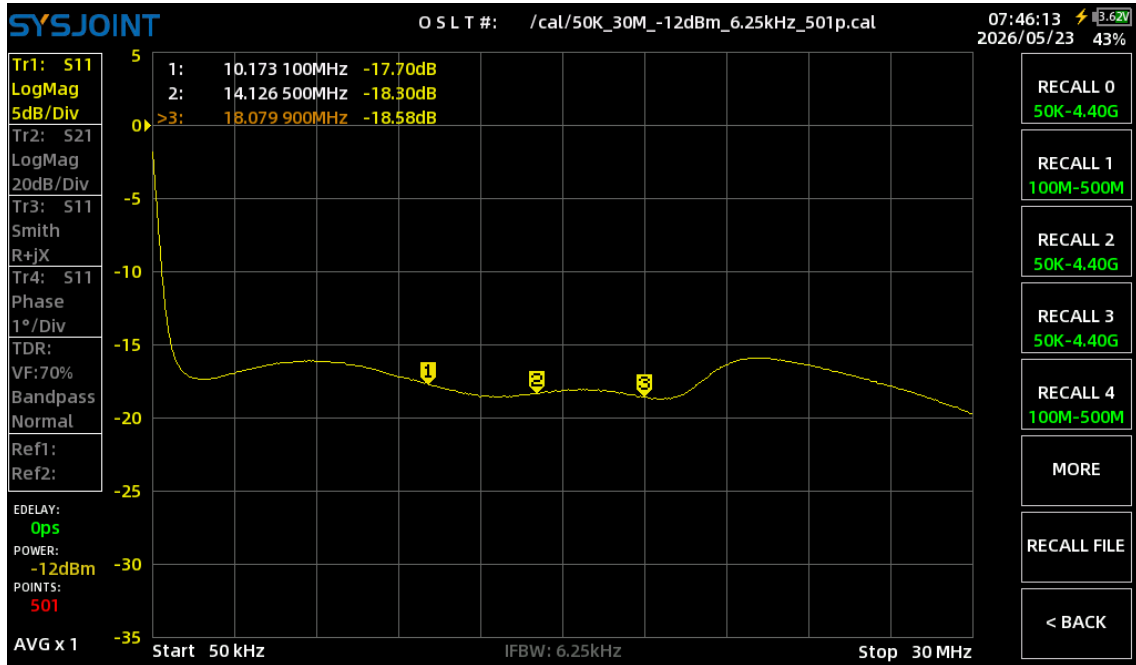


Abbildung 33 - Eingangsanpassung 30m - 17m

Anpassung 15m – 10m

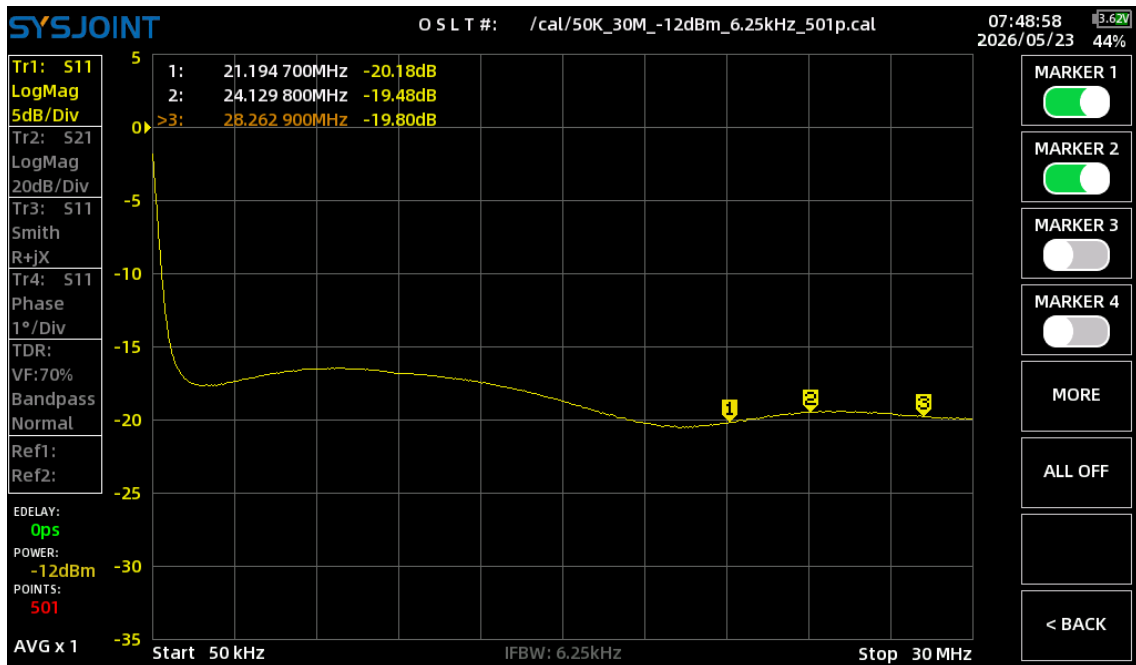


Abbildung 34 - Eingangsanpassung 15m - 10m

MESSUNG IN DER BETRIEBSART CW

Interessant ist, ob das erste CW-Zeichen durch die Endstufe verstümmelt wird.

Um eine wiederholbare Messung zu ermöglichen, habe ich folgende Parameter angepasst.

Parameter	Wert bei Messung
DOT-DASH-Ratio	1:1:3
Rise-Time	4ms
Speed	40WPM

Tabelle 19 – Einstellungen IC-705 für Messung der Sende-/Empfangsumschaltung

Der Sender wurde mit dem Punkt-Paddle des internen Keys getastet.

Für die Messung wurde die Tastleitung auf Kanal 1 und der HF-Ausgang der Endstufe auf Kanal 2 gemessen.

Messung Key-down und maximale Sendeleistung

Die Verzögerung zwischen Key-Down und dem Anliegen der vollen Sendeleistung beträgt mit und ohne aktive Endstufe ca. 11,5ms.

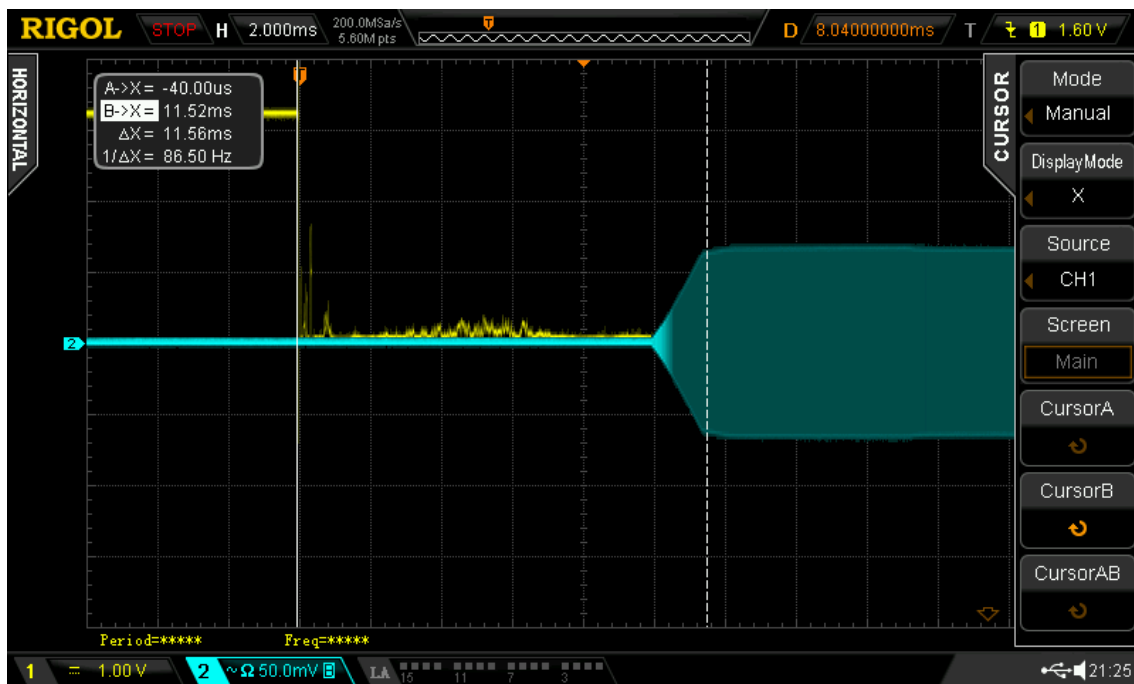


Abbildung 35 - Tastzeit IC-705

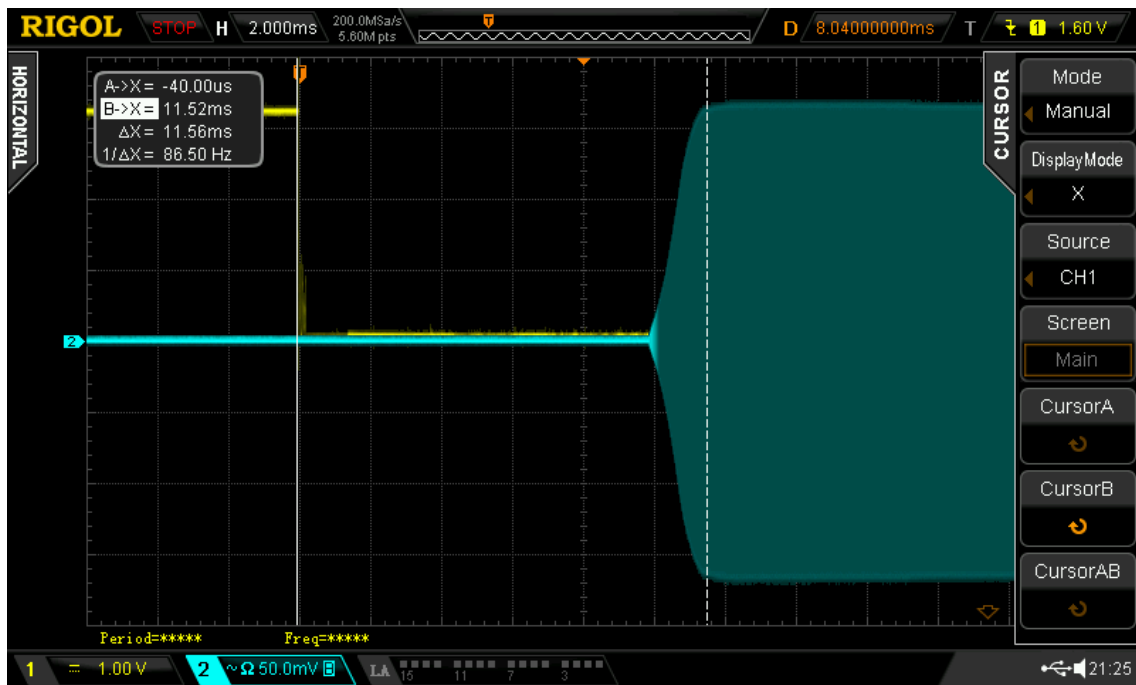


Abbildung 36 - Tastzeit IC-705 + Endstufe

Messung Verkürzung erster Punkt

Eine leichte Zeichenverkürzung findet bei Tempo 40BPM statt. Der 1te Punkt ist HF-mäßig ca. 23ms lang, die Folgepunkte sind ca. 26ms lang.

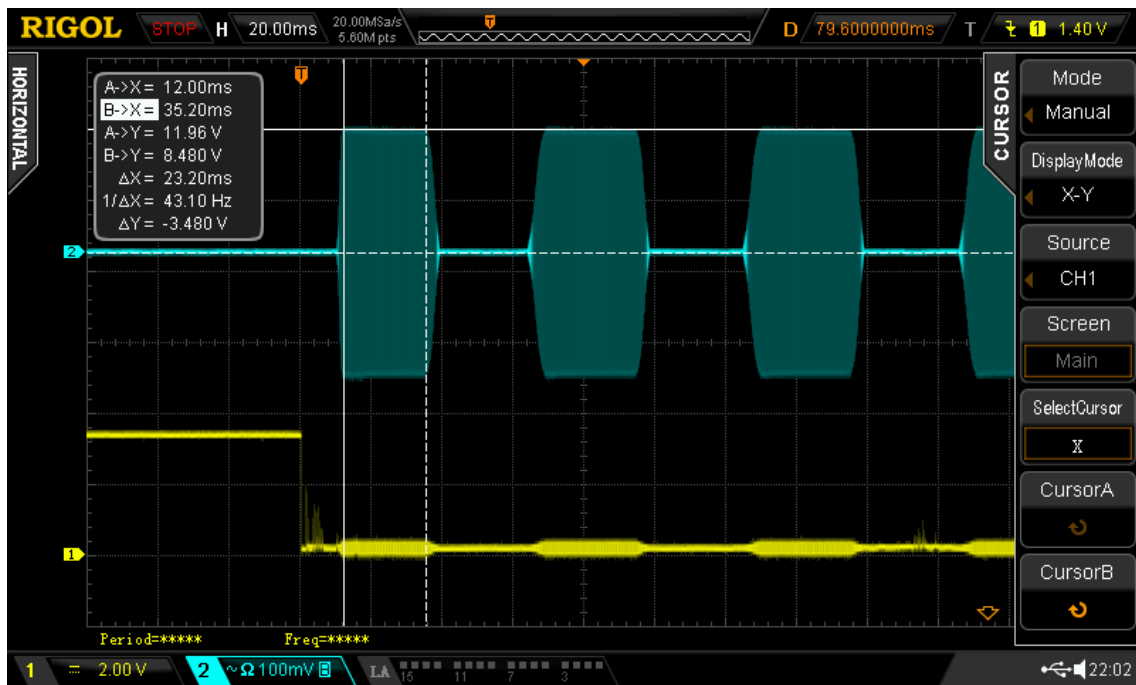


Abbildung 37 – Länge des 1ten Punktes IC-705

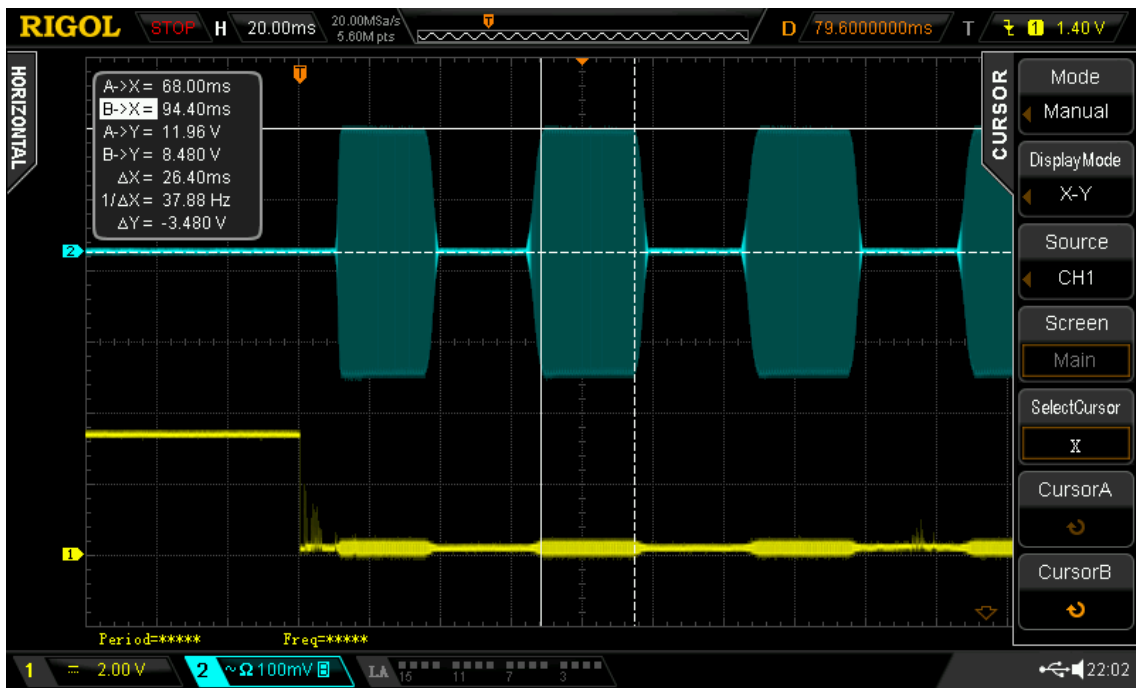


Abbildung 38 – Länge des 1ten Punktes IC-705 + Endstufe

Gehörmäßig sollte die Verkürzung des ersten Punktes nicht auffallen.

UMBAU SENDE-/EMPFANGSUMSCHALTUNG

Nachfolgend wird der Umbau der Ansteuerung der Sende-/Empfangsumschaltung der Endstufe beschrieben.

Alt

Die PTT-Leitung der MX-P50M steuert direkt die beiden Relais K1 / K2 der Sende-/Empfangsumschaltung an.

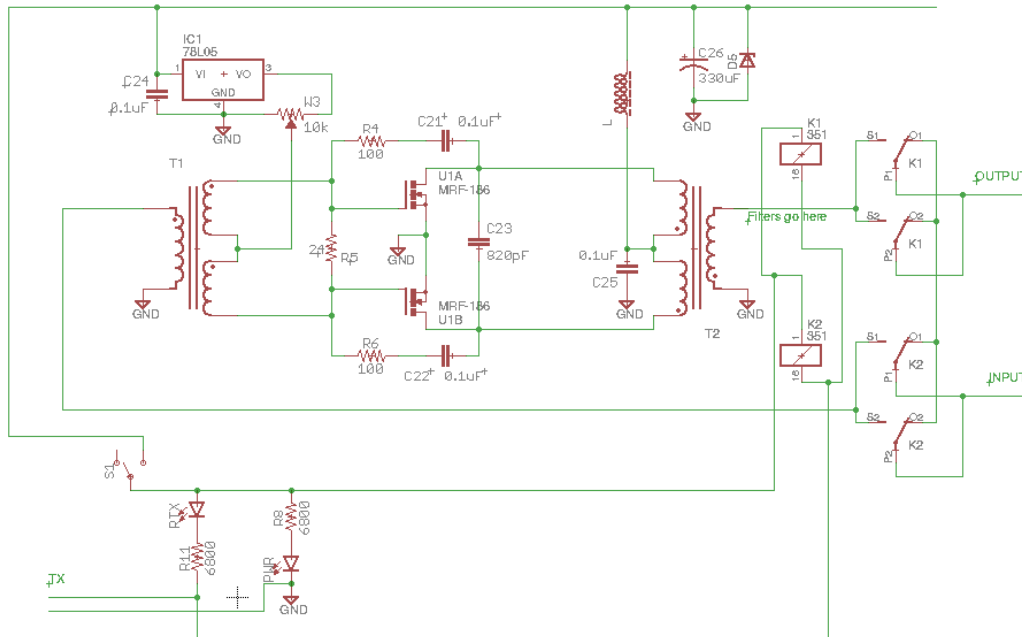


Abbildung 39 - Schaltbild PA

Hierfür wird ein Steuerstrom von ca. 37mA benötigt. Dieser Strom stellt für die meisten Transceiver vermutlich kein Problem dar.

Was hingegen problematisch ist, dass die Gegeninduktion der Relais beim Abfallen eine hohe Spannung erzeugen – dies führt sicher zu Problemen bei FET- / Transistor-PTT-Ausgängen der Transceiver.

Warum der Hersteller drei Bauteile im Wert <€0,10 eingespart hat, ist mir rätselhaft.

Neu

Zur Lösung des zuvor beschriebenen Problems wird in diversen Beiträgen im Internet wird hierfür eine einfache Treiberstufe mit einem PNP-Transistor vorgeschlagen:

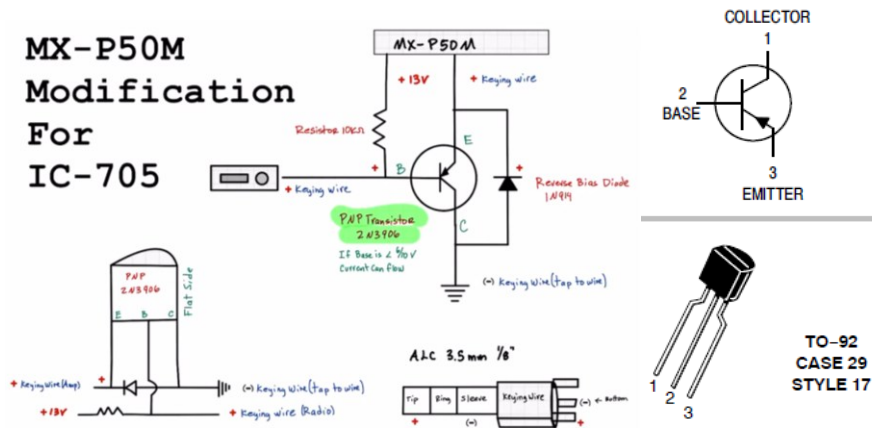


Abbildung 40 – Treiberstufe⁵

Auf Grund der Bauteileverfügbarkeit habe ich für den Transistor einen BC307C verwendet. Hierbei ist zu beachten, dass die Anschlussbelegung anders ist. Als Diode habe ich eine 1N4148 genutzt.

Die Schaltung kann sehr kompakt ohne Leiterplatte aufgebaut werden.

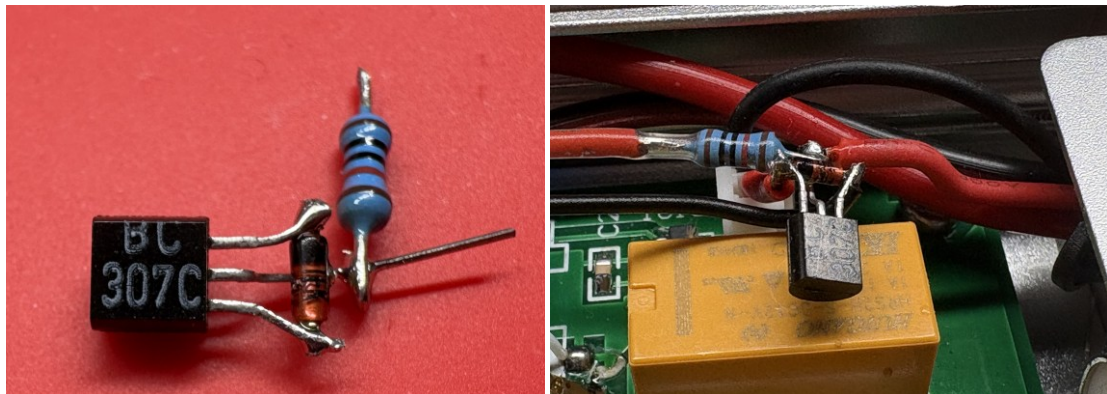


Abbildung 41 - Key-Circuit

⁵ https://www.youtube.com/watch?v=wtj93Rj_zk8

Sie wird in die PTT-Leitung der Endstufe eingefügt und erhält zusätzlich die Betriebsspannung (geschaltet über den Einschalter der Endstufe) und Masse über extra Zuleitungen:

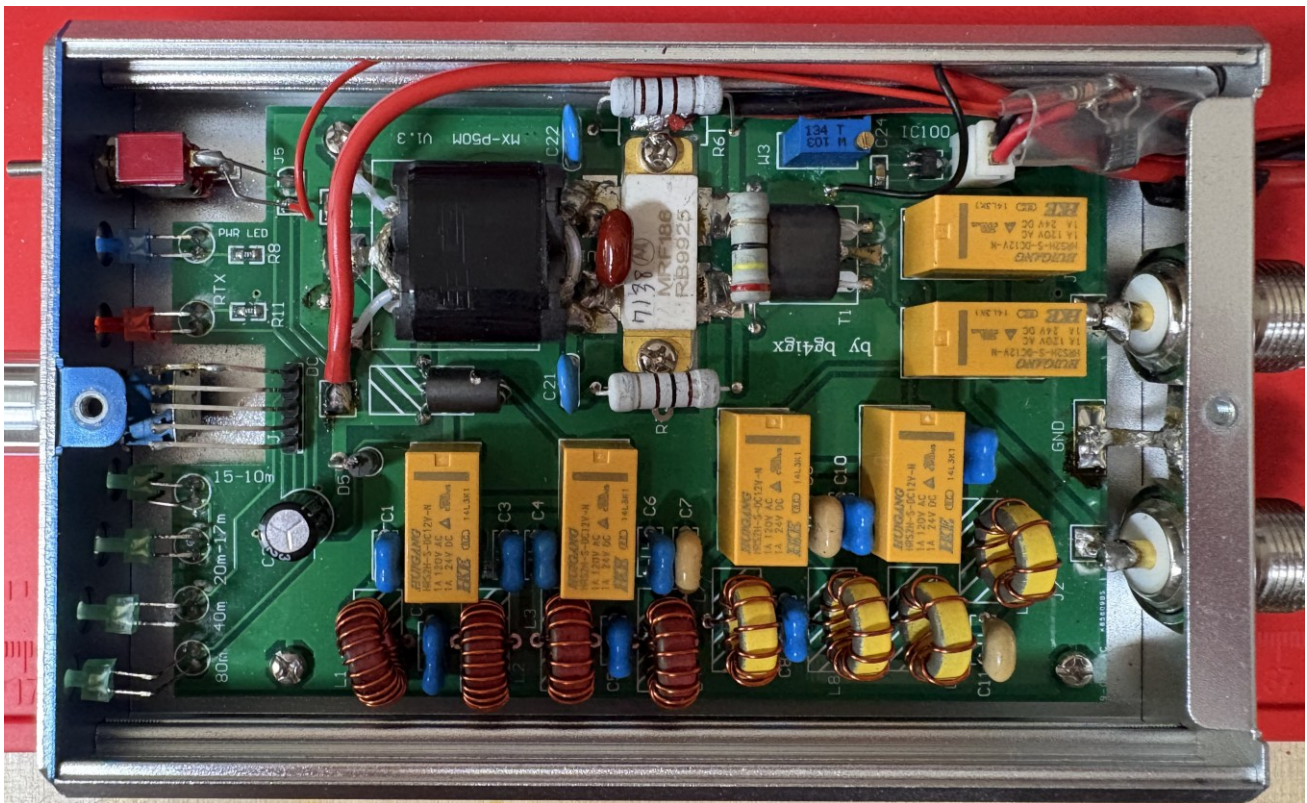


Abbildung 42 - Einbau in Endstufe

ZUSAMMENFASSUNG

Die gezeigten Messungen zeigen eine gute Leistung der Endstufe gemessen am Aufwand in der Endstufe und dem Preis von aktuell ca. €250,- bei Versand aus China⁶. In Deutschland kann die Endstufe nicht gekauft werden, da ihr die CE-Kennzeichnung fehlt. Suchanfragen in den einschlägigen Amateurfunk-Foren sollten aber relativ schnell zu einem Ergebnis führen.

Die Endstufe sorgt auf den Kurzwellen-Bändern bei einer Ansteuerleistung von 5W zwischen 38W auf 80m (+8dB) und 31W (7,9dB) auf 10m doch für einen nennenswerten Anstieg des Sendesignals. Dabei bewegt sich bei 13,8VDC die Stromaufnahme zwischen 5,0A bei 80m und 4,3A bei 18m. Was zu einem mittleren Wirkungsgrad von 55% führt.

Die exemplarisch bei 7MHz gemessene Unterdrückung der 3ten-Oberwelle liegt bei mindestens 51,7dB. Die der 5ten-Oberwelle bei mindestens 41,2dB. Wobei hier wohl größere Exemplar-Streuungen auftreten, wie in den Tabellen *Tabelle 6 - Oberwellenunterdrückung DL2SBA* auf Seite 8 und *Tabelle 7 - Oberwellenunterdrückung DM1TBE* auf Seite 8 ersichtlich ist.

Der Einsatz der Endstufe an einem IC-705 (bei einer Steuerleistung von 5W) reduziert den gemessenen IM₃-Wert des IC-705 von 30,98dB auf 21,25dB bei einer Ausgangsleistung von 35,81W im 20m-Band.

Die Eingangsanpassung der Endstufe ist bei den Kurzwellen-Bändern gut und liegt im SWR-Bereich zwischen 1,22:1 und 1,32:1.

Die Endstufe sollte sich auch gut für den Einsatz in der Betriebsart CW eignen, da die Verkürzung des ersten Zeichens nur wenige Millisekunden beträgt.

⁶ Es gibt aber auch Versender aus China, die dafür über €500,- verlangen 😞

LINKS

Nachfolgende Quellen im Internet haben mich dabei unterstützt:

- <https://www.youtube.com/watch?v=k8dwJMOdEMI>
- https://www.youtube.com/watch?v=wtj93Rj_zk8
- <https://dk9jc.de/blog/equipment/66-mx-p50m-50w-hf-power-amplifier-fuer-ft-817>
- <https://www.dj5am.de/ic705strg.html>
- https://www.carnut.info/IC-705/IC-705_PTT-Interface/V2.0_BOM_and_SCH/
- https://oshpark.com/shared_projects/mcmzPLEv
- https://dc4ku.com/.cm4all/uproc.php/0/Sender%2C%20Messtechnik/Praxis_der-IM-Messung_an_Sendern_am_Beispiel_des_IC7300.pdf?cdp=a&=1970db261d1
- <https://www.audiotester.de/>
- <https://vac.muzychenko.net/en/>
- <https://www.audacityteam.org/>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 80m	6
Abbildung 2 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 40m	7
Abbildung 3 – Oberwellenunterdrückung DL2SBA vs. DM1TBE	8
Abbildung 4 – Oberwellen 40m bei 5W des IC-705	9
Abbildung 5 – Oberwellen 40m bei 1W-Steuerleistung	9
Abbildung 6 – Oberwellen 40m bei 2W-Steuerleistung	10
Abbildung 7 – Oberwellen 40m bei 3W-Steuerleistung	10
Abbildung 8 – Oberwellen 40m bei 4W-Steuerleistung	11
Abbildung 9 – Oberwellen 40m bei 5W-Steuerleistung	11
Abbildung 10 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 30m	12
Abbildung 11 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 20m	13
Abbildung 12 – Einstellung für das 2-Ton NF-Signal	14
Abbildung 13 - 2-Ton NF-Signal	14
Abbildung 14 – Export des Signals in Audacity	15
Abbildung 15 – Zielverzeichnis für Sendespeicher beim IC-705	15
Abbildung 16 – Aussenden eines Sprachspeicher im IC-705	16
Abbildung 17 – Spektrum IM ₃ IC-705 bei 5W	18
Abbildung 18 – Spektrum IM ₃ IC-705 bei 10W	19
Abbildung 19 – Spektrum IM ₃ PA bei 1W Steuerleistung	20
Abbildung 20 – Spektrum IM ₃ PA bei 2W Steuerleistung	21
Abbildung 21 – Spektrum IM ₃ PA bei 3W Steuerleistung	21
Abbildung 22 – Spektrum IM ₃ PA bei 4W Steuerleistung	22
Abbildung 23 – Spektrum IM ₃ PA bei 5W Steuerleistung	22
Abbildung 24 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 17m	23
Abbildung 25 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 15m	24
Abbildung 26 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 12m	25
Abbildung 27 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 10m	26
Abbildung 28 – Verstärkungsverlauf	27
Abbildung 29 - Eingangsanpassung Messaufbau	28
Abbildung 30 – Eingangseinpassung SWR vs. Frequenz	29
Abbildung 31 - Eingangsanpassung 80m	30
Abbildung 32 - Eingangsanpassung 40m	30
Abbildung 33 - Eingangsanpassung 30m - 17m	31
Abbildung 34 - Eingangsanpassung 15m - 10m	31
Abbildung 35 - Tastzeit IC-705	32
Abbildung 36 - Tastzeit IC-705 + Endstufe	33
Abbildung 37 – Länge des 1ten Punktes IC-705	33
Abbildung 38 – Länge des 1ten Punktes IC-705 + Endstufe	34
Abbildung 39 - Schaltbild PA	35
Abbildung 40 – Treiberstufe	36
Abbildung 41 - Key-Circuit	36

Abbildung 42 - Einbau in Endstufe 37

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 - Eingesetzte Messgeräte.....	5
Tabelle 2 - Allgemeine Messungen.....	5
Tabelle 3 – Leistungsaufnahme bei 5W Ansteuerung.....	5
Tabelle 4 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 80m	6
Tabelle 5 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 40m	7
Tabelle 6 - Oberwellenunterdrückung DL2SBA.....	8
Tabelle 7 - Oberwellenunterdrückung DM1TBE	8
Tabelle 8 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 30m	12
Tabelle 9 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 20m	13
Tabelle 10 – Einstellungen IC-705 für IM ₃ Messungen	16
Tabelle 11 – Spaltenbeschreibung IM ₃ Messungen	17
Tabelle 12 – IM ₃ Messungen IC-705 ohne Endstufe	18
Tabelle 13 – IM ₃ Messungen IC-705 mit Endstufe	20
Tabelle 14 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 17m	23
Tabelle 15 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 15m	24
Tabelle 16 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 12m	25
Tabelle 17 - Eingangs- vs. Ausgangsleistung 10m	26
Tabelle 18 – Eingangsanpassung vs. Frequenz.....	29
Tabelle 19 – Einstellungen IC-705 für Messung der Sende-/Empfangsumschaltung.....	32