

Tuner & dessen Wahrheiten

Workshopp HB9LU
de HB9BXE hans-peter
Fr 20. Oktober 2023

Inhalt

- Einleitung
- Ein Beispiel aus der Praxis
- Das Problem der HF-Leistungs-Messung
- Wie messe ich HF an **nicht** 50Ω Ports
- Wir untersuchen verschiedene Tuner
- Ergänzende Erklärungen dazu
- Reale Praxis-Beispiele
- Fragen beantworten

Einleitung

- Jeder Funkamateurliebt wohl so ein Gerät (Tuner) im Einsatz
- es wird viel Diskutiert, welcher Tuner der Beste ist.
- In dieser Abhandlung werde wir die verschiedenen Tuner auf ihre Eigenschaften untersuchen mit dem Fokus auf den besten Wirkungsgrad
- Im Weiteren werde ich den Unterschied zwischen einem Symmetrischen und Asymmetrischen Tuner aufzeigen
- Das ist quasi eine Folge zu meinem Artikel «welches ist die beste Matchbox». [Hier den Link zum Beitrag im HB-Radio](#)

Feld-Versuch

Feld-Versuch T-Matchbox 50 Ohm zu T-Machbox 50 Ohm

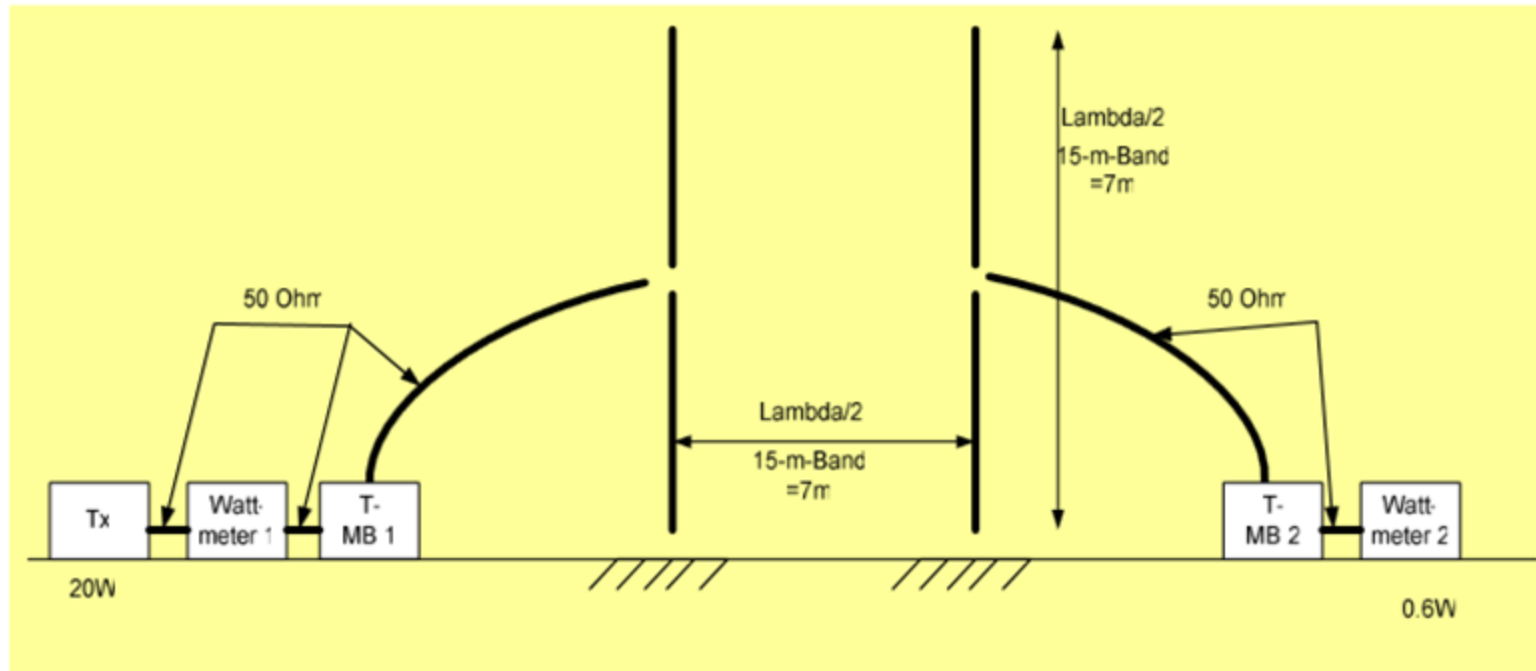


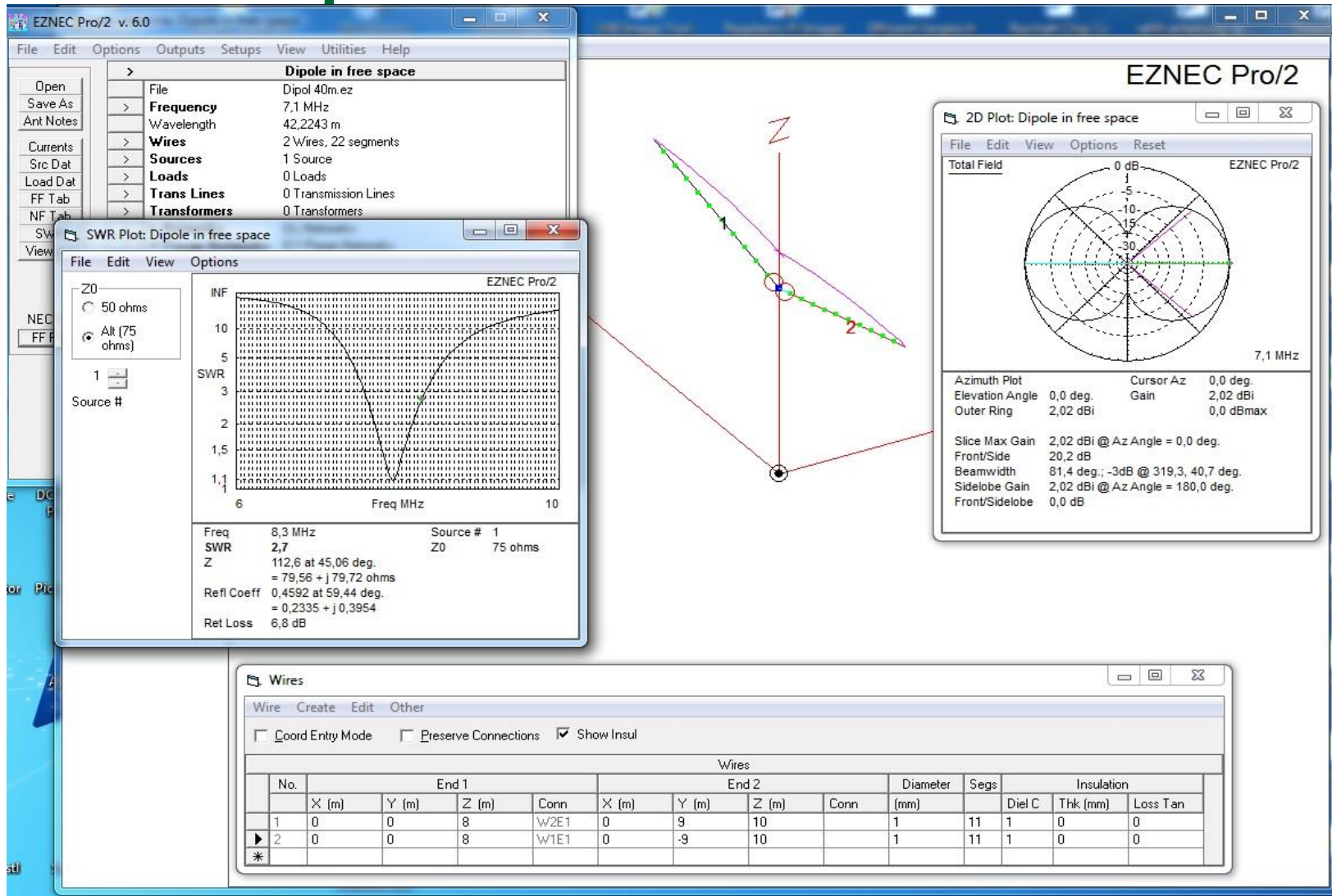
Bild 1 Feld-Versuch 1, Input 20 W-Output = 0.6W

Feld-Versuch mit zwei Stück T-Matchboxen.

T-MB1 ist ein MFJ-989C, belastbar bis 1Kw, mit 50 Ohm und balnced 300 Ohm Anschluss.

T-MB2 ist eine home brew Matchbox, gleich aufgebaut wie der MFJ-989C, mit 50 Ohm und balnced 300 Ohm Anschluss, Belastbarkeit jedoch für >1Kw.

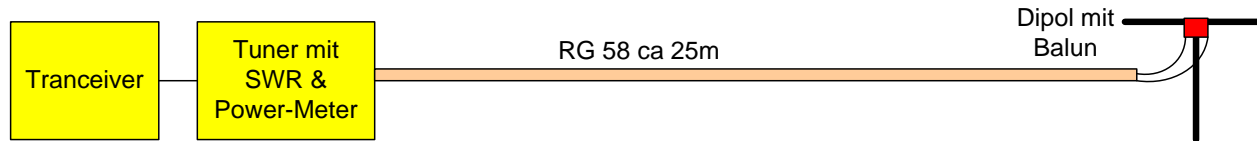
Ein Beispiel aus der Praxis



3 Das Problem HF-Leistung Messen

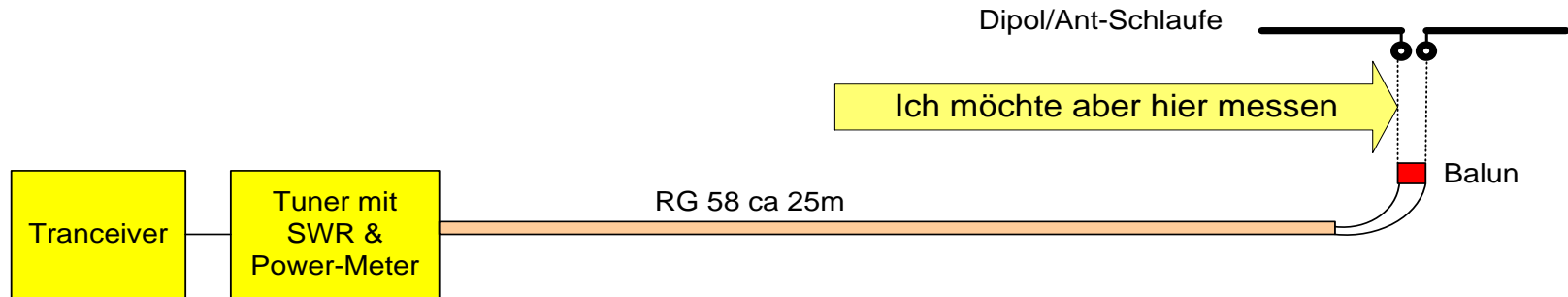
- Mit dem Sprichwort «wer Misst mist **Misst**» kann ich umgehen, aber ich habe trotz dieser Binsenwahrheit einen weiten Weg gefunden, der reproduzierbar ist.
- Üblich messen wir ja die Leistung mit einem üblichen Wattmeter mit einer Impedanz von 50Ω .
Das ist weitgehend eine korrekte Messung, abgesehen von den doch grösseren Toleranzen. Weist ein Wattmeter in den Technischen Unterlagen 5% auf, dann sind das eben 10%, und das ist doch schon viel.
- Aber wie messen wir die Leistung direkt am Antennen-Eingang, hier haben wir oft nicht 50Ω .
Und genau hier möchte ich wissen, wie viel Leistung da ankommt, durch die Zuleitung vom Transmitter- Tuner, etc.

Eine übliche Station-Einrichtung



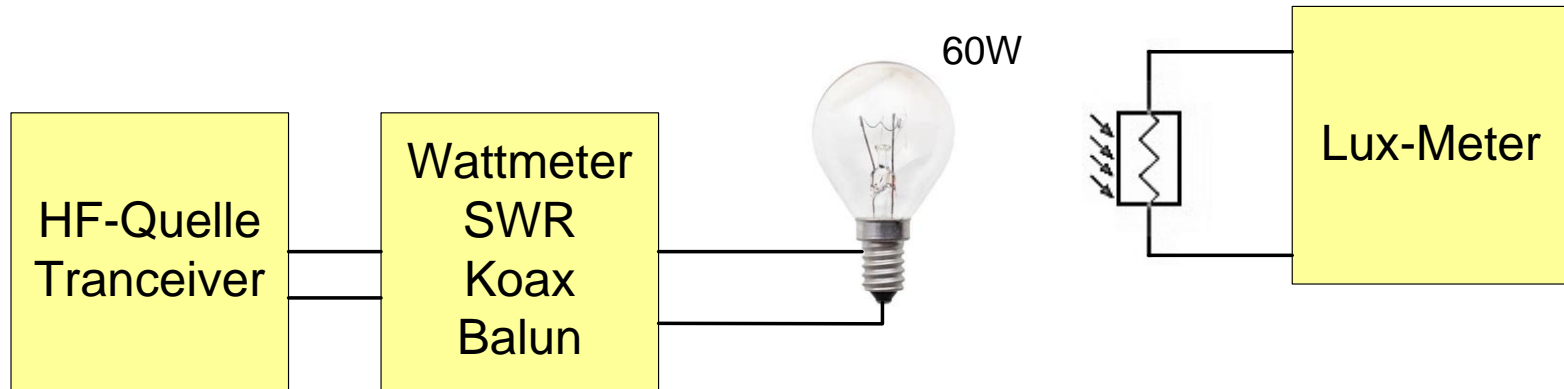
- Üblich messen wir ja die Leistung mit einem üblichen Wattmeter mit einer Impedanz von 50Ω .
- Das ist weitgehend eine korrekte Messung, abgesehen von den doch grösseren Toleranzen. 😊
- Weist ein Wattmeter in den Technischen Unterlagen 5% auf, dann sind das eben 10%, und das ist doch schon viel.
- Hier haben wir auch korrekterweise am Speisepunkt der Antenne einen Balun eingefügt.
- Bindeglied von Asymmetrisch auf Symmetrisch, Transformation 1-1 oder 4:1 und Mantelwellen abblocken.

Wie viel Leistung aber flisst in die Antenne?



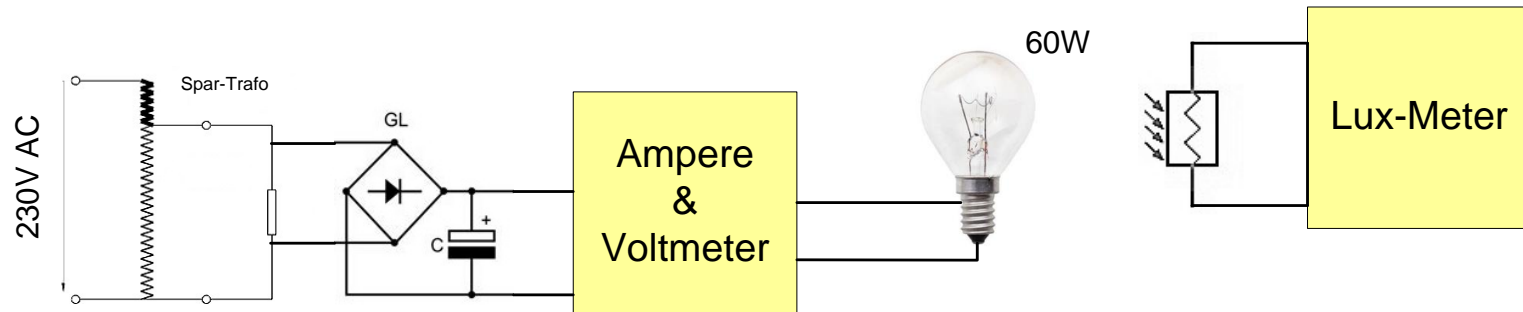
- Leistung messen direkt am Dipol oder Schleifenantenne.
- Mit einem herkömmlichen Powermeter geht das schlecht, denn diese sind auf 50Ω normiert.
- Die Impedanz der Antenne hat keine exakten 50Ω , daher gibt es dadurch grosse Messfehler.

Wie messe ich HF-Leistung an «Nicht-50Ω» Ports?



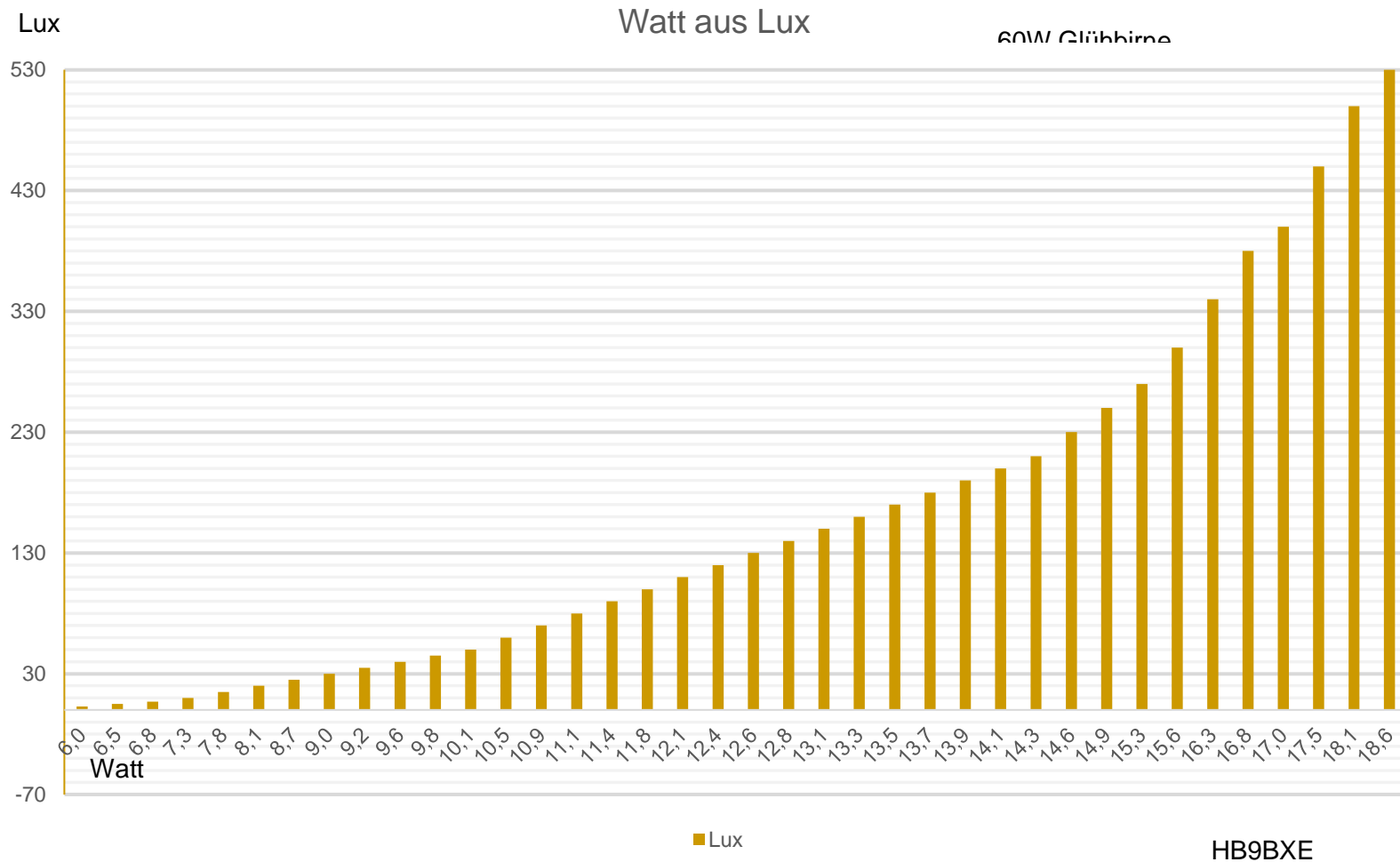
- Energie ist nicht vernichtbar, sondern nur umwandelbar in Wärme und Licht.
- Dabei bediene ich mich mit der Messung des Lichtes, also die Messeinheit Lux.
- Diese Auswertung ist stabiler als diejenige der Wärme.
- Da sich die Umgebung mit der Zeit thermisch mehr aufschaukelt als Licht.

Exakte Eichung des erhaltenen Lux-Wertes in Watt

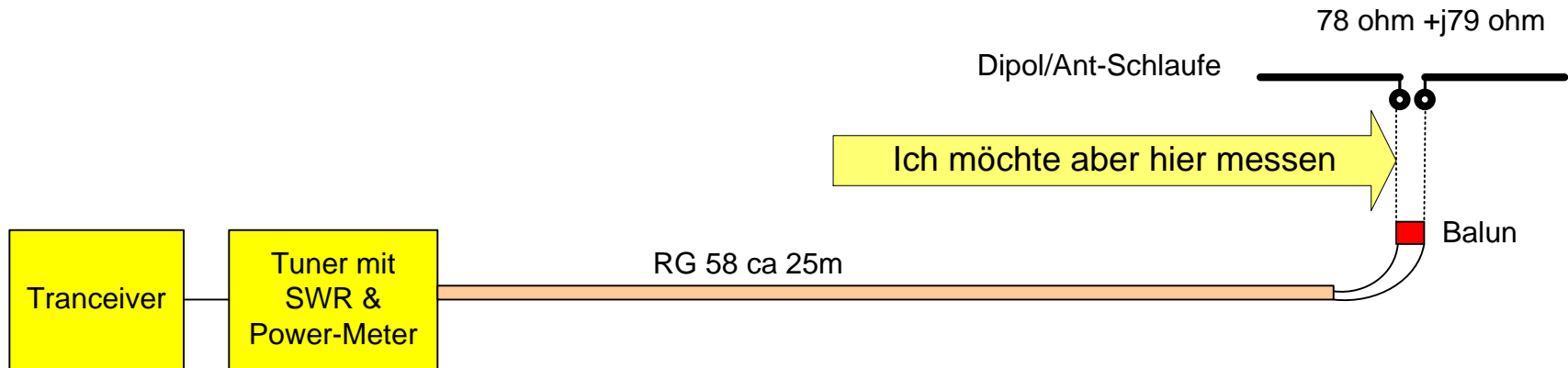


- Dabei schliessen wir unsere Glühbirne an die oben links gezeigte Schaltung.
- Wir verwenden einen 230V AC Regler, also einen Spar Trafo.
- Um die Strom und Spannungs-Messung zu erleichtern, machen wir aus der Wechselspannung eine Gleichspannung.
- Wir erhöhen nun die Spannung soweit, bis sich der gleiche Lux-Wert ergibt.
- Nun können wir leicht die Leistung mit der Formel $U \times I$ die Leistung errechnen.

Vergleichs-Tabelle Lux Verso Watt

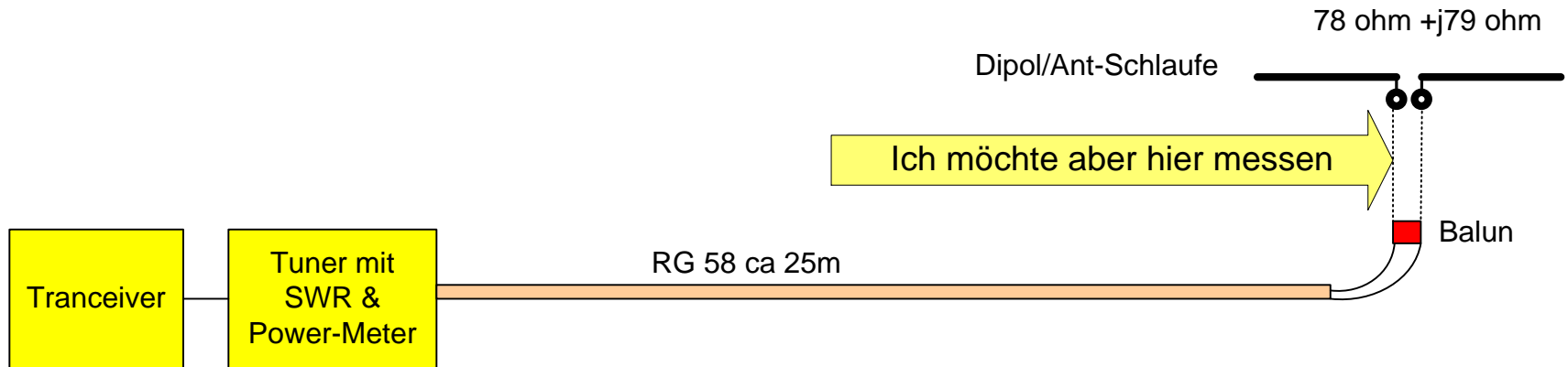


Unsere Schaltung zum Untersuchen (bei 7.1MHz)



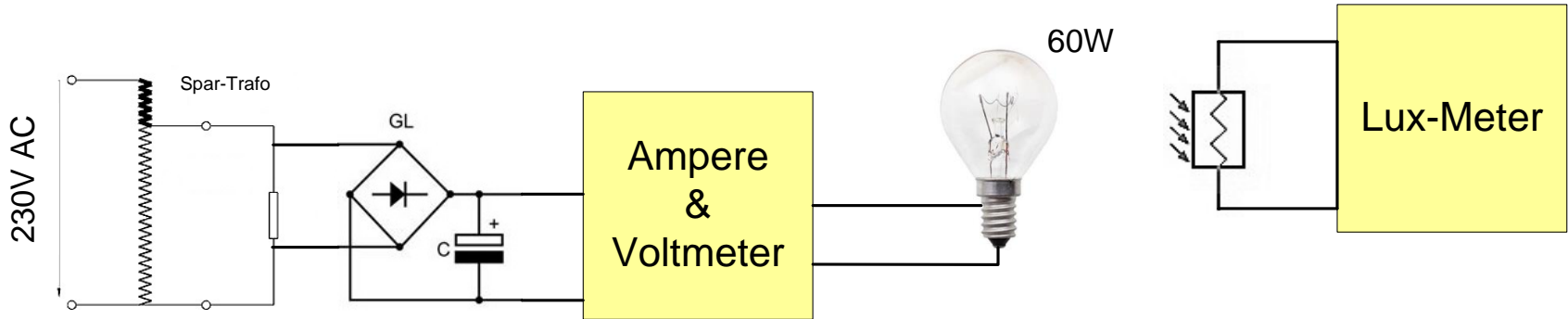
- Aber wie messe ich nun die Leistung am Dipol-Fusspunkt.
- Also nach dem Balun, wenn ein solcher vorgesehen ist?

Unser Mess-Aufbau für 7.1MHz



- Anschliessend möchten wir erfahren, welche Matchbox am meisten Leistung schlussendlich an den Antennen-Einspeise-Punkt bringt.

Messeinrichtung eichen



■ $U = \dots\dots\dots V$

■ $I = \dots\dots\dots A$

■ $P = \dots\dots\dots W$

■ Aus früheren Messungen, $50\text{Lux} = 70.7\text{ VDC} = 10\text{ W}$

Test-Objekt a.)



- ATU-100, Auto-Tuner 100W by N7DDC
- Solche Tuner finden wir jeweils auch in unseren Transceivern eingebaut.

Test-Objekt b.)



- MN-2000 Drake 2Kw
- Ein wirklich alter Tuner der Drake-Line, nur noch auf Flohmarkt zu finden.

Test-Objekt c.)



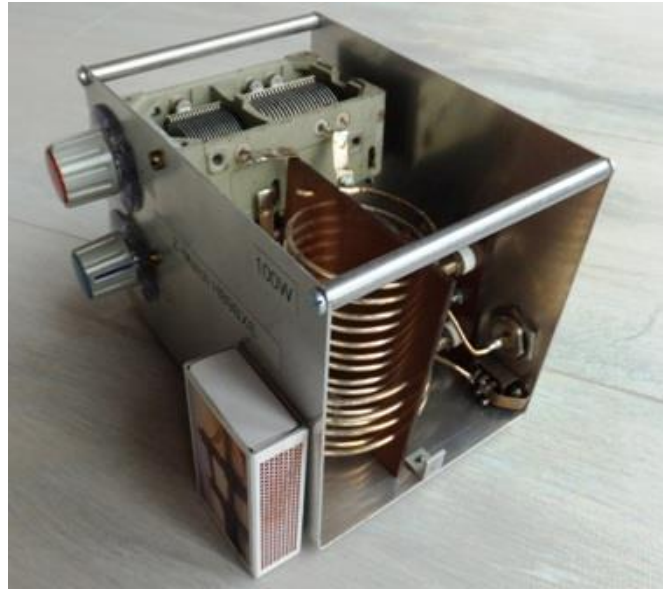
- MFJ Versa Tuner 989C 3 Kilowatt
- Das (heutige) Flagg-Schiff der Tuner
Flexibel und 1kW belastbar.

Test-Objekt d.)



- Doppel-L- Matchbox 100W HB9BXE
- Eine wenig bekannte Art Tuner, wohl darum, weil grosser Aufwand an Kosten, es sind die zweifachen Kosten an Induktivitäten.

Test-Objekt e.)



- Z-Match 100W HB9BXE
- Eine alt bekannte und sehr tolerante Matchbox, mit welcher nun wirklich alles angepasst werden kann.
- Mit dieser MB erhält man immer das beste SWR.

Test-Objekt f.)



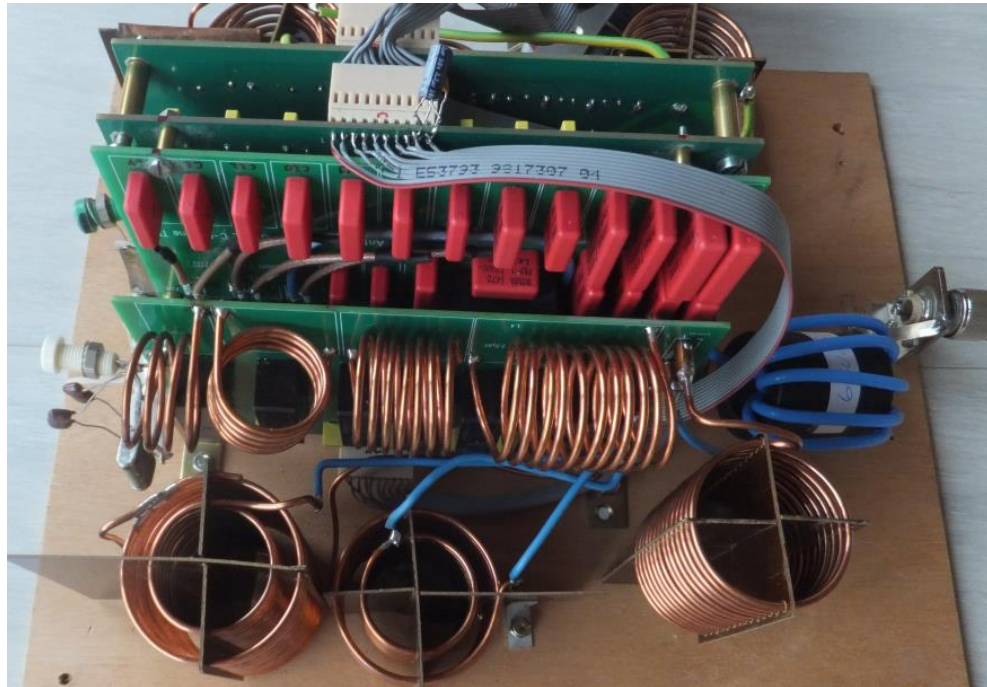
- Ein interessantes Selbstbau-Projekt aus der Bastel-Kiste.

Test-Objekt g.)



- HB9BXE ATU asymmetrisch 1KW, ferngesteuert
- Eine komfortable, abgesetzte Matchbox, mit sehr gutem Wirkungsgrad.

Test-Objekt h.)



- HB9BXE ATU symmetrisch 1KW, ferngesteuert
- Eine komfortable, abgesetzte Matchbox, mit sehr gutem Wirkungsgrad.

Test-Objekt a.)



- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 12
- Entspricht der Leistung = 7,5 W
- Wirkungsgrad = 75%

Test-Objekt b.)



- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 22
- Entspricht der Leistung = 8,3 W
- Wirkungsgrad = 83%

Test-Objekt c.) Sym Ausgang



- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 3
- Entspricht der Leistung = 6 W
- Wirkungsgrad = 60%

Test-Objekt c.) Koax Ausgang



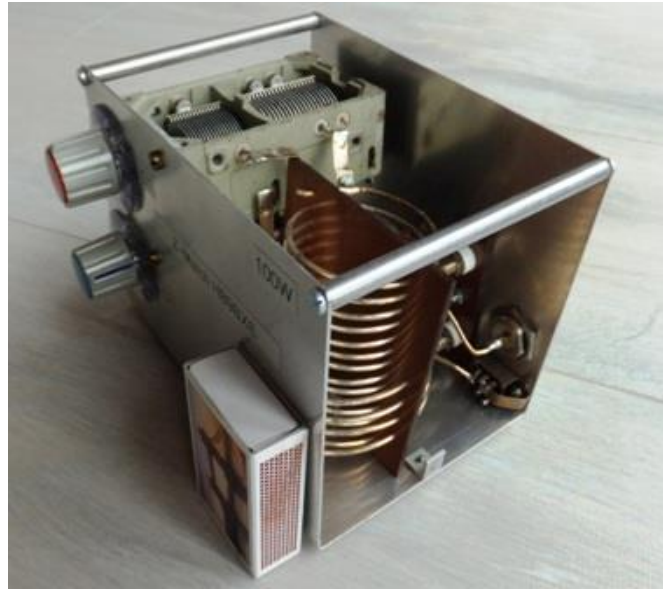
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 14
- Entspricht der Leistung = 7,2 W
- Wirkungsgrad = 72%

Test-Objekt d.)



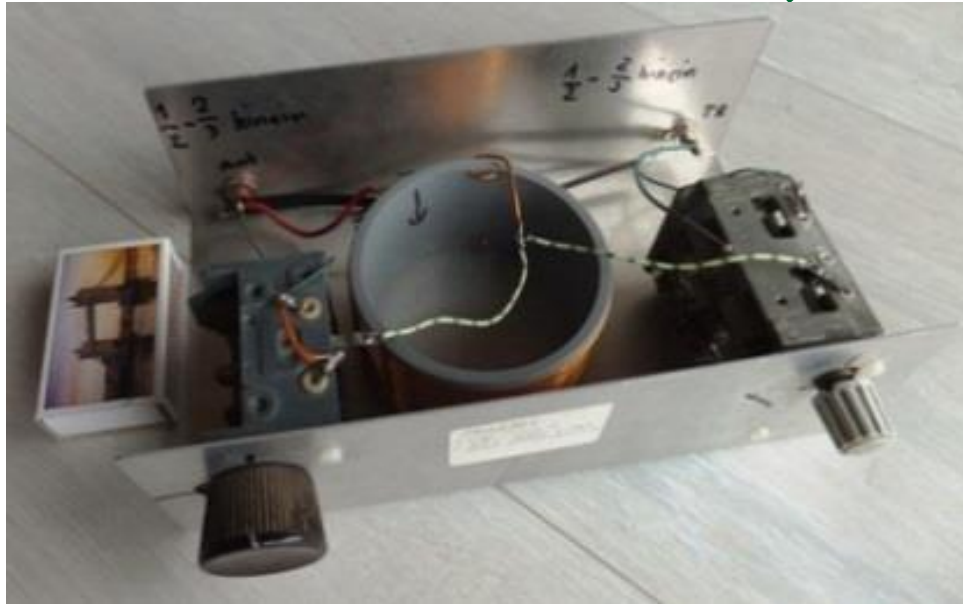
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 20
- Entspricht der Leistung = 8,1 W
- Wirkungsgrad = 81%

Test-Objekt e.)



- $P_{in} = 20 \text{ W}$ (da zu Leistung in die Last/Glühlampe)
- Lux an der Load = 39
- Entspricht der Leistung = 9,6 W
- Wirkungsgrad = 48%

Test-Objekt f.)



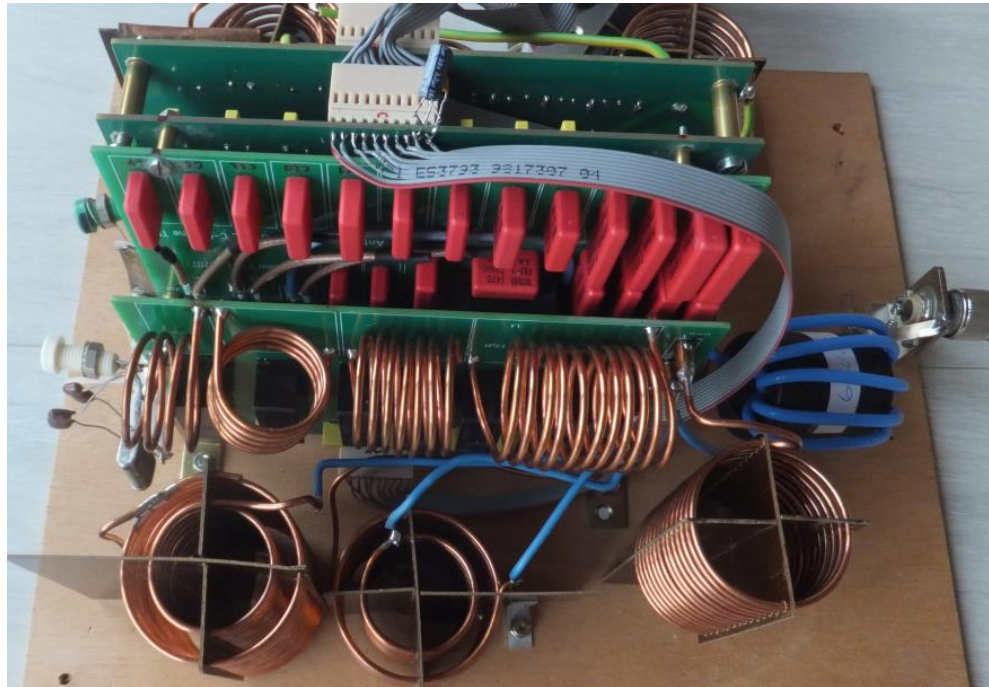
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 20
- Entspricht der Leistung = 8.1 W
- Wirkungsgrad = 81%

Test-Objekt g.)



- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 20
- Entspricht der Leistung = 8.1 W
- Wirkungsgrad = 81%

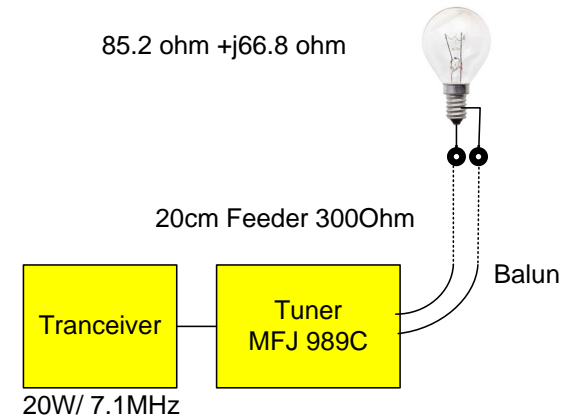
Test-Objekt h.)



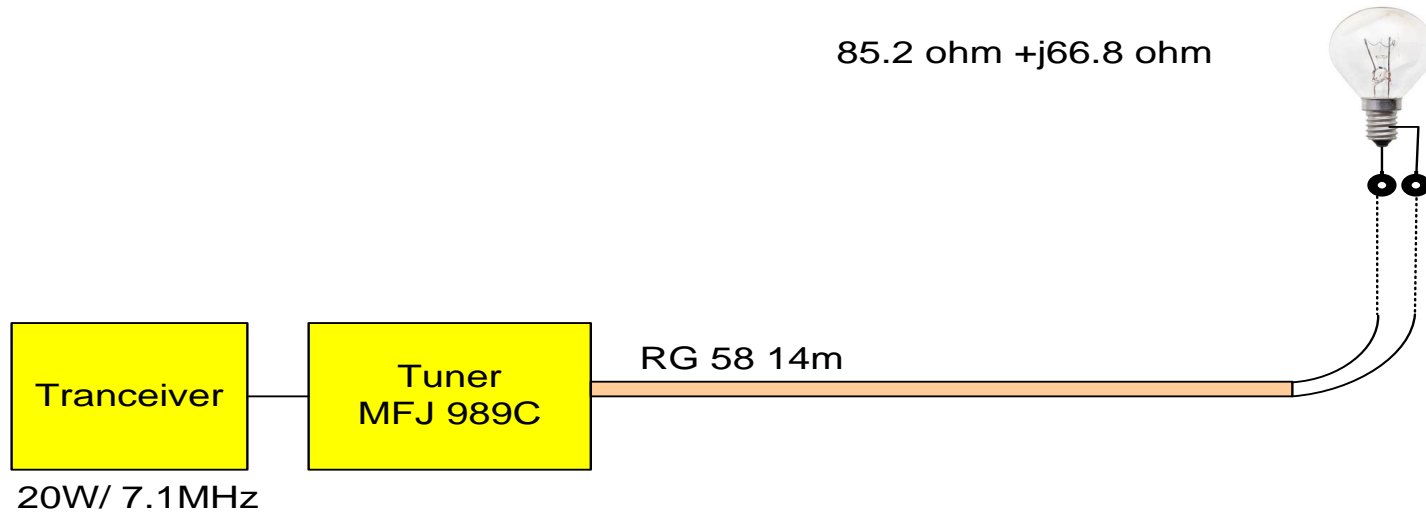
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 24
- Entspricht der Leistung = 8.7 W
- Wirkungsgrad = 87%

Reales Praxis-Beispiel 1

- Der Transceiver ist auf 20 W Ausgangsleistung eingestellt.
- Mit dem Tuner passen wir den komplexen Widerstand der Last ($85.2 \text{ ohm} + j66.8 \text{ ohm}$) an den 50 Ohm Senderausgang an.
- Von den 20 W des Transceiver kommen 14.9 W in die Last (Birne).
- 5.1 W werden im Tuner vernichtet.

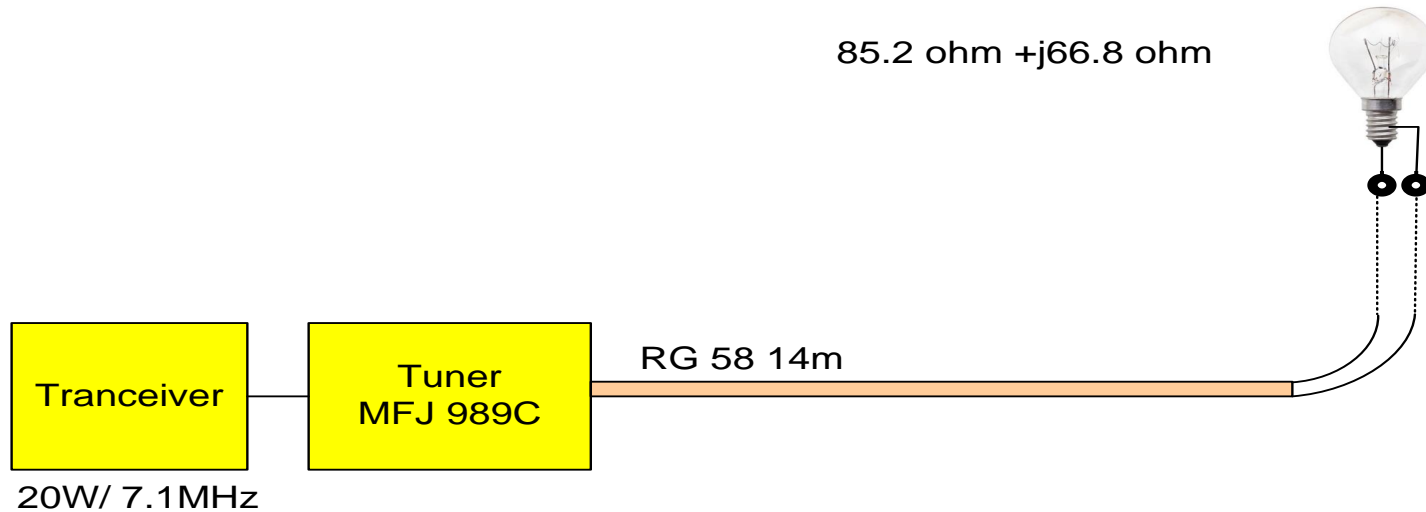


Reales Praxis-Beispiel 2



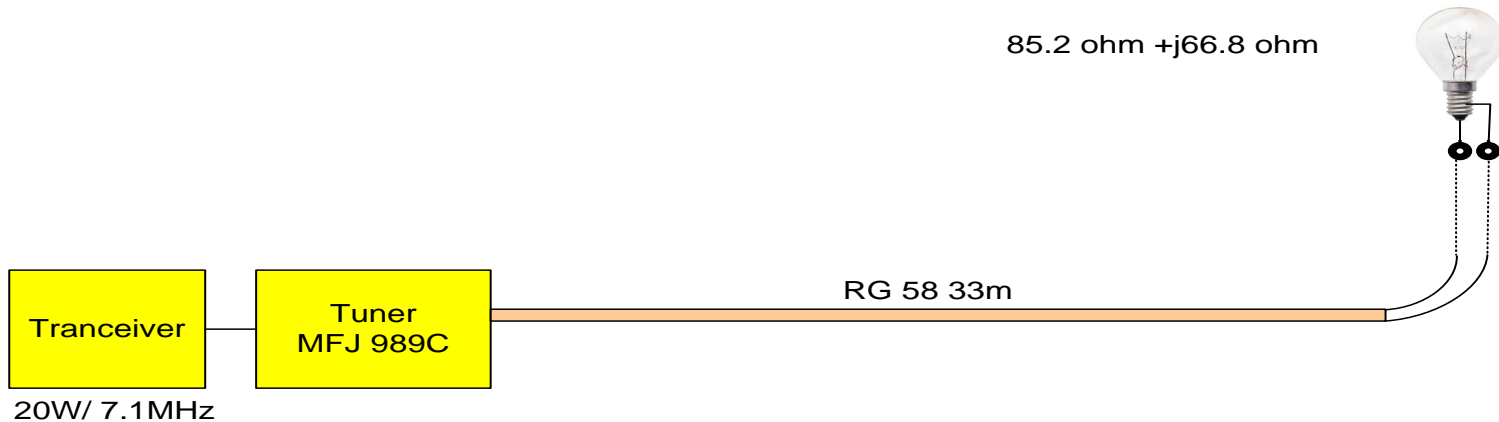
- Hier haben wir zwischen Tuner ein 14m langes RG58 Koaxial-Kabel.
- Mit dem Tuner passen wir wiederum den komplexen Widerstand der Last ($85.2 \text{ Ohm} + j66.8 \text{ ohm}$) an den 50 Ohm Senderausgang an.
- Merkwürdigerweise sind die Einstellungen am Tuner aber nicht die gleichen, wie im Beispiel Nr. 1.

Reales Praxis-Beispiel 2



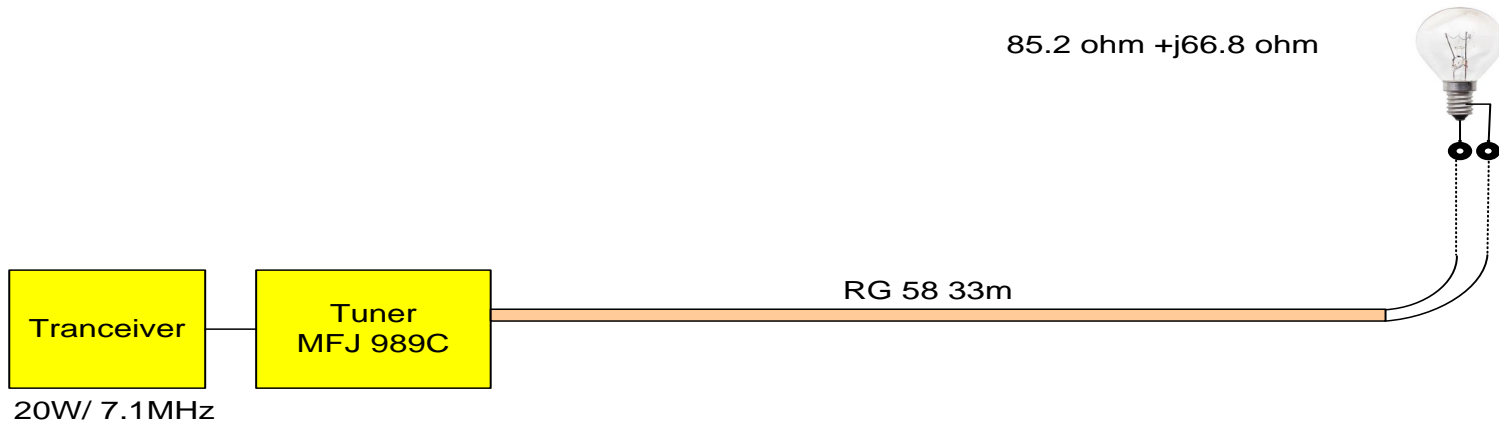
- $P_{in} = 20 \text{ W}$
- Lux an der Load = 57 Lux
- Entspricht der Leistung = 10.3 W
- Wirkungsgrad = 50%

Reales Praxis-Beispiel 3



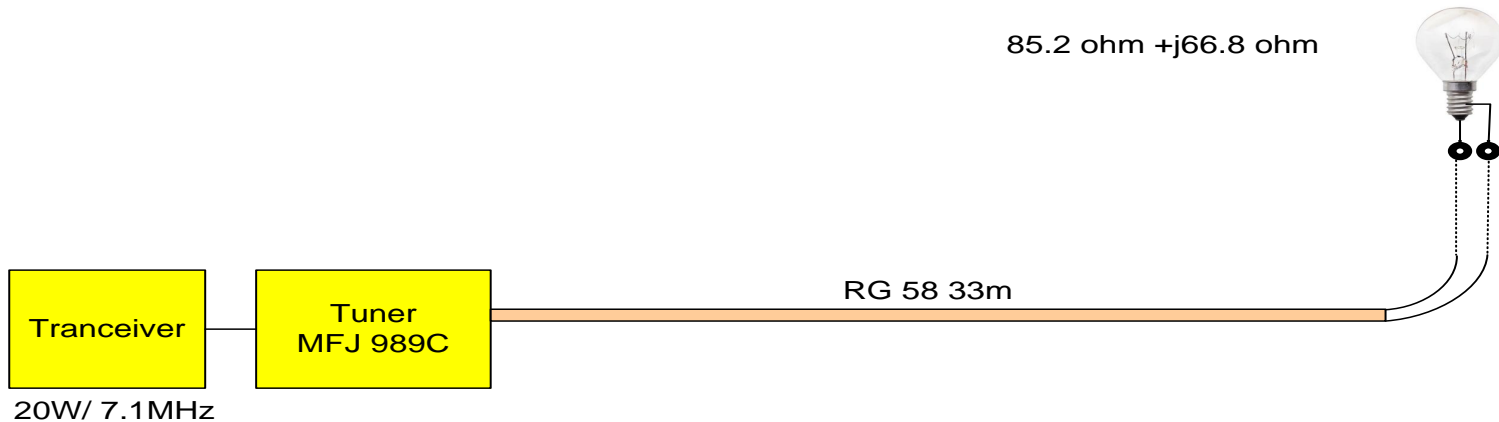
- Hier haben wir ein 33 m langes RG58 Koaxial-Kabel, hin zur Last.
- Mit dem Tuner passen wir wiederum den komplexen Widerstand der Last ($85.2 \Omega + j66.8 \Omega$) an den 50 Ohm Senderausgang an.
- Merkwürdigerweise sind die Einstellungen wiederum am Tuner aber nicht die gleichen, wie oben.
-

Reales Praxis-Beispiel 3



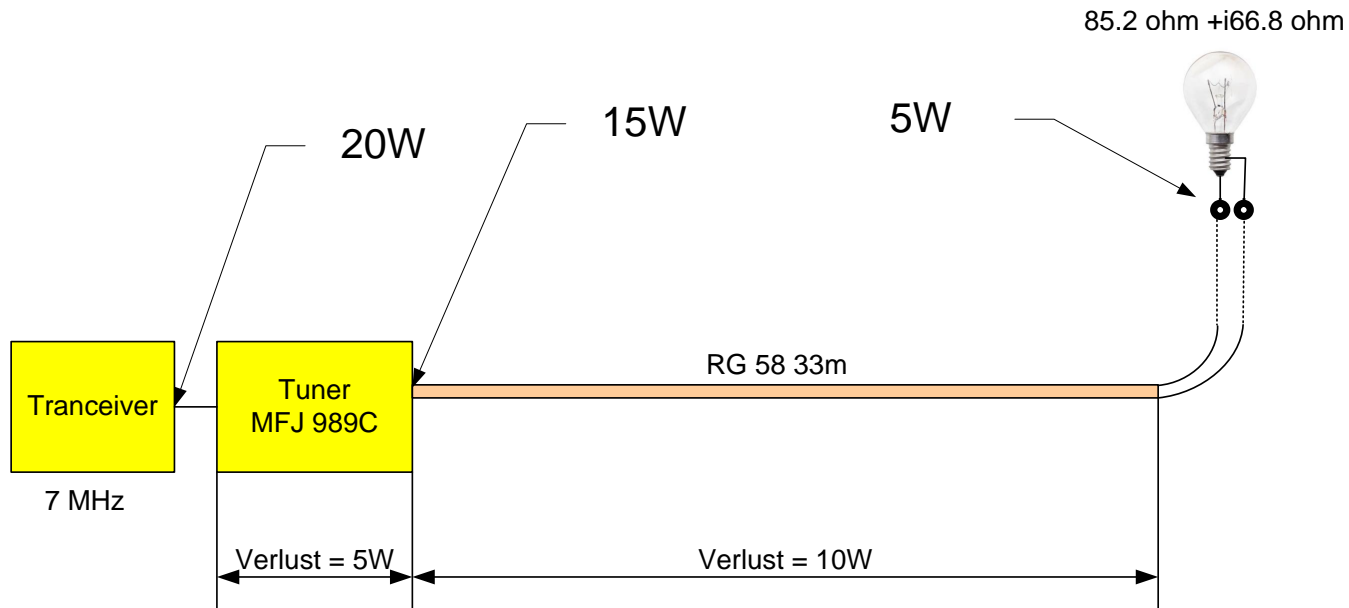
- $P_{in} = 20 \text{ W}$
- Lux an der Load = 57 Lux
- Entspricht der Leistung = 10.3 W
- Wirkungsgrad = 50%

Reales Praxis-Beispiel 3



- Komisch, wir haben doch immer 50Ω
- Von den 20 W des Tranceiver kommen 5.0 W in die Last (Birne).
- 15 W (6.02dB) werden im Tuner und 33m Koaxialkabel vernichtet.
- In der Literatur aber kann man doch entnehmen, dass das RG56 eine Dämpfung von 16.1 dB/100m hat. Also 0.161 dB/m, folglich $14 \times 0.161 = 2.254$ dB.
- Nachfolgend die Erklärung, Wo bleiben die aber die restlichen 3.7 dB?

Die Simulation von Praxis-Beispiel 3



- Bild oben die ermittelten Mess-Resultate
- Die Resultate der Verluste sind zur einfachen Übersicht gerundet

Was sagt nun das Simulation Tool von Walter DL1JWD

Kabelrechner 2.3

INFO 07 DL1JWD

Fenster oben

Kabelparameter

F(MHz)	7.1	Zw(Ω)	50	VF	0.66	Länge(m)	33	a(dB/100m)	16	@ f(MHz)	10
PA-Leistung(Watt)	15										

Impedanzmessung am Eingang des Speisekabels

RE(Ω)	45.194	jXE(Ω)	-16.716
			1340.985pF

Fußpunkt-Impedanz der Antenne

RA(Ω)	85.2	jXA(Ω)	66.8
			1.497 μ H

Mit idealem Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	4.45	Senderseitiges SWV	1.00
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	1.11	Spannung am Kabeleingang (V)	27.76
Gesamtdämpfung (dB)	5.55	Antennenseitiges SWV	2.64
Wirkungsgrad(%)	27.83	Spannung am Kabelausgang (V)	23.96
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	4.17		

Ohne Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	4.45	Senderseitiges SWV	1.44
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	1.25	Spannung am Kabeleingang (V)	27.31
Gesamtdämpfung (dB)	5.7	Antennenseitiges SWV	3.01
Wirkungsgrad(%)	26.93	Spannung am Kabelausgang (V)	23.57
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	4.04		

85.2 ohm +j66.8 ohm



Der online dB Rechner

Eingabe: Spannung Leistung

Eingang	<input type="text" value="15"/>	Wert 1	<input type="button" value="Berechne Wert 1"/>
Ausgang	<input type="text" value="5"/>	Wert 2	<input type="button" value="Berechne Wert 2"/>
Pegeländerung	<input type="text" value="-4.771"/>	dB	<input type="button" value="Berechne dB"/>

- Hier sehen wir den gemessenen Wert von -4.771 dB
- gegenüber dem Simulierten Wert von -4.450 dB
- beträgt die Differenz lediglich 0.32 dB.
- Also stimmen Theorie und Praxis doch gut überein

Die Verluste mit einem RG213 anstelle des RG 58

Kabelrechner 2.3

Fenster oben

INFO 07 DL1JWD

Kabelparameter

F(MHz)	7.1	Zw(Ω)	50	VF	0.66	Länge(m)	33	a(dB/100m)	6.9	@ f(MHz)	10
--------	-----	----------------	----	----	------	----------	----	------------	-----	----------	----

PA-Leistung(Watt) 14.9

Impedanzmessung am Eingang des Speisekabels

RE(Ω)	78.442	jXE(Ω)	32.186
			0.721 μ H

==>

Fußpunkt-Impedanz der Antenne

RA(Ω)	16.682	jXA(Ω)	5.281
			0.118 μ H

<==

Mit idealem Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	1.92	Sendersseitiges SWV	1.00
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	0.79	Spannung am Kabeleingang (V)	36.95
Gesamtdämpfung (dB)	2.71	Antennenseitiges SWV	1.99
Wirkungsgrad(%)	53.6	Spannung am Kabelausgang (V)	12.11
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	7.99		

Ohne Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	1.92	Sendersseitiges SWV	1.96
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	1.27	Spannung am Kabeleingang (V)	34.95
Gesamtdämpfung (dB)	3.19	Antennenseitiges SWV	3.04
Wirkungsgrad(%)	47.96	Spannung am Kabelausgang (V)	11.45
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	7.15		

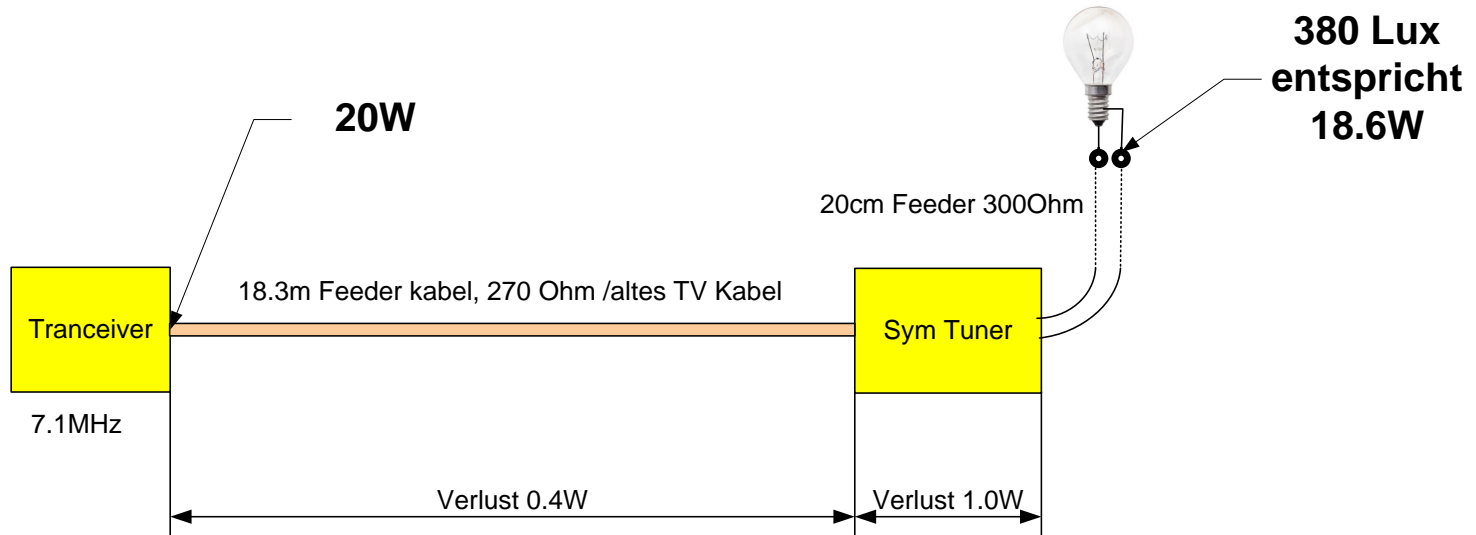
Die Verluste mit einem RG213 anstelle des RG 58

- Wie erwartet lohnt es sich für eine fest installierte Antennen-Anlage zu Hause ein Hochwertiges Koaxial- Kabel einzusetzen.
- Der **Unterschied** von RG213 mit -1.92dB und RG58 mit -4.45dB beträgt doch **2.53 dB** .
- Bestätigung mit dem Online-Rechner

Eingabe:	<input type="radio"/> Spannung	<input checked="" type="radio"/> Leistung	<input type="button" value="Rücksetzen"/>
Eingang	<input type="text" value="15"/>	Wert 1	<input type="button" value="Berechne Wert 1"/>
Ausgang	<input type="text" value="9.645"/>	Wert 2	<input type="button" value="Berechne Wert 2"/>
Pegeländerung	<input type="text" value="-1.92"/>	dB	<input type="button" value="Berechne dB"/>

Das Optimum für unsere hier simulierte Antenne

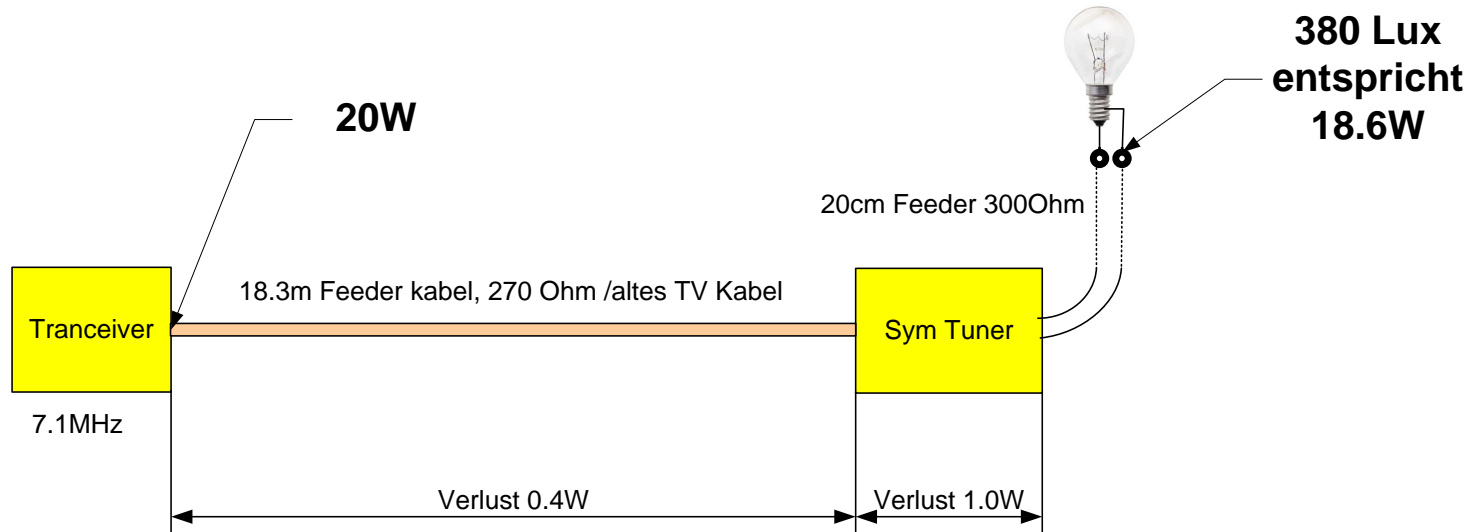
85.2 ohm +j66.8 ohm



- An Stelle eines Koaxial-Kabels verwenden wir ein Feederkabel, welche immer verlustfreier sind als koaxial Kabel.
- Hier verwenden wir ein altes TV-Feederkabel mit ca. 240 Ohm.

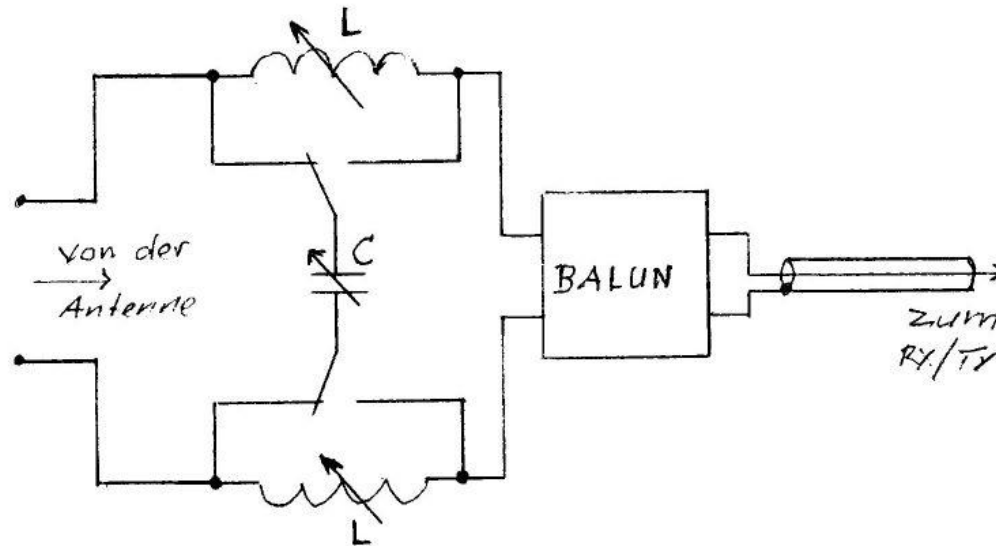
Das Optimum für unsere hier dargestellte Antenne

85.2 ohm +j66.8 ohm



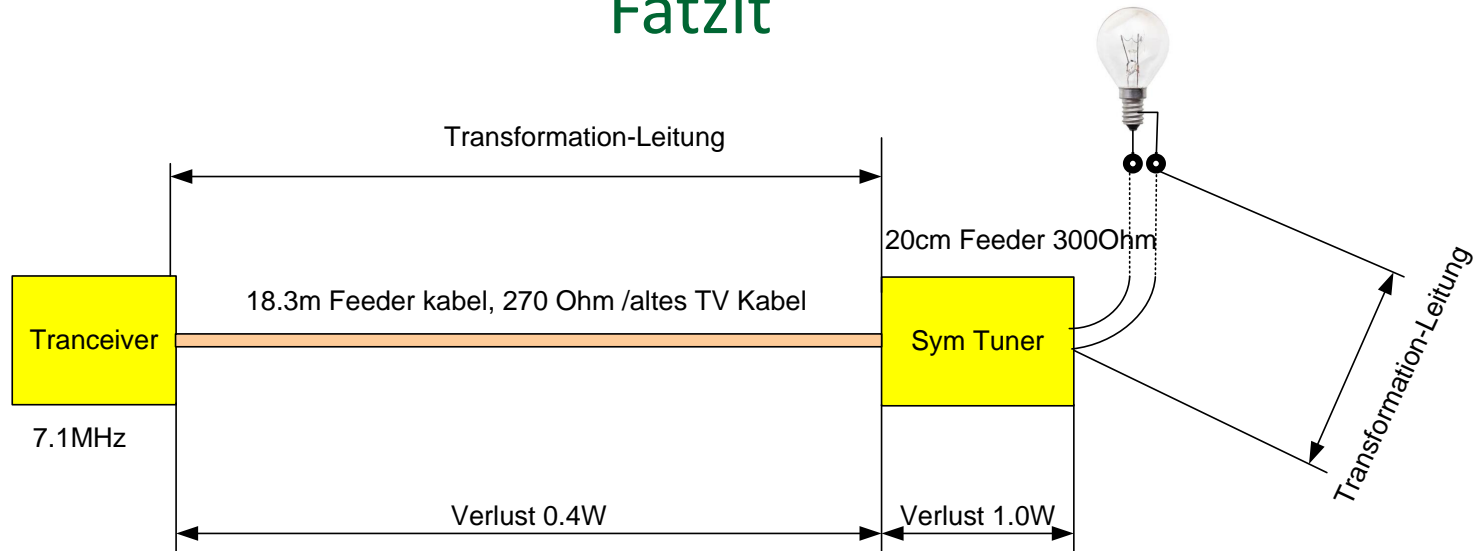
- Von den 20 W am Tranceiver Ausgang gelangen immerhin 18.6 W in die Antenne
- Das ist ein Wirkungsgrad von 84%.
- Vergleichbar mit 33m RG58, mit einem Wirkungsgrad von nur gerade 25%, ist das ein gewaltiger Unterschied.

Der Symmetrische Koppler



- Ein Symmetrischer Koppler hat in der Tat den besten Wirkungsgrad
- Allerdings ist der Bauteile-Aufwand erheblich gross
- Daher findet man keine solche kommerziellen Koppler zu kaufen

Fatzit

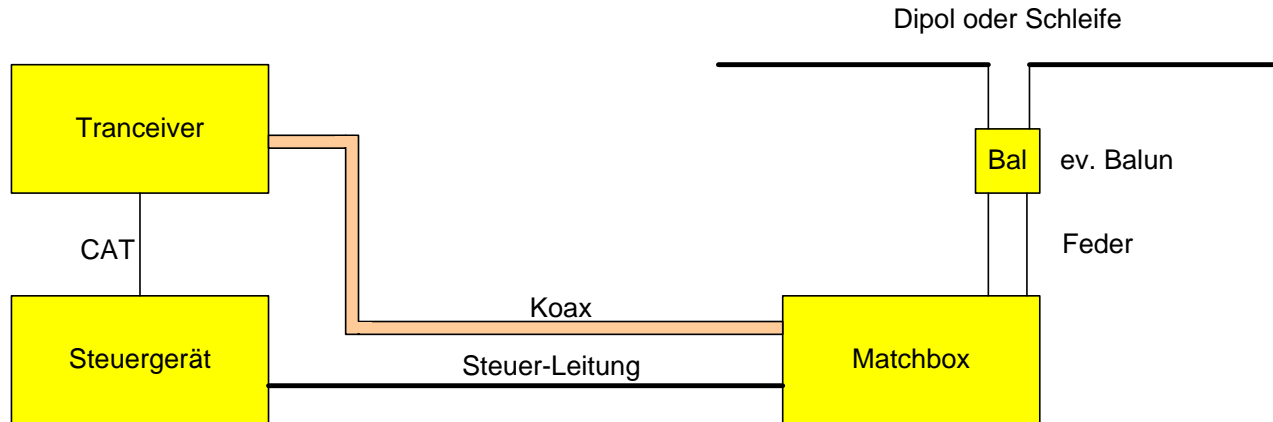


- Jedes Stück Kabel wirkt als Transformation Element.
- Daher ist es wichtig, dass diese von hoher Güte sind.
- Daher ist es wichtig, dass diese möglichst kurz sind.
- Daher gehört der Tuner so nahe wie möglich an den Antennen-Eingang!

Fazit zu einem Simulation Tool

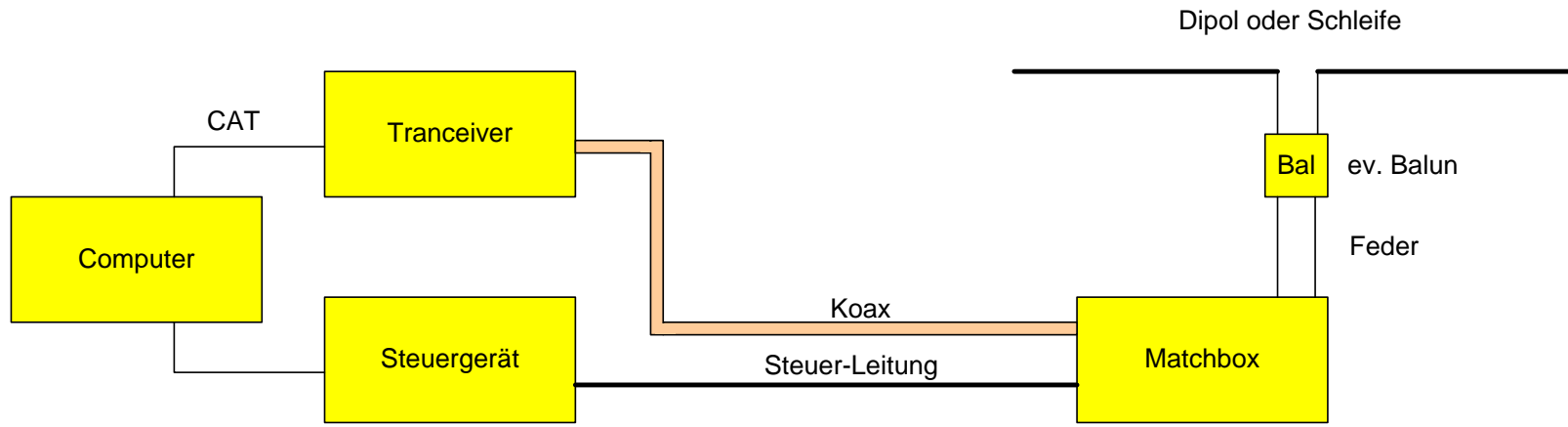
- Also lohnt es sich für jeden KW-Funkamateurliebhaber, einmal seine Antennen-Anlage, mit einem solchen Simulation-Tool auf die theoretischen Verluste zu untersuchen.
- Beim Tool von Walter DL1JWD sind sogar einige bekannte Tuner hinterlegt.
- Dabei rechnet das Programm alle möglichen L&C- Kombinationen innerhalb weniger Sekunden durch.

Koppler mit Steuer-Einheit DL9HDA



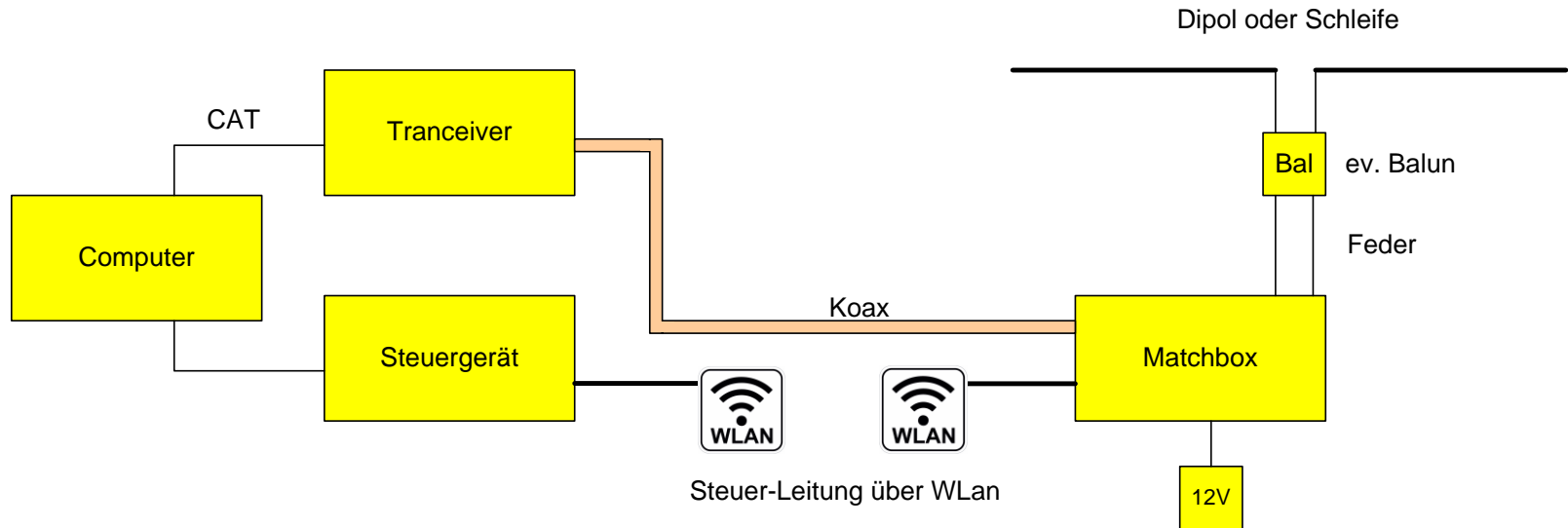
- Einfache Konfiguration
- Tranceiver steuert alles Automatisch

Koppler mit Steuer-Einheit DL9HDA



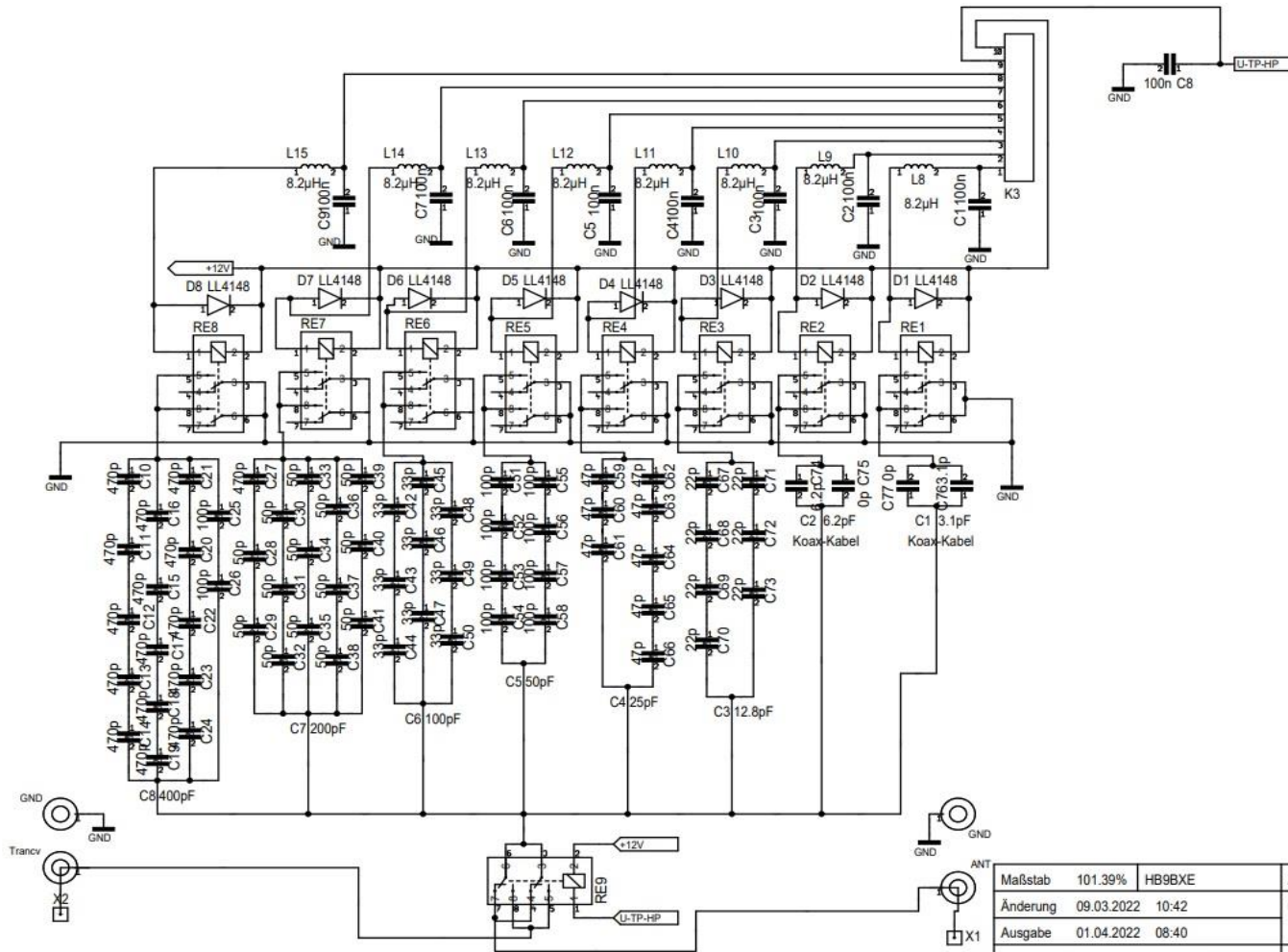
- Integration Computer
- Tranceiver steuert alles Automatisch
- Logprogramm steuert alles Automatisch

Koppler mit Steuer-Einheit DL9HDA



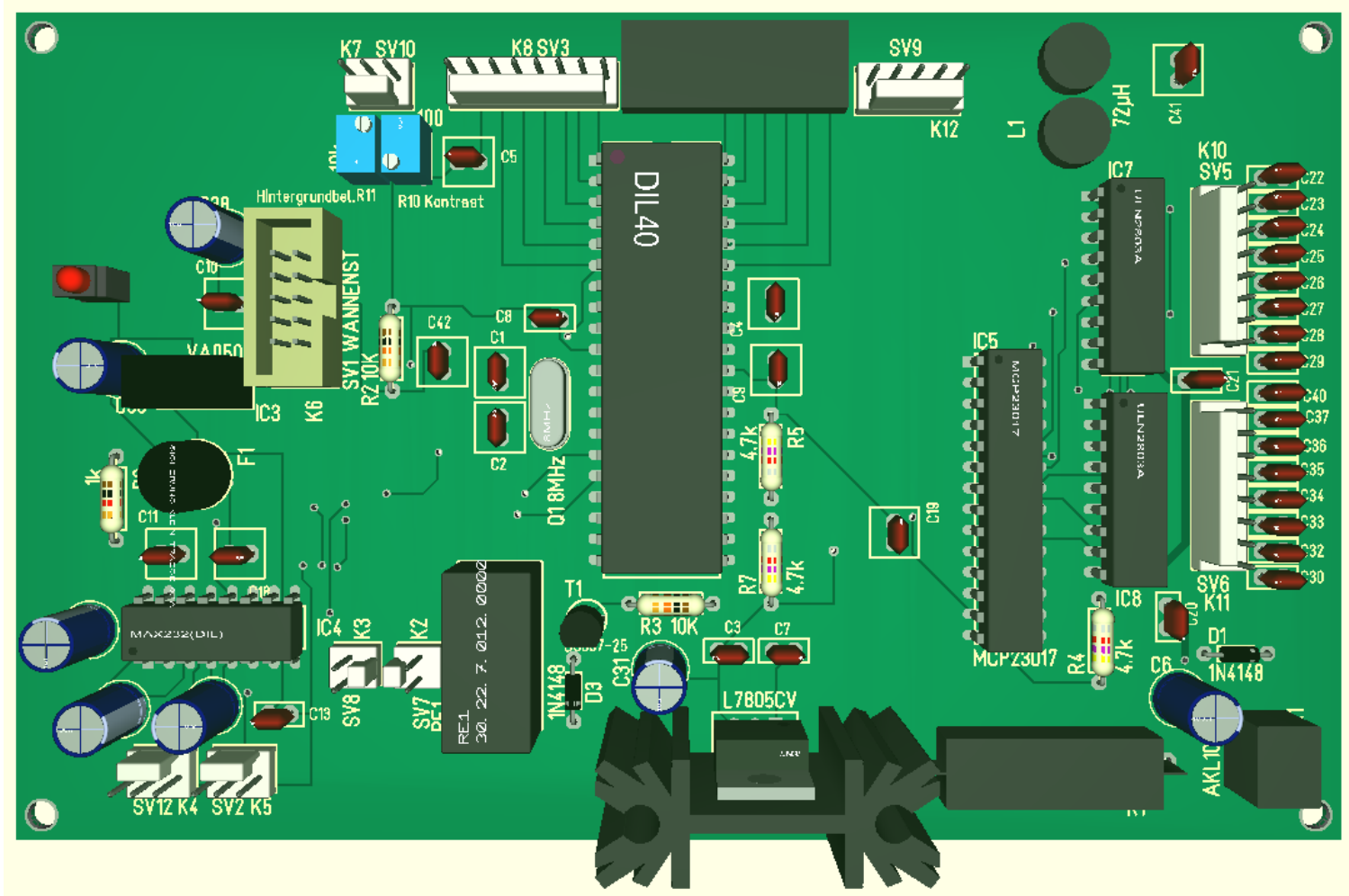
- Weiter-Entwicklung
- Aufwendige Steuerleitung durch WLAN ersetzen.

Prototyp Simmetrischer Koppler Cs Einheit


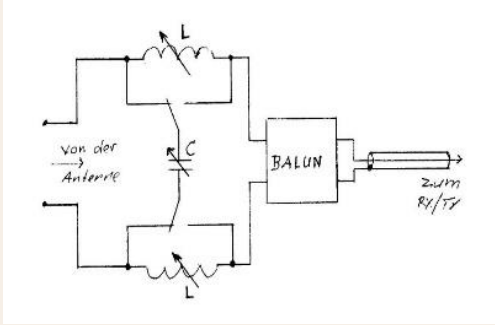

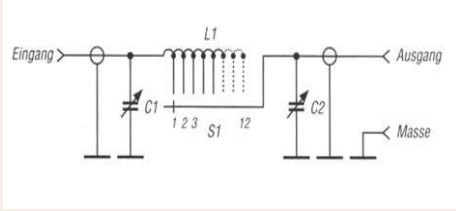

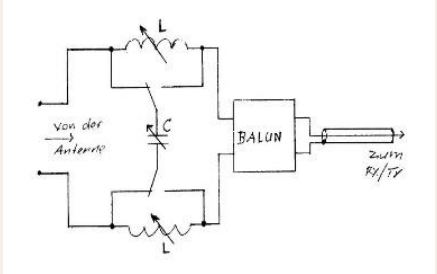


Maßstab	101.39%	HB9BXE	Zeichner HB9BXE	Blatt
Änderung	09.03.2022	10:42	C-Platine	
Ausgabe	01.04.2022	08:40		
Datei	Cs-Einheit V1b.T3001		Projekt Symmetrischer Koppler	


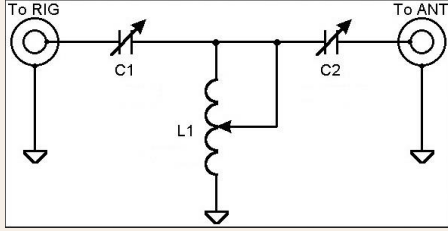

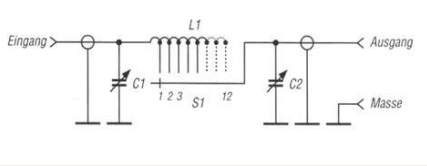

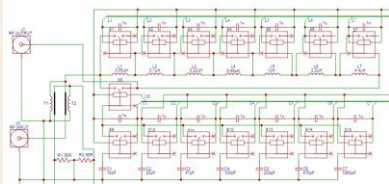
Steuer-Einheit DL9HDA




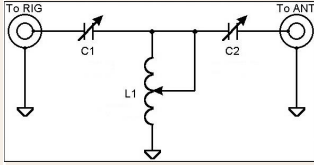
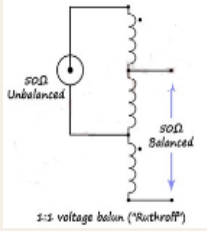

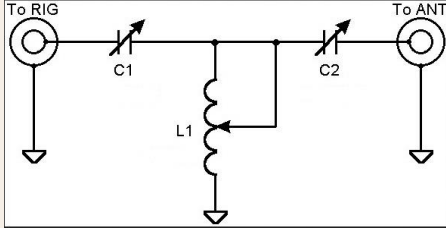

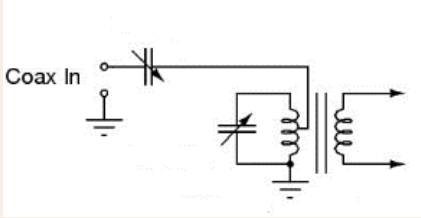
Übersicht Tuner Wirkungsgrad

Platz	Nr.	Bild	Schema	Wirkungsgrad %
1	h			87%
2	b			83%
3	d			81%

Übersicht Tuner Wirkungsgrad

Platz	Nr.	Bild	Schema	Wirkungsgrad %
4	f			81%
5	g			81%
6	a			75%

Übersicht Tuner Wirkungsgrad

Platz	Nr.	Bild	Schema	Wirkungsgrad %
7	cb Balance		 	60%
8	ca Koax			72%
9	d			48%

Danke & Fragen beantworten

- Danke für eure Aufmerksamkeit
- Fragen?