



HB9ZG
USKA Sektion Zug

Tuner & dessen Wahrheiten

Workshopp HB9ZG
de HB9BXE hans-peter
Do 05. November 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 es wohl so ein Gerät (Tuner) im Einsatz.
- Es wird viel diskutiert, welcher Tuner der Beste ist.
- In dieser Abhandlung werde ich 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

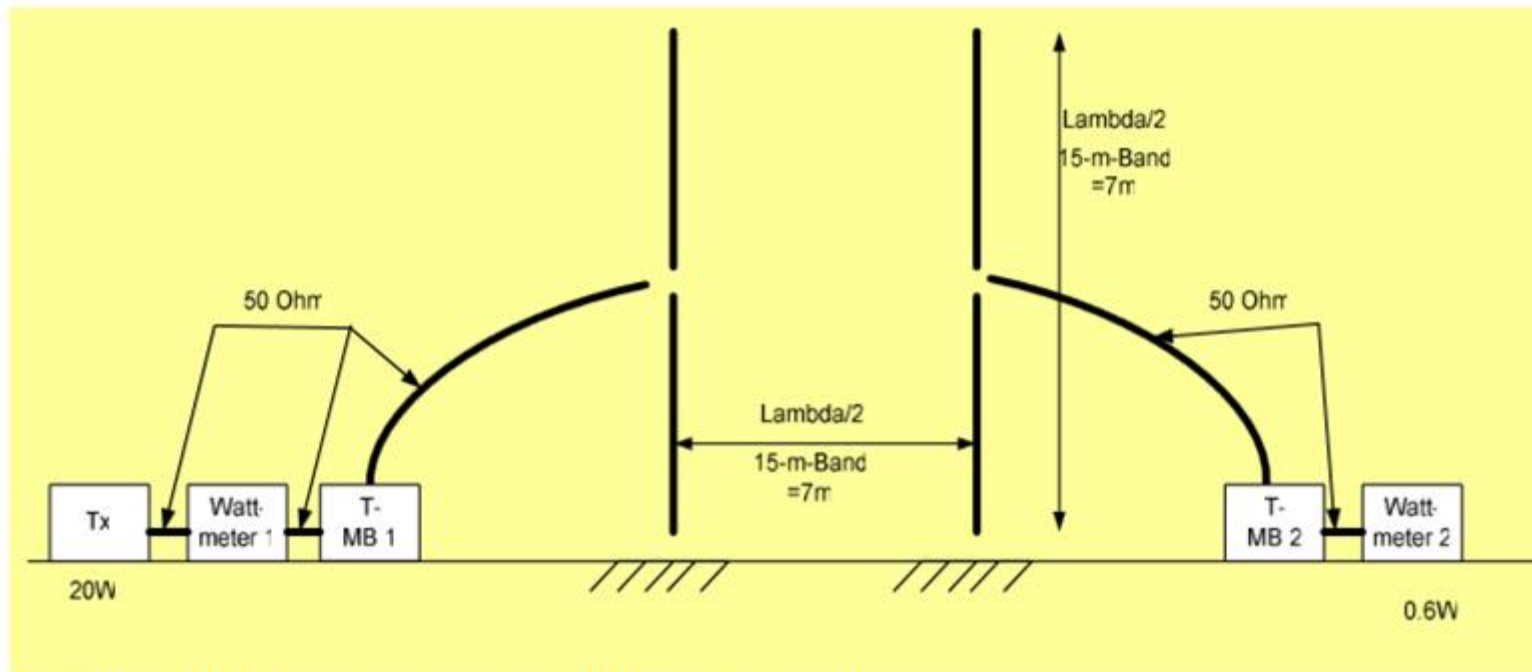


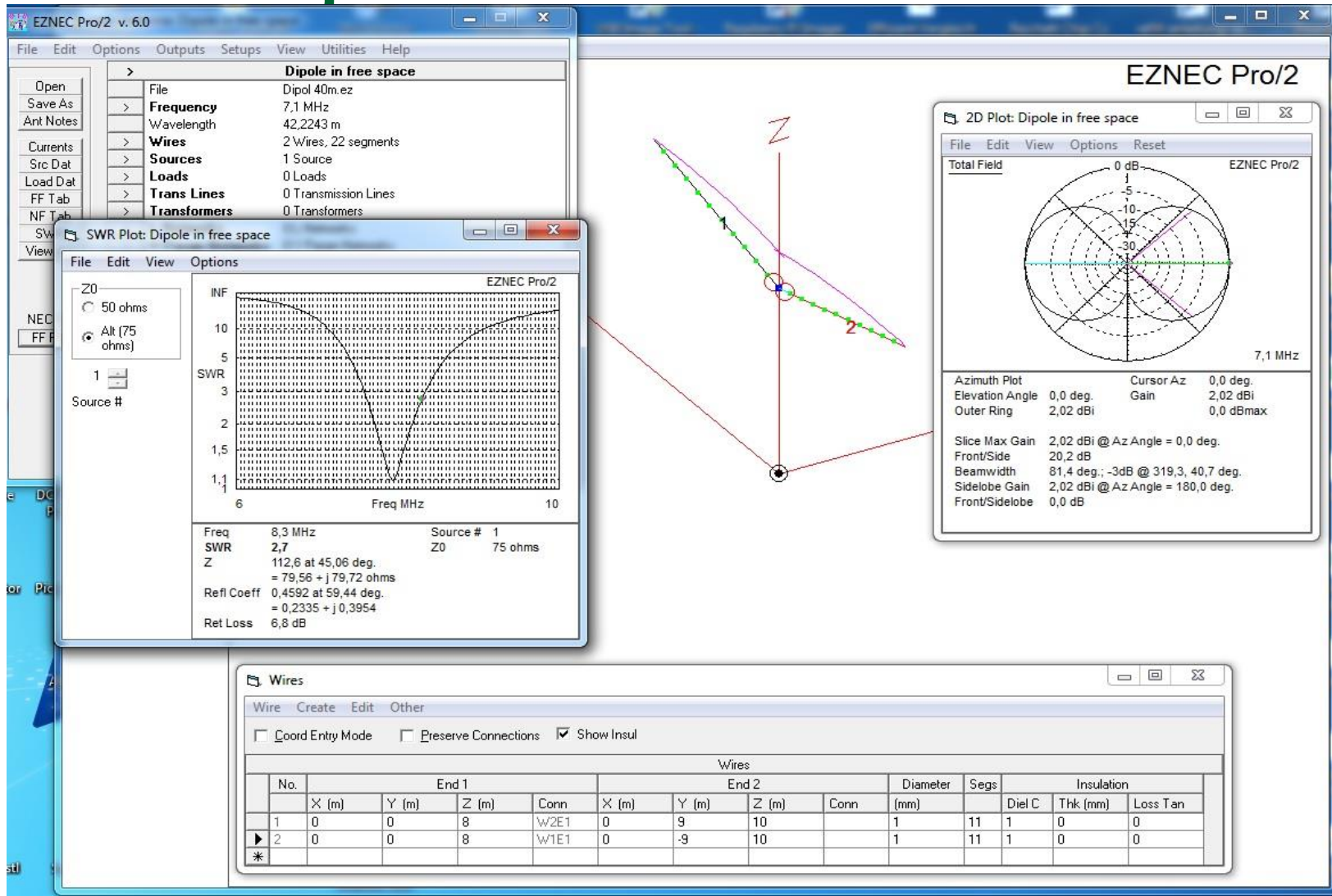
Bild 12, Feld-Versuch 1, Input 20 W-Output = 0.6W

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 $>1Kw$.

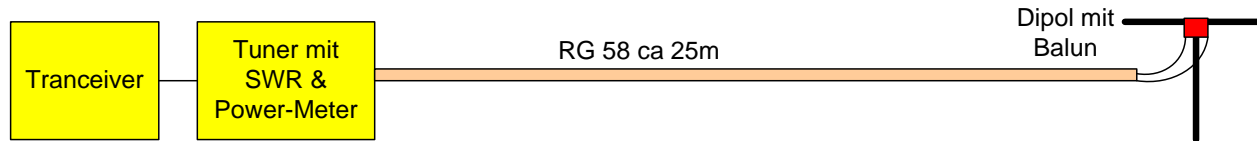
Ein Beispiel aus der Praxis



3 Das Problem HF-Leistung Messen

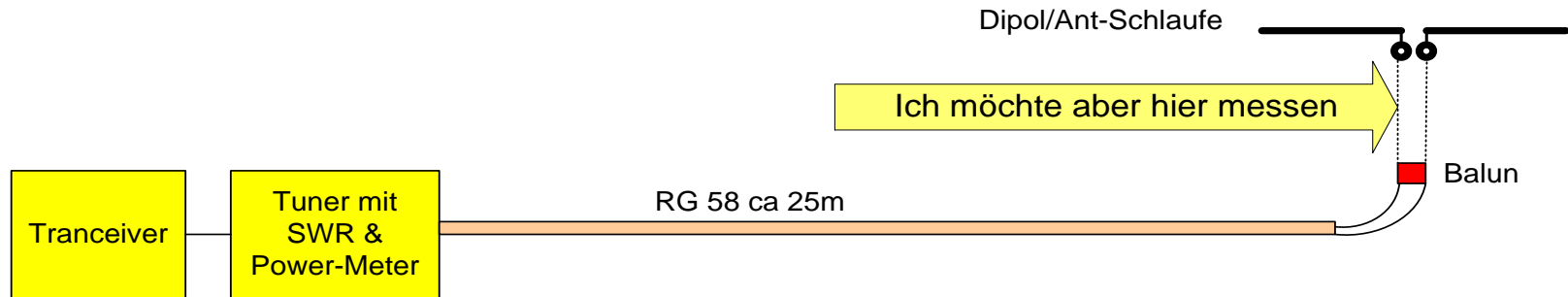
- Mit dem Sprichwort «wer Misst mist **Misst**» kann ich umgehen, aber ich habe trotz dieser Binsenwahrheit einen weiten Weg gefunden, der reproduzierbar ist.
- Üblich messen wir ja die Leistung mit einem üblichen Wattmeter mit einer Impedanz von 50Ω .
Das ist weitgehend eine korrekte Messung, abgesehen 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



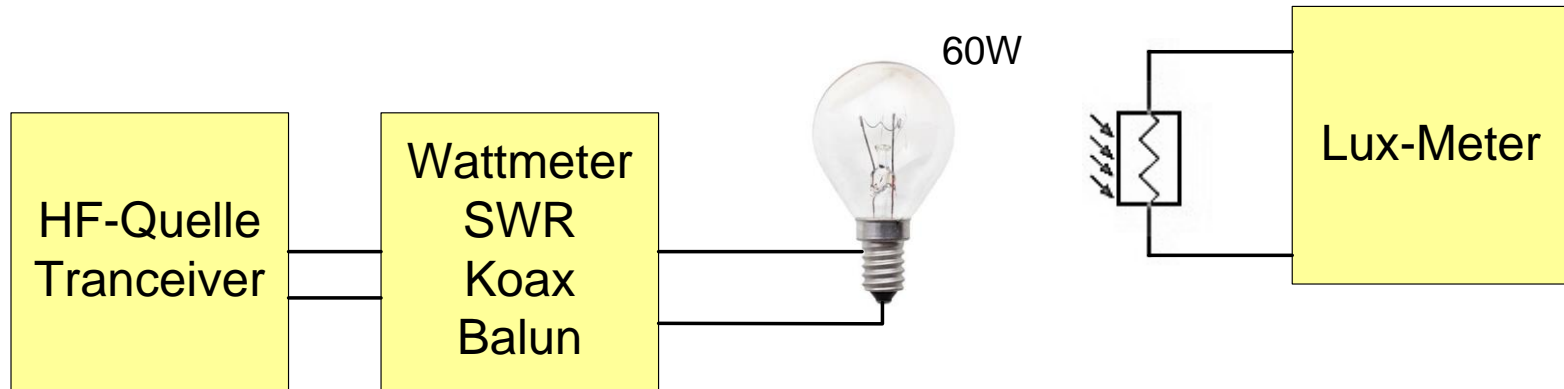
- Üblich messen wir ja die Leistung mit einem üblichen Wattmeter mit einer Impedanz von 50Ω .
- Das ist weitgehend eine korrekte Messung, abgesehen von den doch grösseren Toleranzen. 😊
- Weist ein Wattmeter in den Technischen Unterlagen 5% auf, dann sind das eben 10%, und das ist doch schon viel.
- Hier 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?



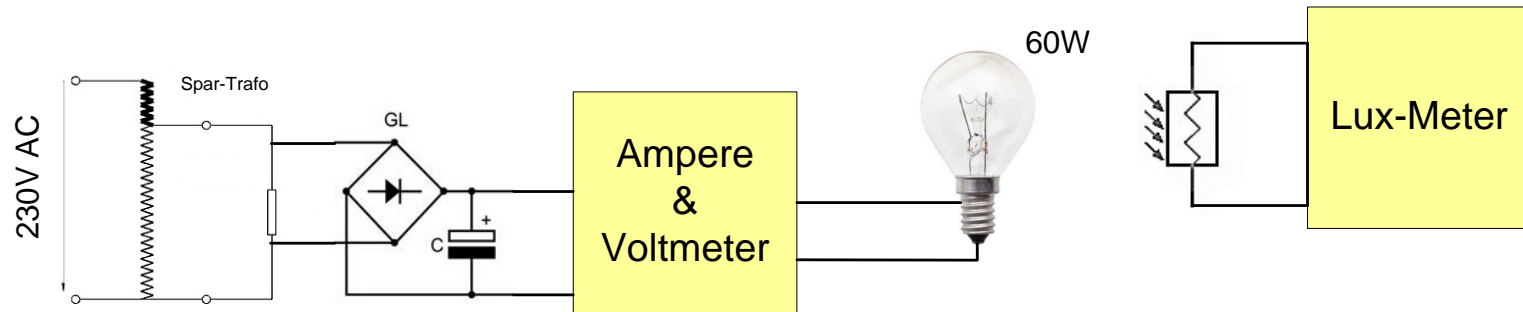
- Leistung messen direkt am Dipol oder Schleifenantenne.
- Mit einem herkömmlichen Powermeter geht das schlecht, denn diese sind auf 50Ω normiert.
- Die Impedanz der Antenne hat keine exakten 50Ω , daher gibt es dadurch grosse Messfehler.

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



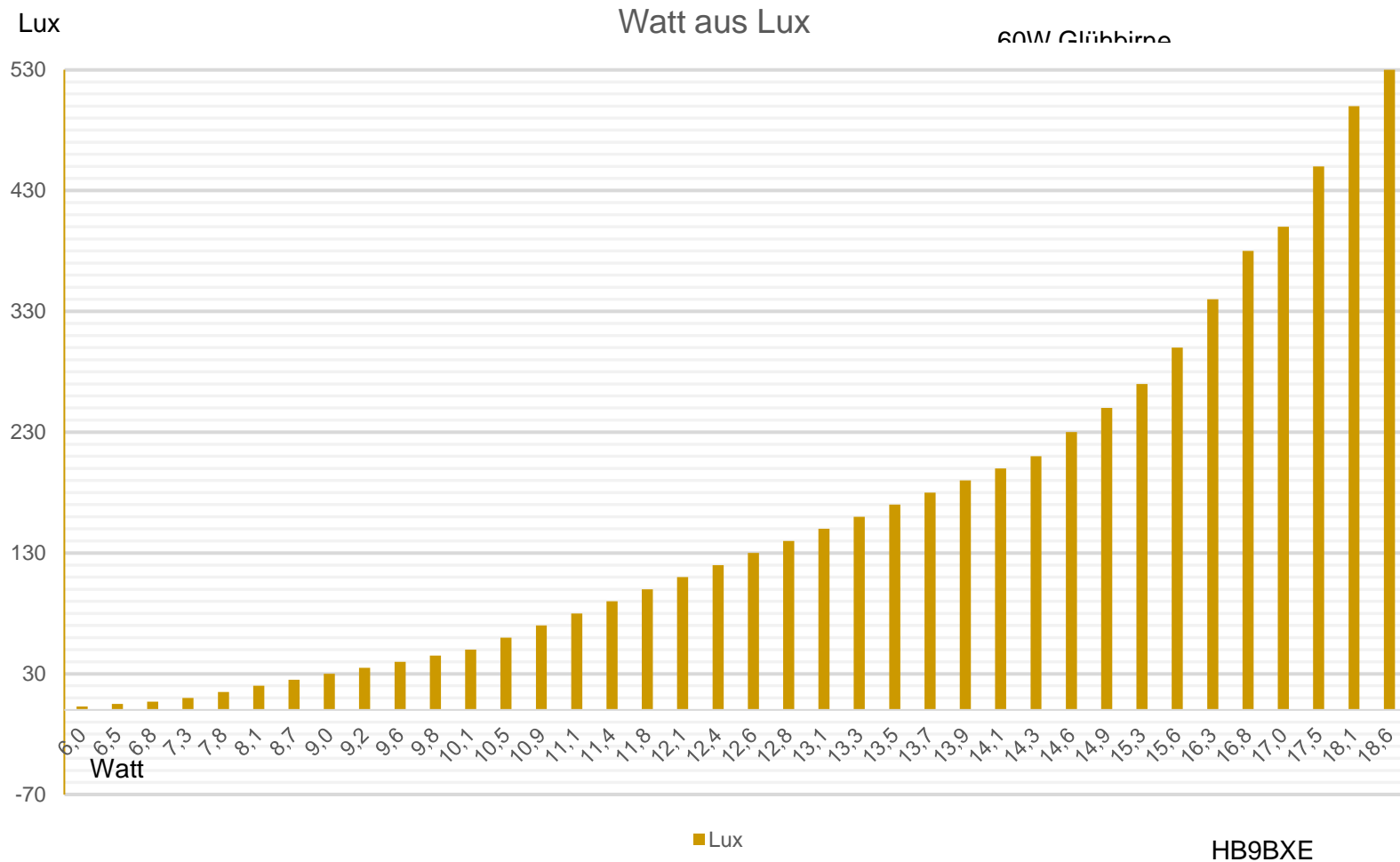
- Energie ist nicht vernichtbar, sondern nur umwandelbar in Wärme und Licht
- Dabei bediene ich mich mit der Messung des Lichtes, also die Messeinheit Lux
- Diese Auswertung ist stabiler als diejenige der Wärme.
- Da sich die Umgebung mit der Zeit thermisch mehr aufschaukelt als Licht

Exakte Eichung des erhaltenen Lux-Wertes in Watt

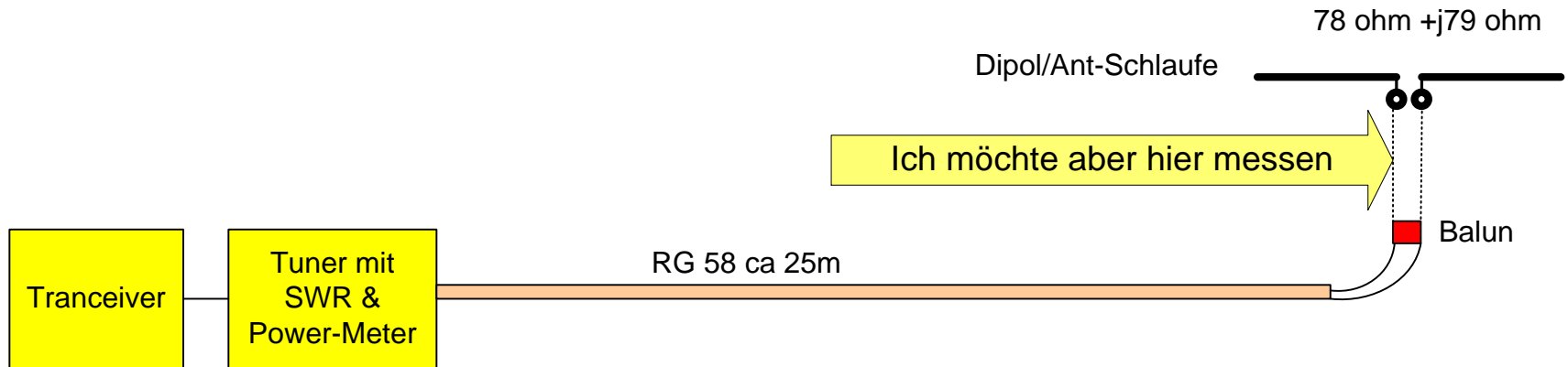


- Dabei schliessen wir unsere Glühbirne an die oben links gezeigte Schaltung.
- Wir verwenden einen 230V AC Regler, also einen Spar Trafo.
- Um die Strom und Spannungs-Messung zu erleichtern, machen wir aus der Wechselfspannung eine Gleichspannung.
- Wir erhöhen nun die Spannung soweit, bis sich der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

Vergleichs-Tabelle Lux Verso Watt

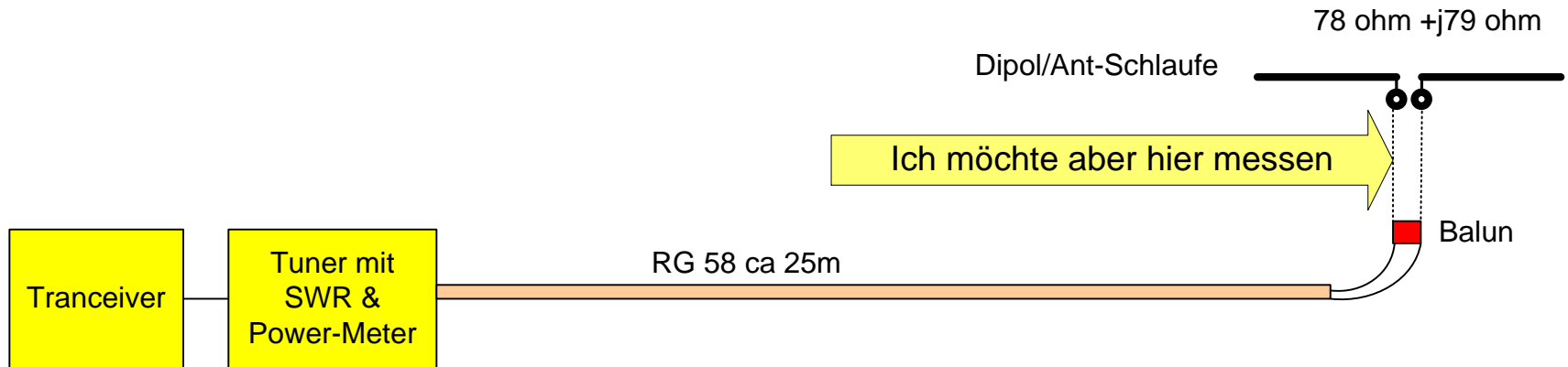


Unsere Schaltung zum Untersuchen (bei 7.1MHz)



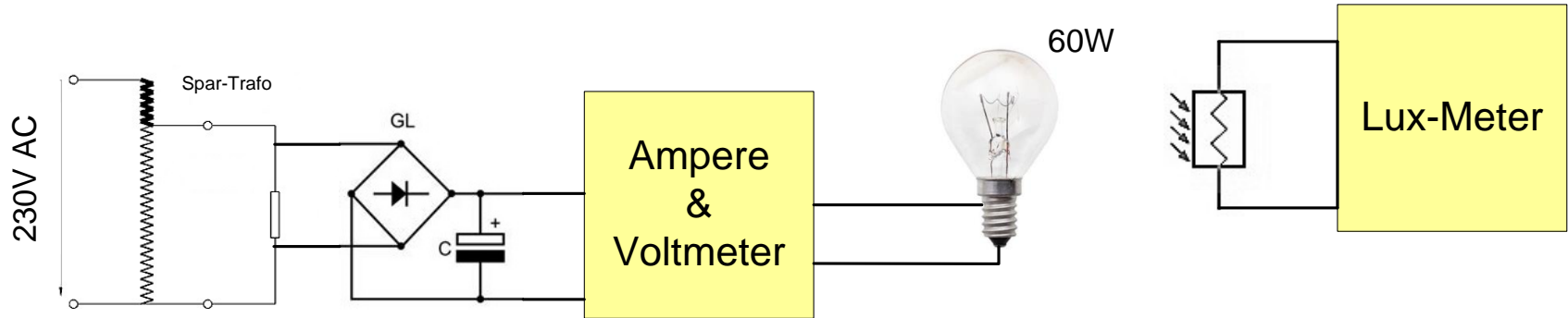
- Aber wie messe ich nun die Leistung am Dipol-Fusspunkt?
- Also nach dem Balun, wenn ein solcher vorgesehen ist?

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.)



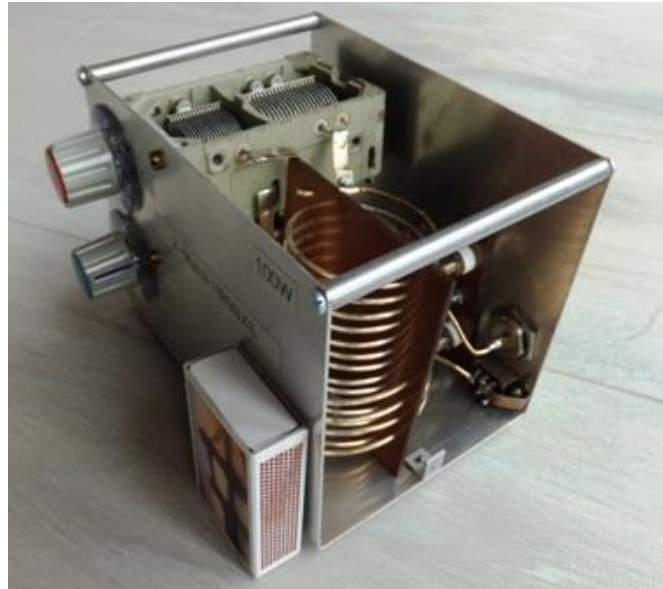
- MFJ Versa Tuner 989C 3 Kilowatt
- Das (heutige) Flagg-Schiff der Tuner, flexibel und 1kW belastbar.

Test-Objekt d.)



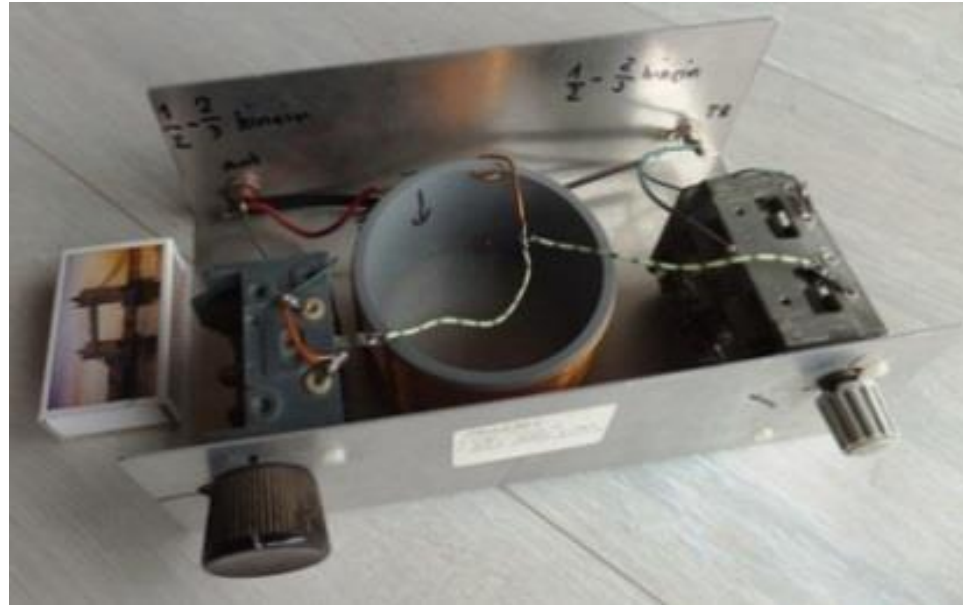
- Doppel-L- Matchbox 100W HB9BXE
- Eine wenig bekannte Art Tuner, wohl darum, weil grosser Aufwand an Kosten, es sind die zweifachen Kosten an Induktivitäten.

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.)



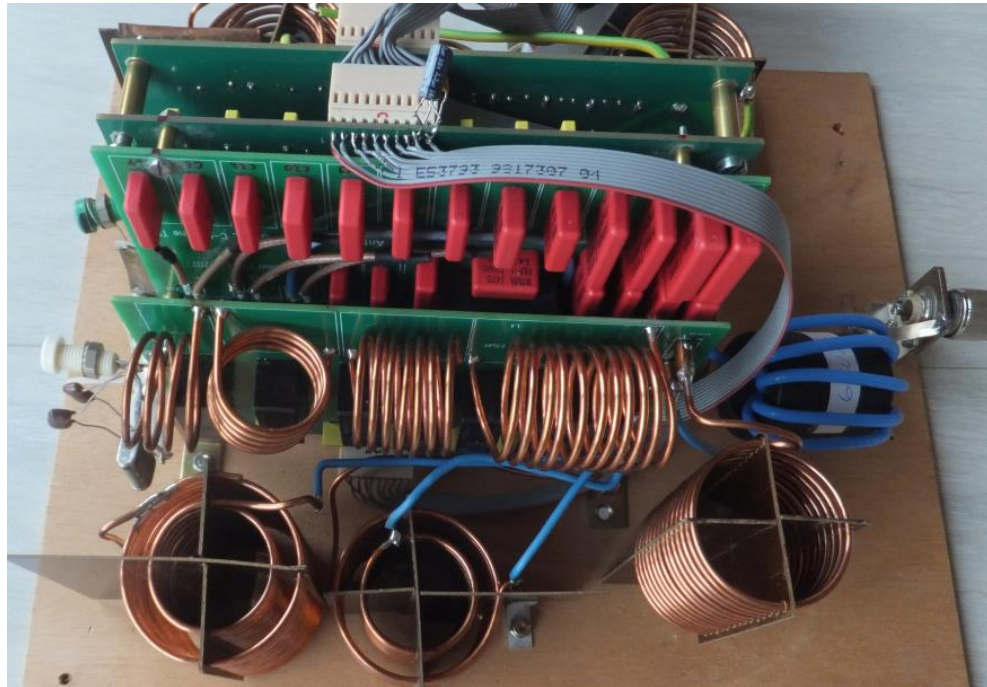
- Ein interessantes Selbstbau-Projekt aus der Bastel-Kiste.

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



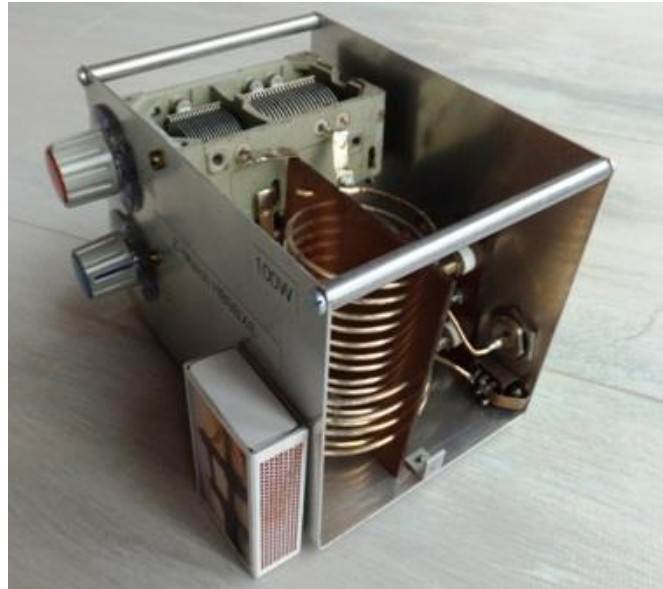
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 14
- Entspricht der Leistung = 7,2 W
- Wirkungsgrad = 72%

Test-Objekt d.)



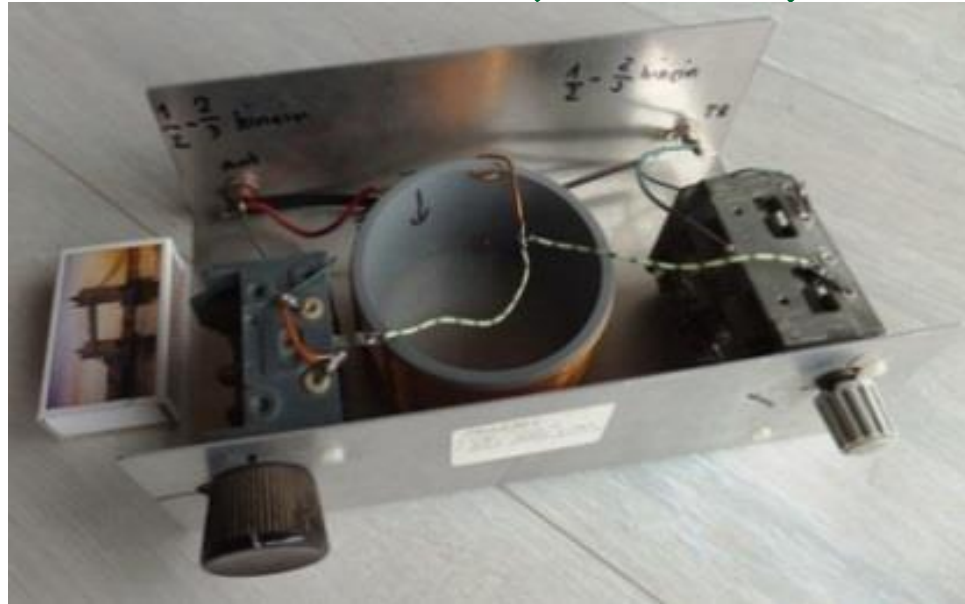
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 20
- Entspricht der Leistung = 8,1 W
- Wirkungsgrad = 81%

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.)



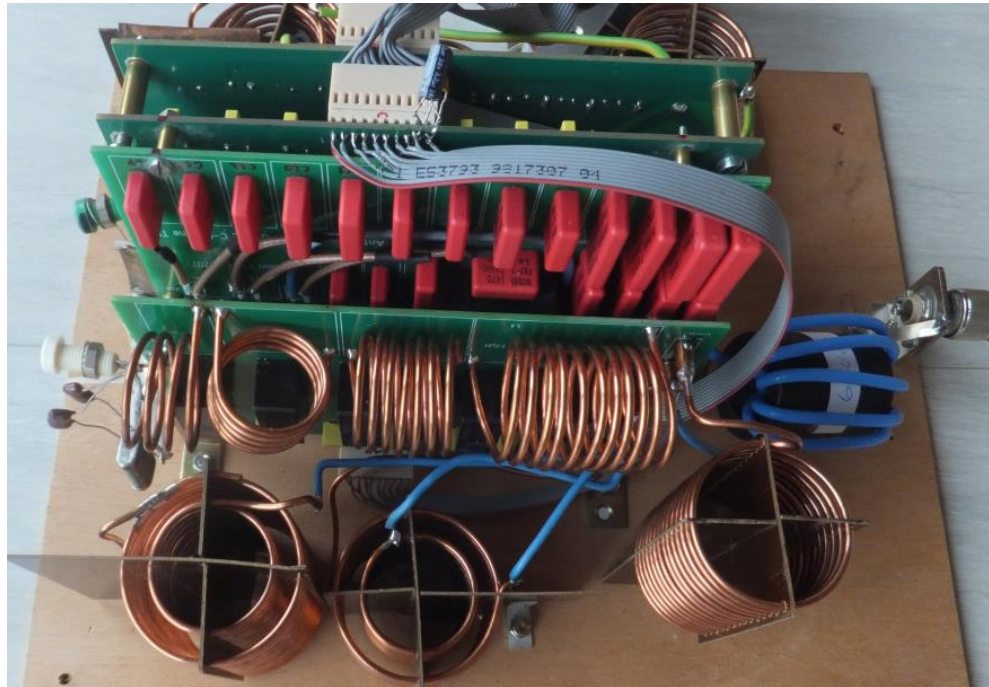
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 20
- Entspricht der Leistung = 8,1 W
- Wirkungsgrad = 81%

Test-Objekt g.)



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

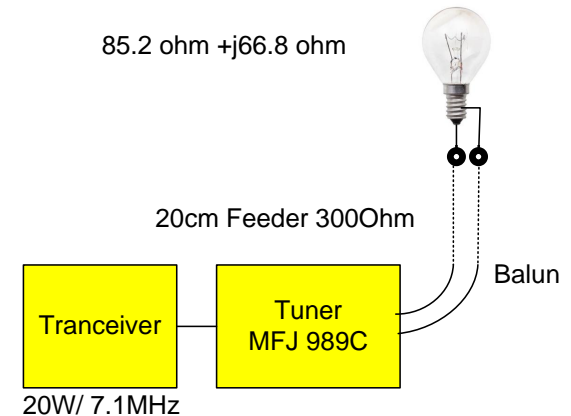
Test-Objekt h.)



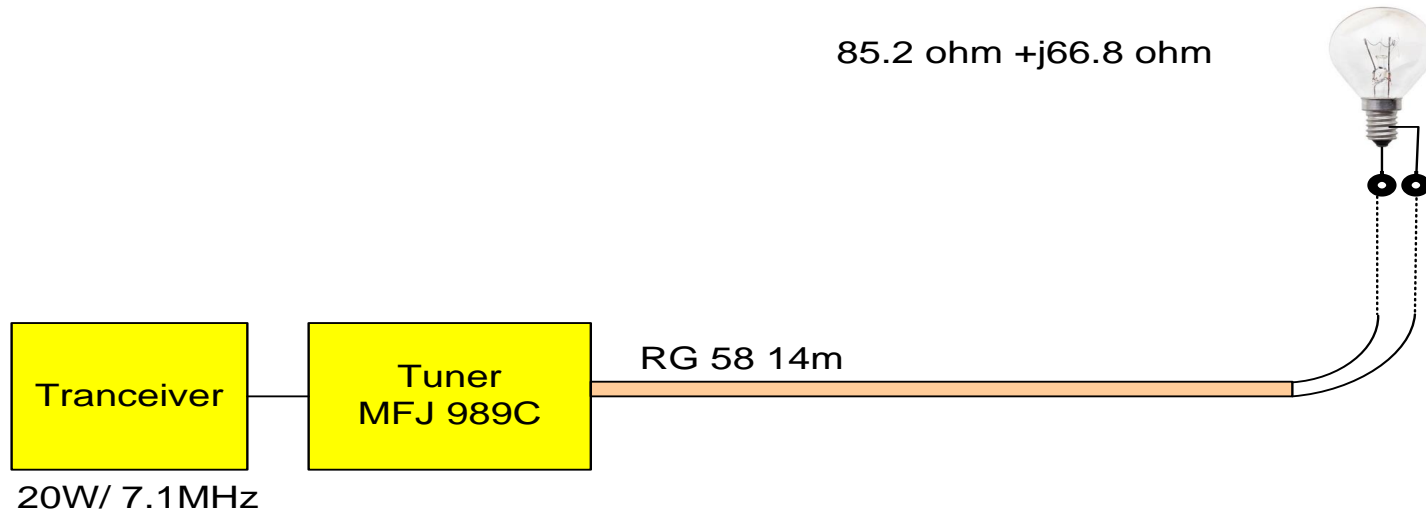
- $P_{in} = 10 \text{ W}$
- Lux an der Load = 24
- Entspricht der Leistung = 8.7 W
- Wirkungsgrad = 87%

Reales Praxis-Beispiel 1

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

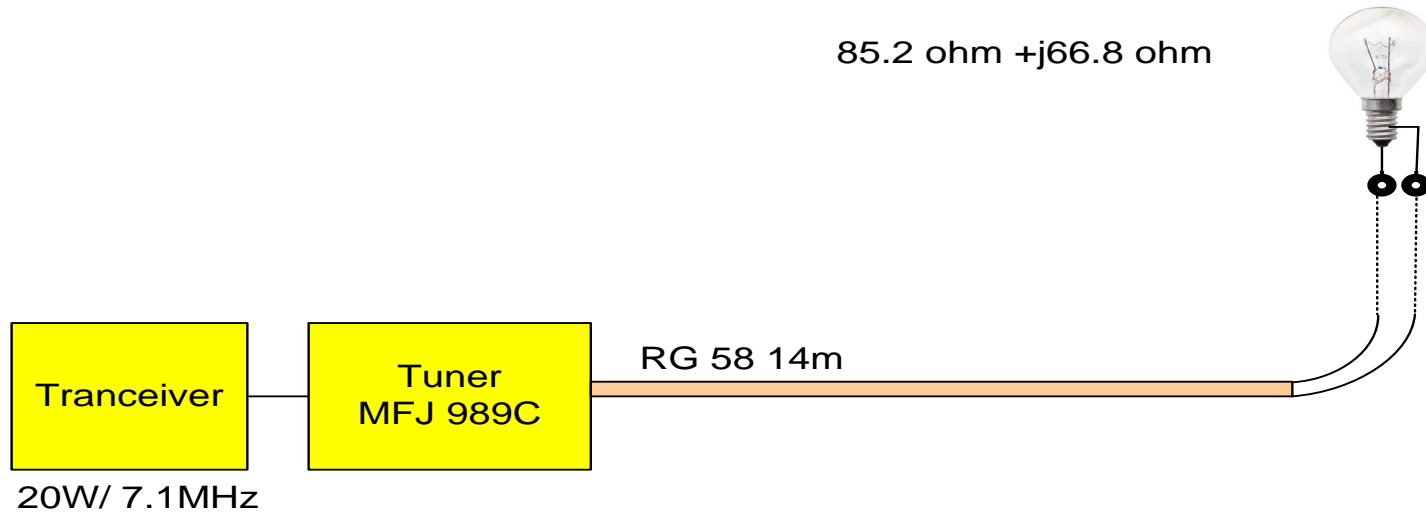


Reales Praxis-Beispiel 2



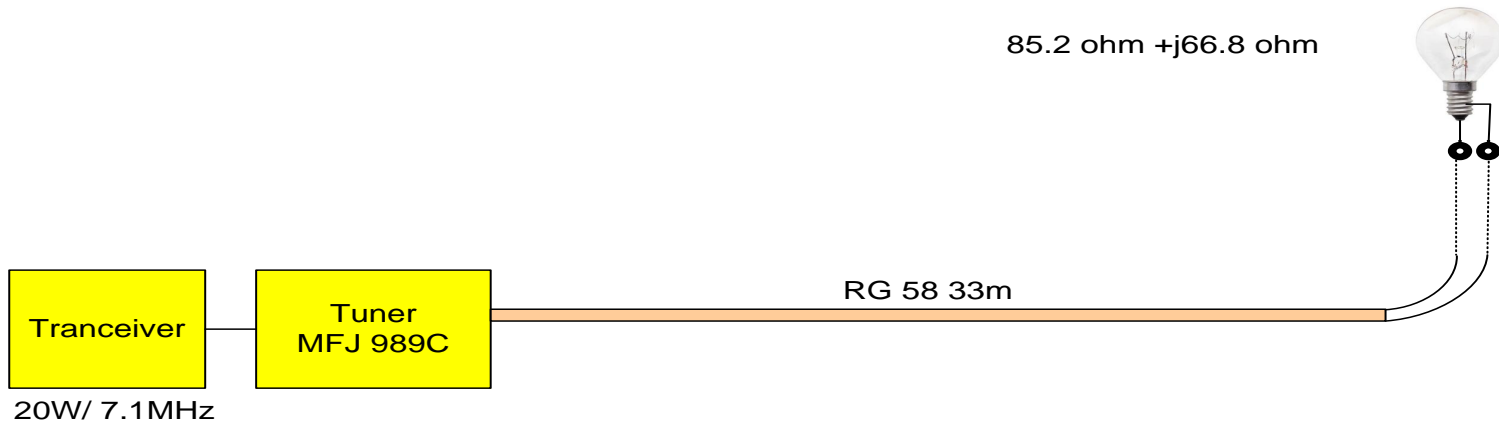
- Hier haben wir zwischen Tuner ein 14m langes RG58 Koaxial-Kabel.
- Mit dem Tuner passen wir wiederum den komplexen Widerstand der Last ($85.2 \text{ Ohm} + j66.8 \text{ ohm}$) an den 50 Ohm Senderausgang an.
- Merkwürdigerweise sind die Einstellungen am Tuner aber nicht die gleichen, wie im Beispiel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

Reales Praxis-Beispiel 2



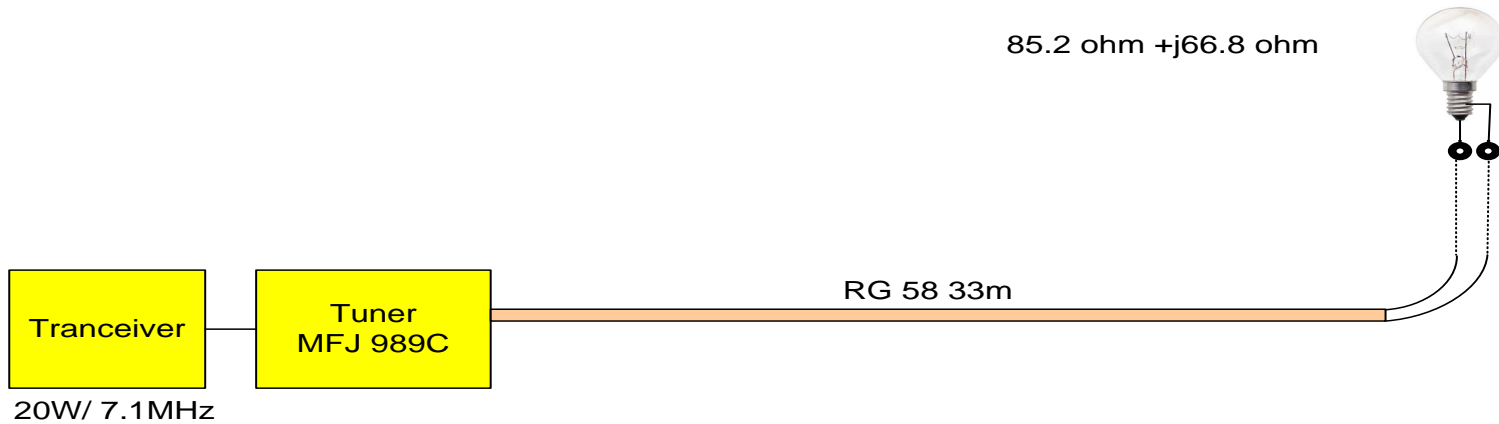
- $P_{in} = 20 \text{ W}$
- Lux an der Load = 57 Lux
- Entspricht der Leistung = 10.3W
- Wirkungsgrad = 50%

Reales Praxis-Beispiel 3



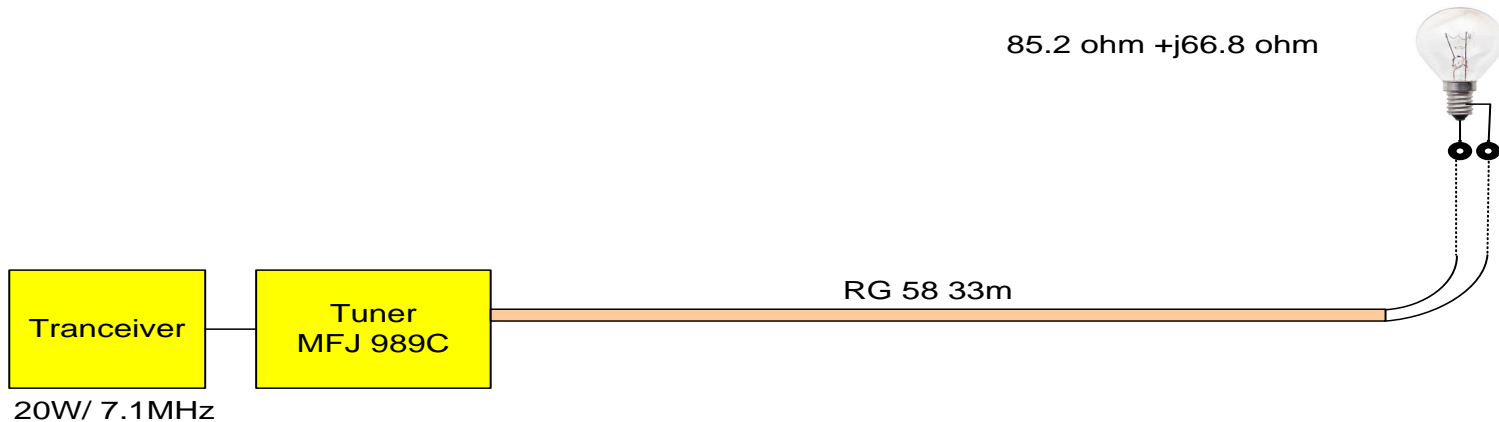
- Hier haben wir ein 33 m langes RG58 Koaxial-Kabel, hin zur Last.
- Mit dem Tuner passen wir wiederum den komplexen Widerstand der Last ($85.2 \Omega + j66.8 \Omega$) an den 50 Ohm Senderausgang an.
- Merkwürdigerweise sind die Einstellungen wiederum am Tuner aber nicht die gleichen, wie oben.

Reales Praxis-Beispiel 3



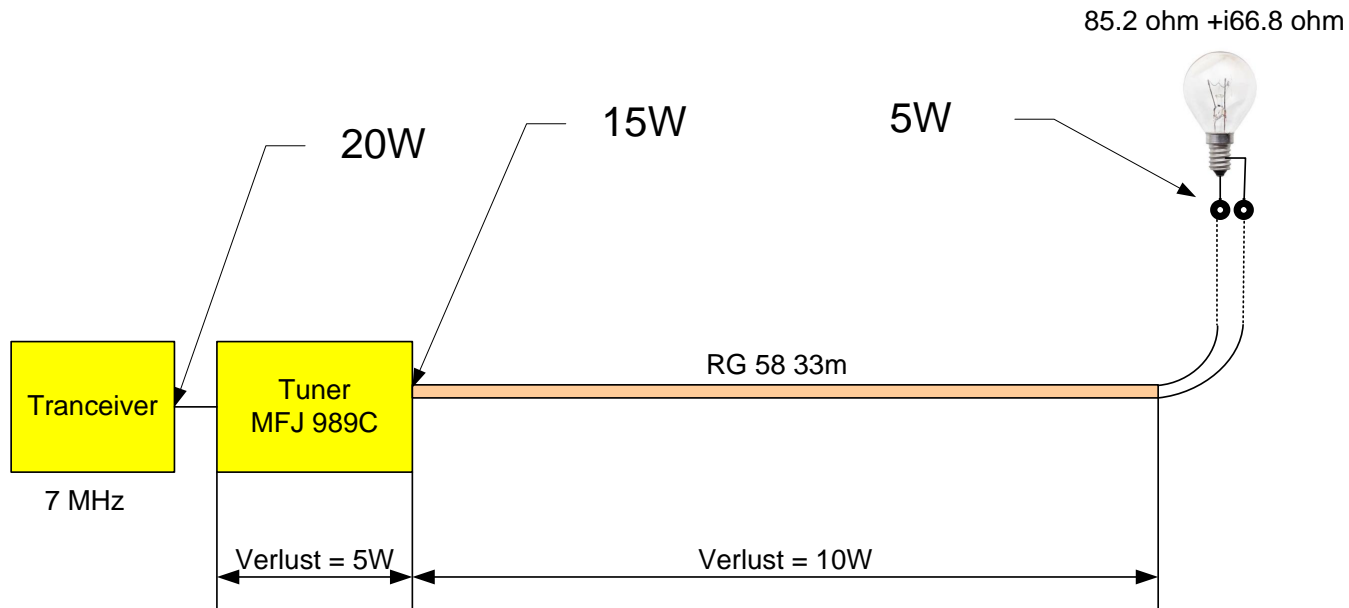
- $P_{in} = 20 \text{ W}$
- Lux an der Load = 57 Lux
- Entspricht der Leistung = 10.3 W
- Wirkungsgrad = 50%

Reales Praxis-Beispiel 3



- Komisch, wir haben doch immer 50Ω
- Von den 20W des Tranceiver kommen 5.0 W in die Last (Birne).
- 15 W (6.02 dB) werden im Tuner und 33 m 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

F(MHz) PA-Leistung(Watt)

Kabelparameter

Zw(Ω)	VF	Länge(m)	a(dB/100m)	@ f(MHz)
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0.66"/>	<input type="text" value="33"/>	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="10"/>

Impedanzmessung am Eingang des Speisekabels

RE(Ω) jXE(Ω)

Fußpunkt-Impedanz der Antenne

RA(Ω) jXA(Ω)

Mit idealem Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	<input type="text" value="4.45"/>	Senderseitiges SWV	<input type="text" value="1.00"/>
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	<input type="text" value="1.11"/>	Spannung am Kabeleingang (V)	<input type="text" value="27.76"/>
Gesamtdämpfung (dB)	<input type="text" value="5.55"/>	Antennenseitiges SWV	<input type="text" value="2.64"/>
Wirkungsgrad(%)	<input type="text" value="27.83"/>	Spannung am Kabelausgang (V)	<input type="text" value="23.96"/>
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	<input type="text" value="4.17"/>		

Ohne Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	<input type="text" value="4.45"/>	Senderseitiges SWV	<input type="text" value="1.44"/>
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	<input type="text" value="1.25"/>	Spannung am Kabeleingang (V)	<input type="text" value="27.31"/>
Gesamtdämpfung (dB)	<input type="text" value="5.7"/>	Antennenseitiges SWV	<input type="text" value="3.01"/>
Wirkungsgrad(%)	<input type="text" value="26.93"/>	Spannung am Kabelausgang (V)	<input type="text" value="23.57"/>
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	<input type="text" value="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)	<input type="text" value="7.1"/>	Zw(Ω)	VF	Länge(m)	a(dB/100m)	@ f(MHz)
PA-Leistung(Watt)	<input type="text" value="14.9"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0.66"/>	<input type="text" value="33"/>	<input type="text" value="6.9"/>	<input type="text" value="10"/>

Impedanzmessung am Eingang des Speisekabels

RE(Ω)	<input type="text" value="78.442"/>	jXE(Ω)	<input type="text" value="32.186"/>
			<input type="text" value="0.721<math>\mu</math>H"/>

=>

Fußpunkt-Impedanz der Antenne

RA(Ω)	<input type="text" value="16.682"/>	jXA(Ω)	<input type="text" value="5.281"/>
			<input type="text" value="0.118<math>\mu</math>H"/>

<==

Mit idealem Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	<input type="text" value="1.92"/>	Senderseitiges SWV	<input type="text" value="1.00"/>
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	<input type="text" value="0.79"/>	Spannung am Kabeleingang (V)	<input type="text" value="36.95"/>
Gesamtdämpfung (dB)	<input type="text" value="2.71"/>	Antennenseitiges SWV	<input type="text" value="1.99"/>
Wirkungsgrad(%)	<input type="text" value="53.6"/>	Spannung am Kabelausgang (V)	<input type="text" value="12.11"/>
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	<input type="text" value="7.99"/>		<input type="text" value=""/>

Ohne Antennentuner

Kabel-Grunddämpfung (dB)	<input type="text" value="1.92"/>	Senderseitiges SWV	<input type="text" value="1.96"/>
SWV-bedingte Zusatzdämpfung (dB)	<input type="text" value="1.27"/>	Spannung am Kabeleingang (V)	<input type="text" value="34.95"/>
Gesamtdämpfung (dB)	<input type="text" value="3.19"/>	Antennenseitiges SWV	<input type="text" value="3.04"/>
Wirkungsgrad(%)	<input type="text" value="47.96"/>	Spannung am Kabelausgang (V)	<input type="text" value="11.45"/>
An RA umgesetzte Leistung(Watt)	<input type="text" value="7.15"/>		<input type="text" value=""/>

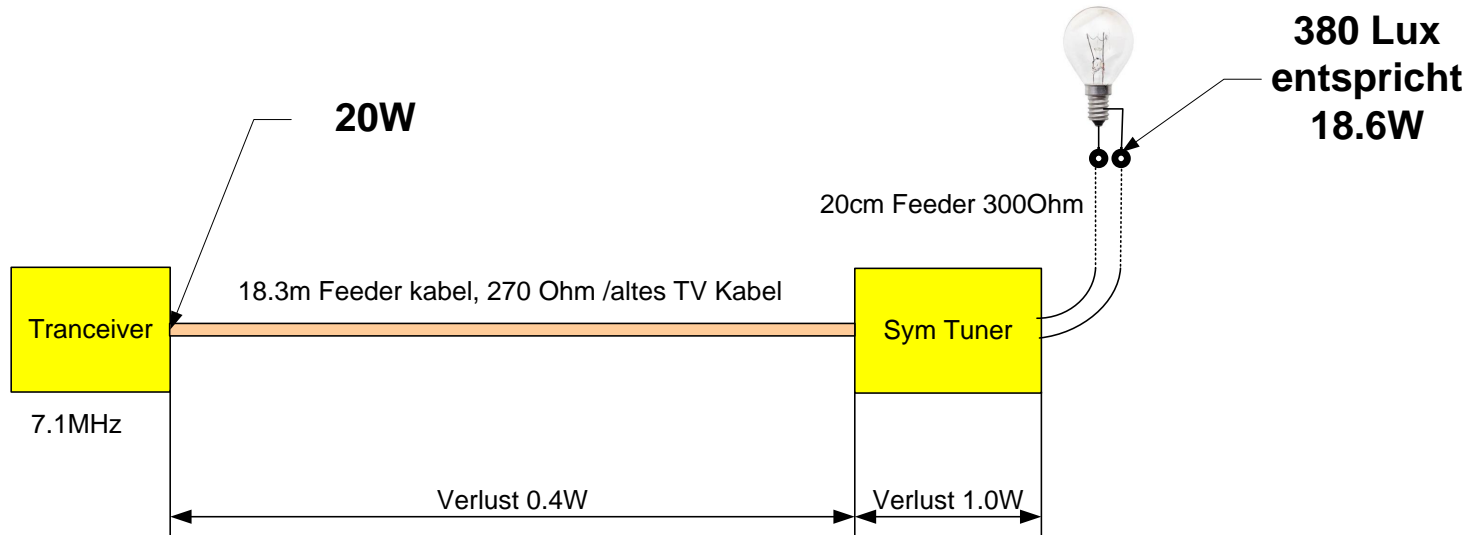
Die Verluste mit einem RG213 anstelle des RG 58

- 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 -4.45 dB 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

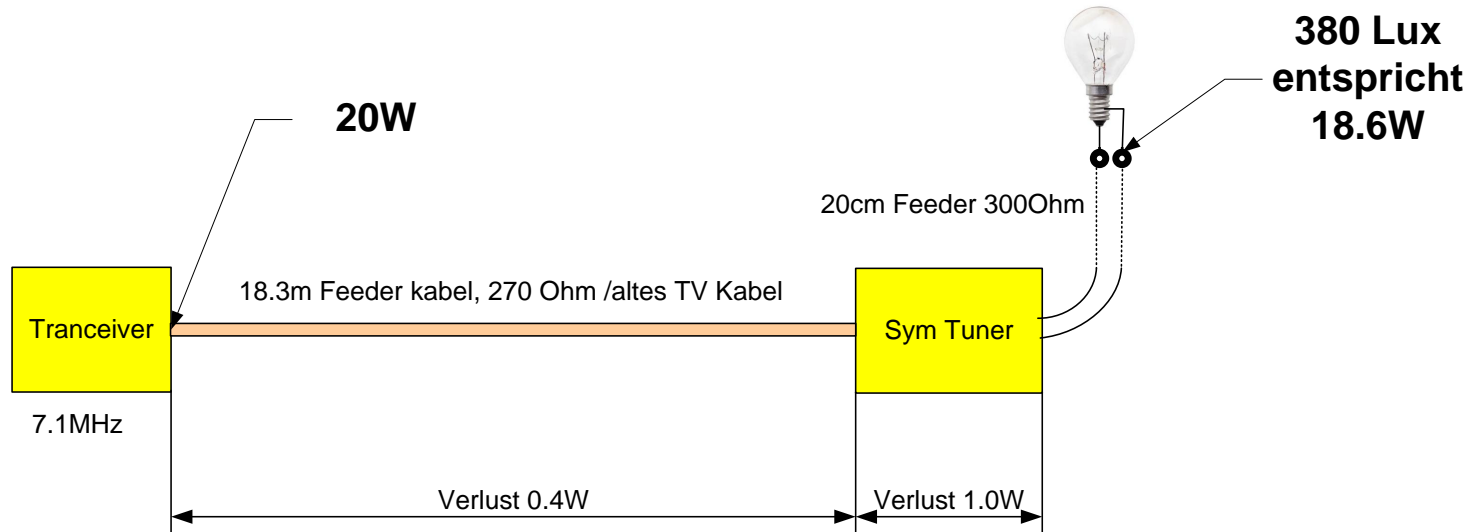
85.2 ohm +j66.8 ohm



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

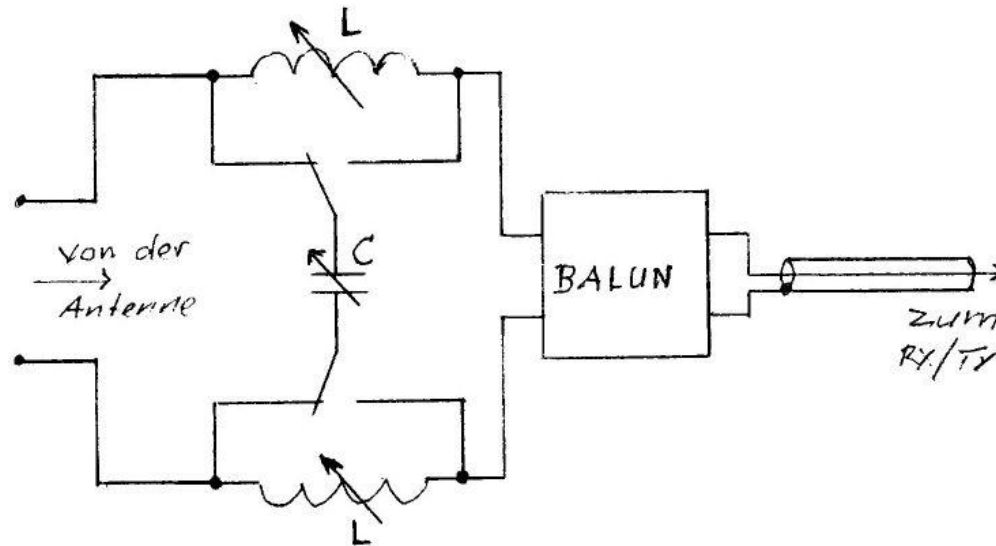
Das Optimum für unsere hier dargestellte Antenne

85.2 ohm +j66.8 ohm



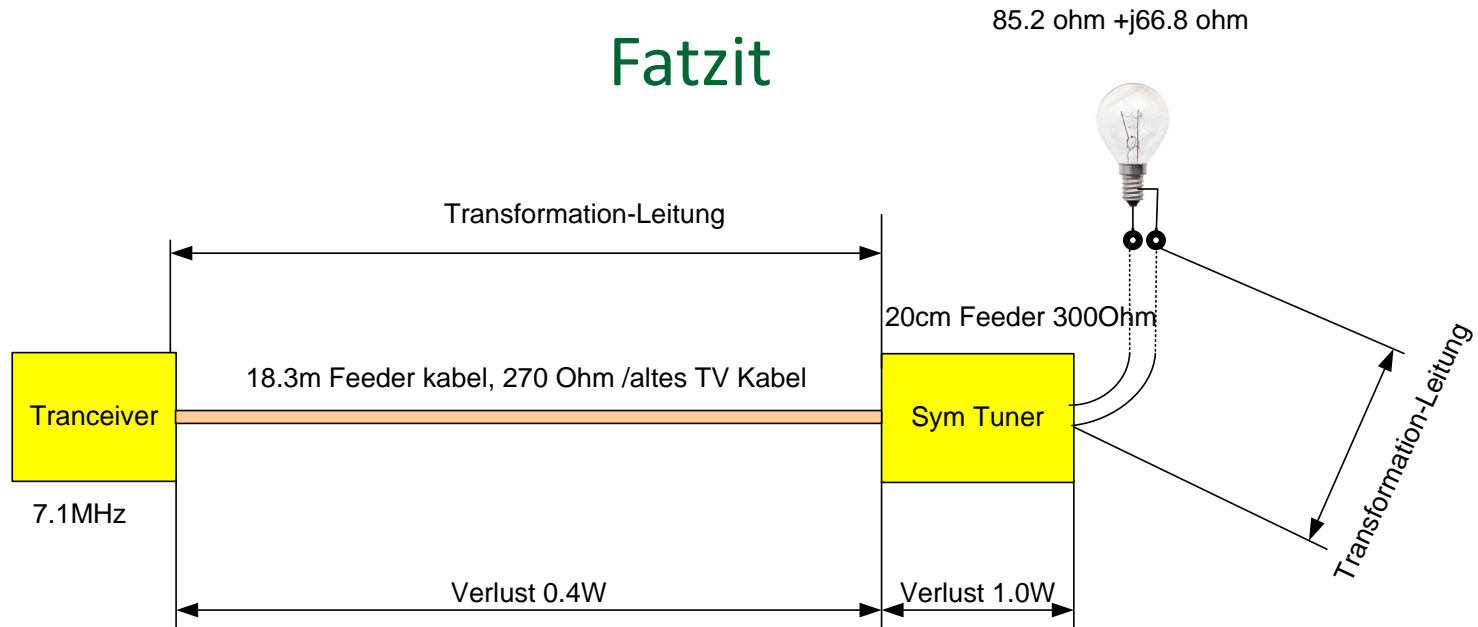
- Von den 20 W am Tranceiver Ausgang gelangen immerhin 18.6 W in die Antenne.
- Das ist ein Wirkungsgrad von 84%.
- Vergleichbar mit 33 m RG58, mit einem Wirkungsgrad von nur gerade 25%, ist das ein gewaltiger Unterschied.

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

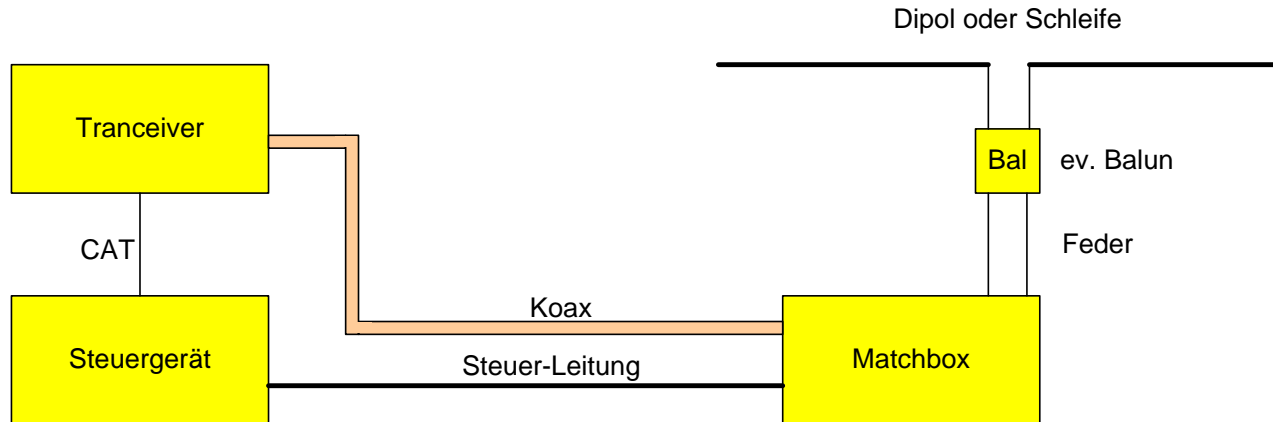


- Jedes Stück Kabel wirkt als Transformationselement.
- Daher ist es wichtig, dass diese von hoher Güte sind.
- Daher ist es wichtig, dass diese möglichst kurz sind.

Fazit zu einem Simulation Tool

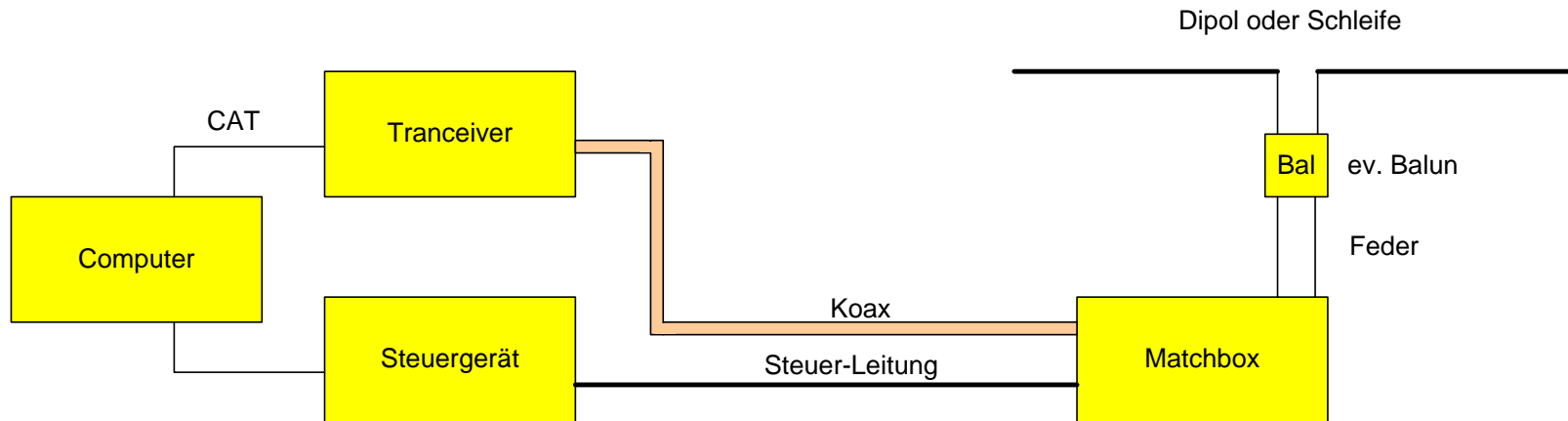
- Also lohnt es sich für jeden KW-Funkamateurliebhaber, einmal seine Antennen-Anlage, mit einem solchen Simulation-Tool auf die theoretischen Verluste zu untersuchen.
- Beim Tool von Walter DL1JWD sind sogar einige bekannte Tuner hinterlegt.
- Dabei rechnet das Programm alle möglichen L&C- Kombinationen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

Koppler mit Steuer-Einheit DL9HDA



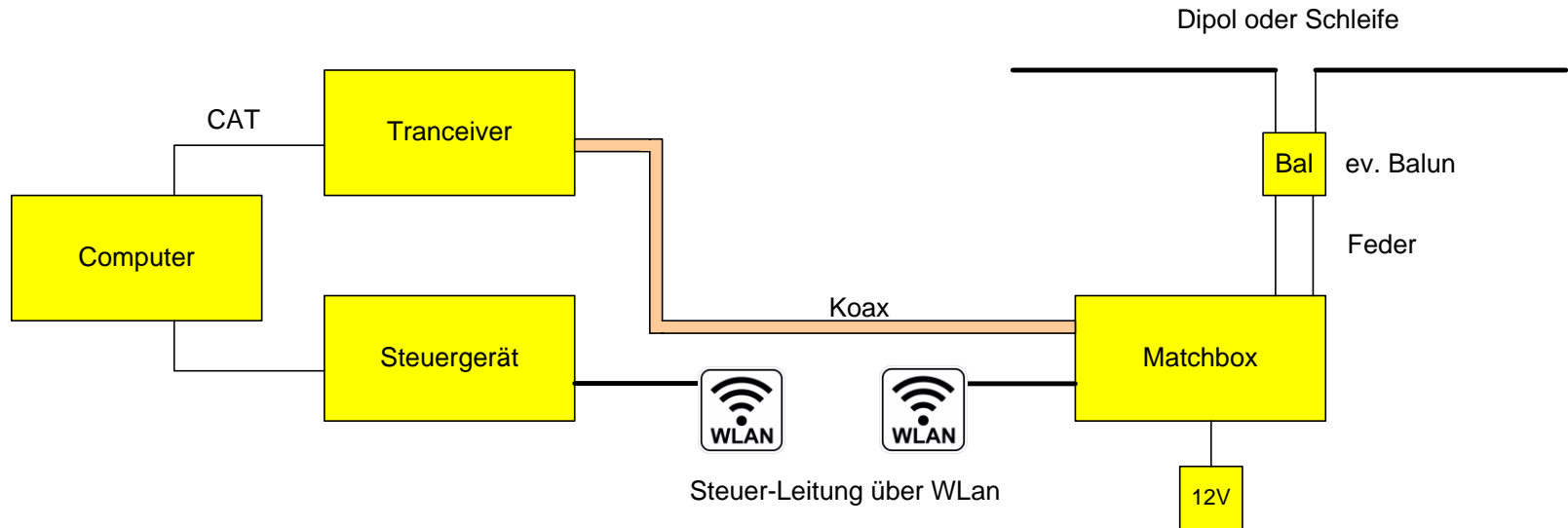
- Einfache Konfiguration
- Tranceiver steuert alles Automatisch

Koppler mit Steuer-Einheit DL9HDA



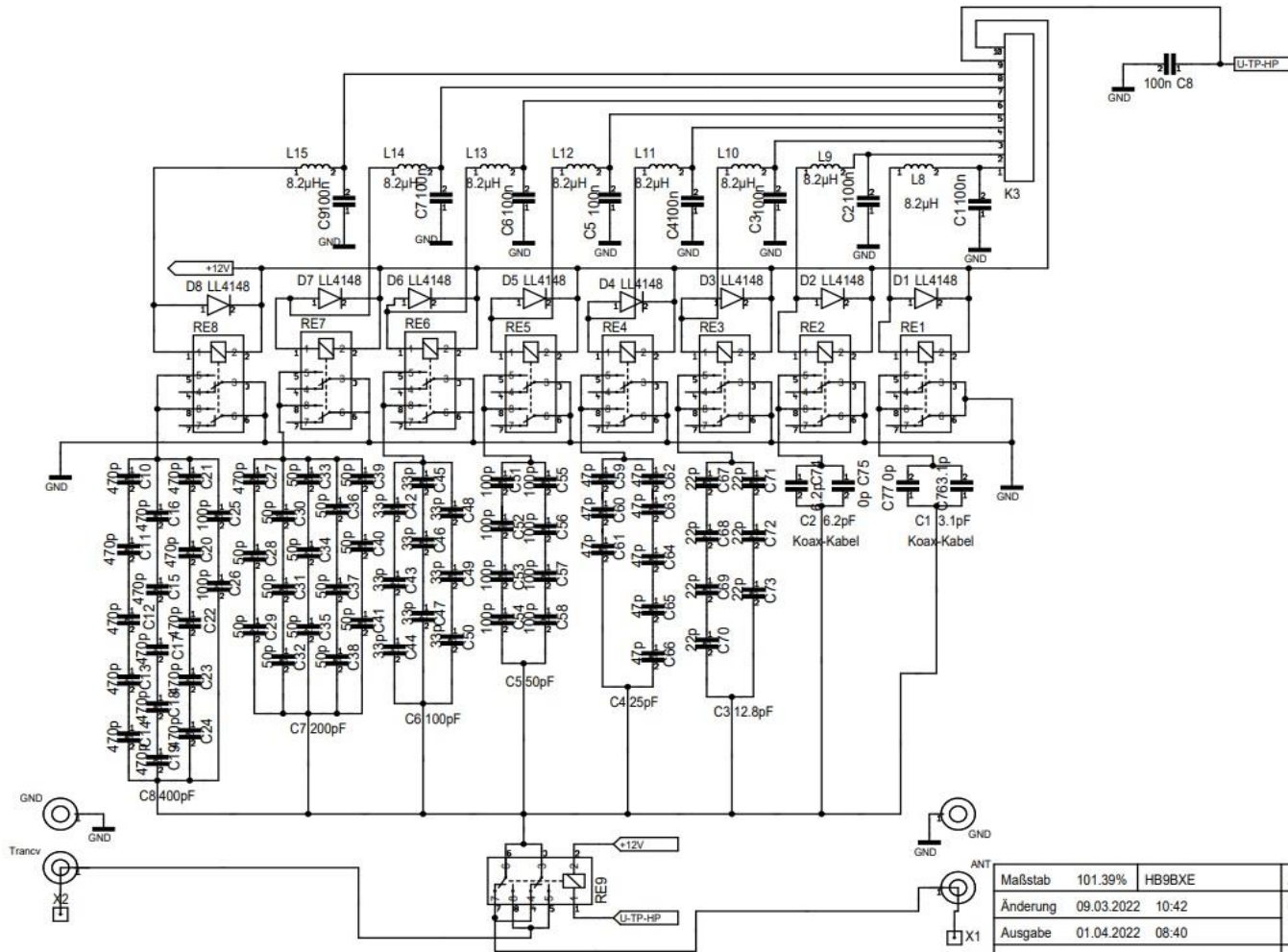
- Integration Computer
- Tranceiver steuert alles Automatisch
- Logprogramm steuert alles Automatisch

Koppler mit Steuer-Einheit DL9HDA



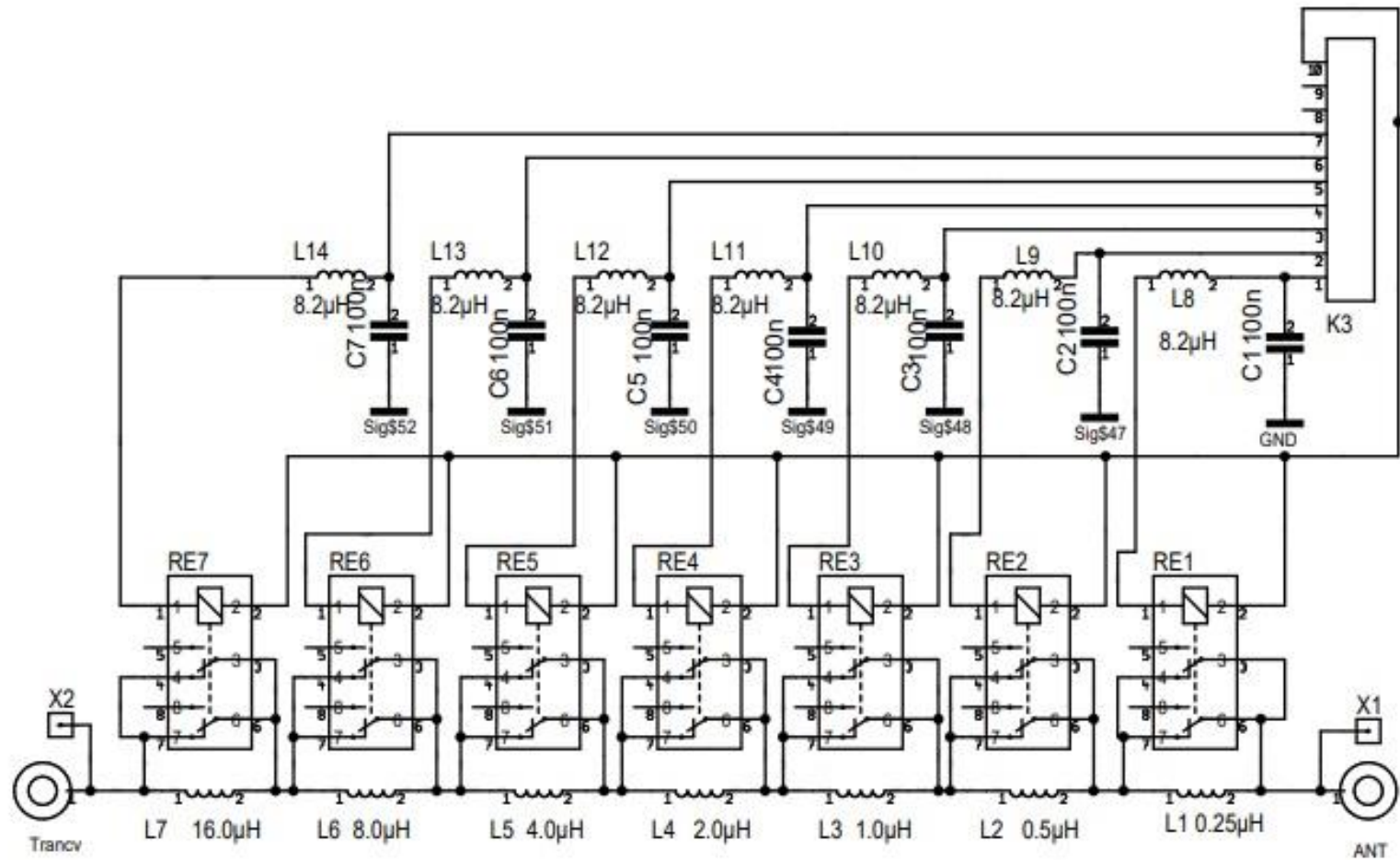
- Weiter-Entwicklung
- Aufwendige Steuerleitung durch WLAN ersetzen

Prototyp Simmetrischer Koppler Cs Einheit

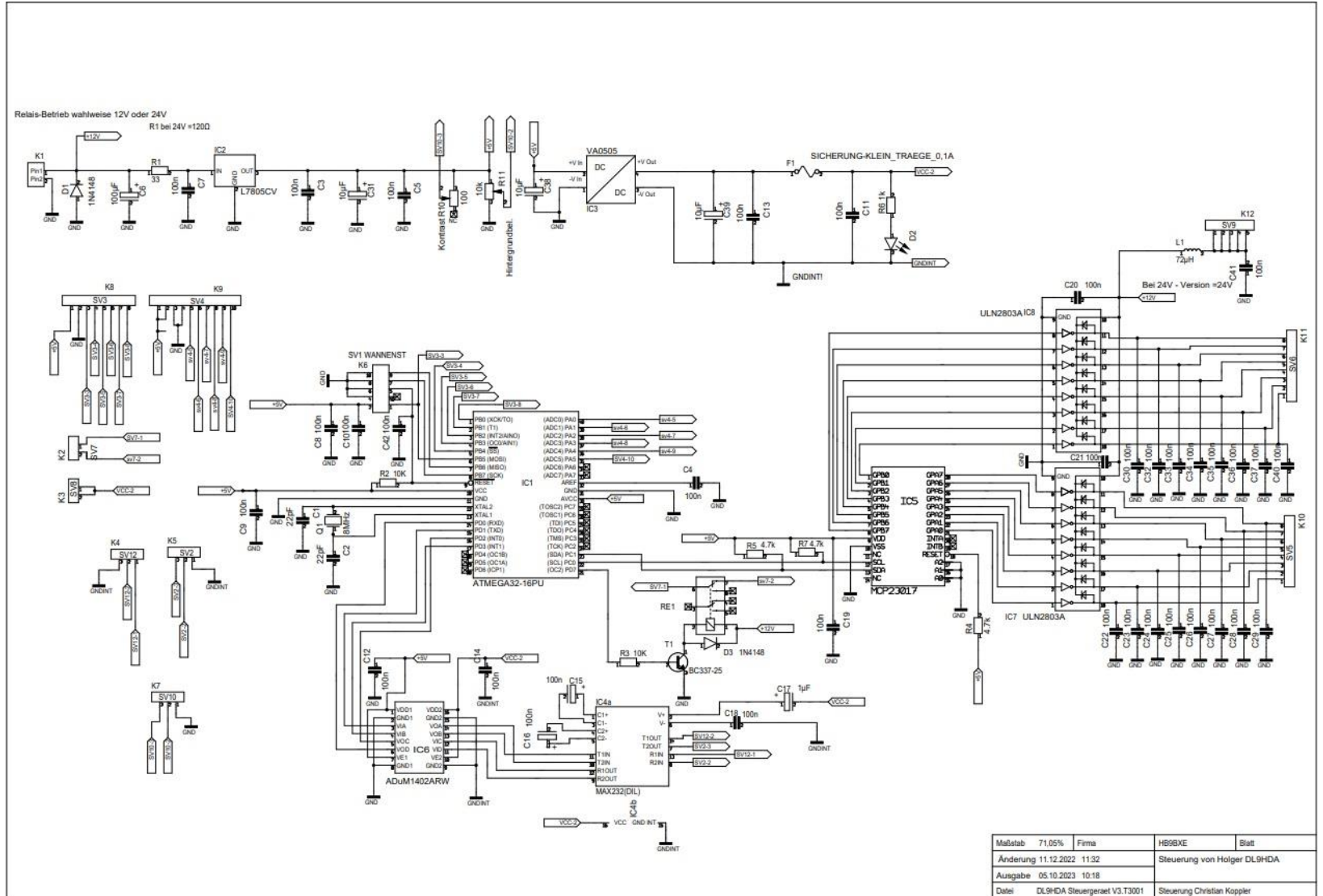


Maßstab	101.39%	HB9BXE	Zeichner HB9BXE	Blatt
Änderung	09.03.2022	10:42	C-Platine	
Ausgabe	01.04.2022	08:40		
Datei	Cs-Einheit V1b.T3001		Projekt Symmetrischer Koppler	

Prototyp Simmetrischer Koppler L- Einheit

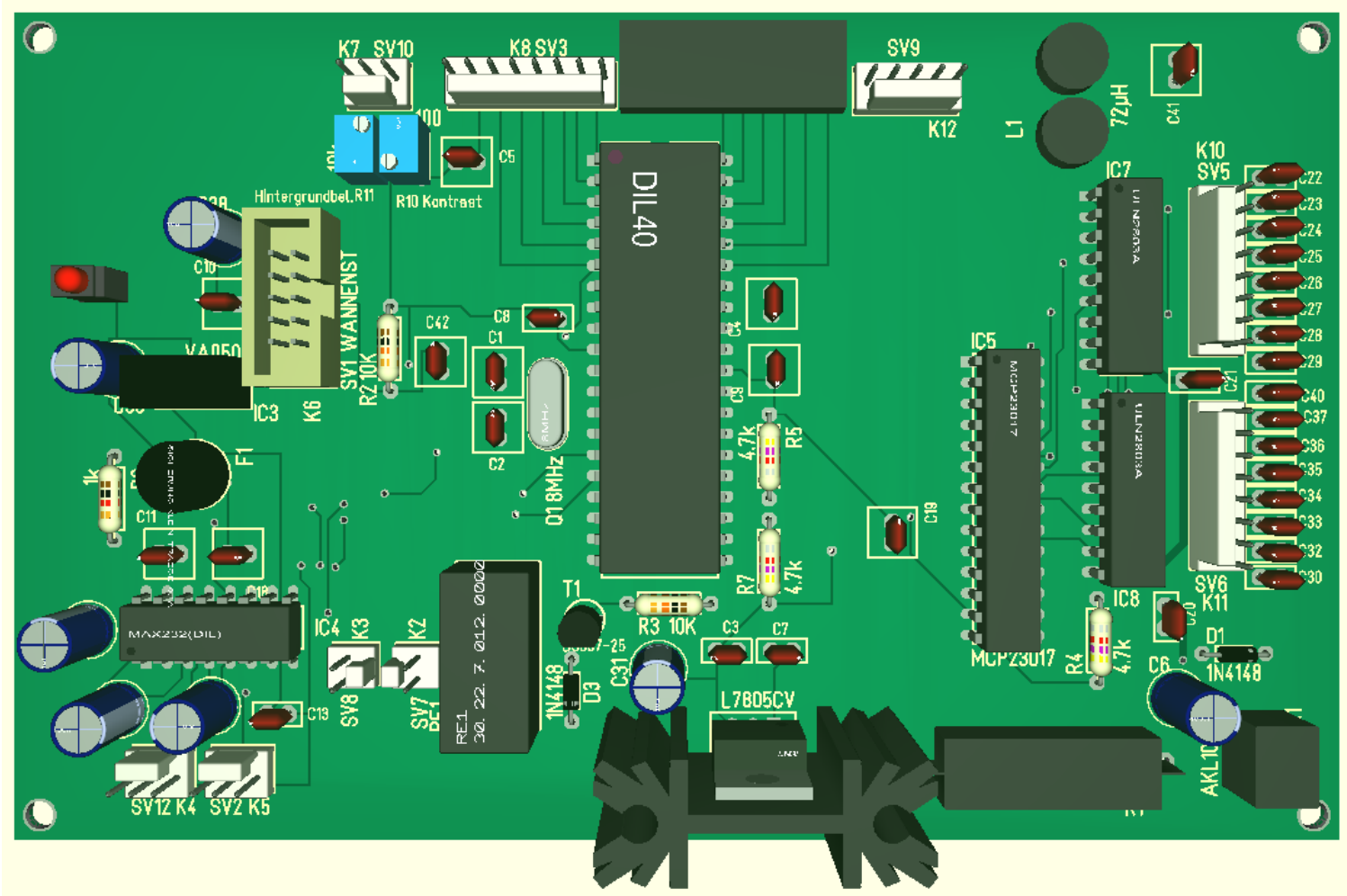


Steuer-Einheit DL9HDA


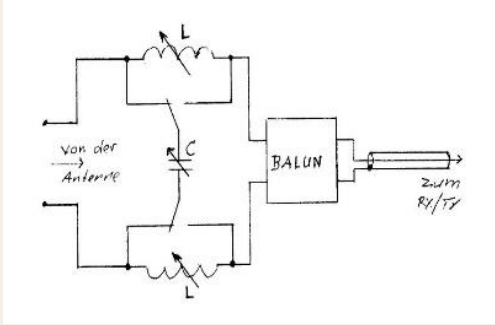

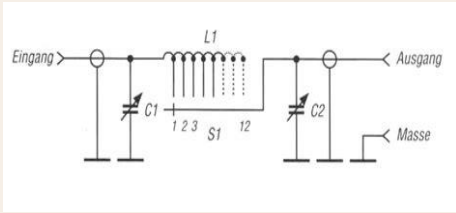

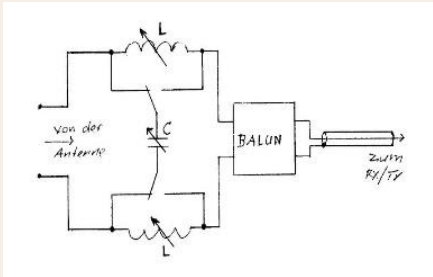


Maßstab	71,05%	Firma	HB9BXE	Blatt
Änderung	11.12.2022	11:32	Steuerung von Holger DL9HDA	
Ausgabe	05.10.2023	10:18		
Datum	DL9HDA Steuergerät V3.T3001		Steuerung Christian Koppler	


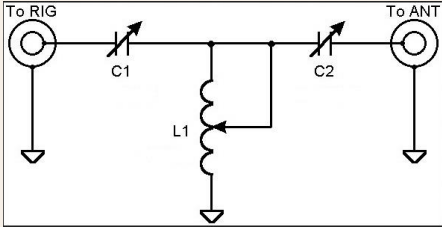

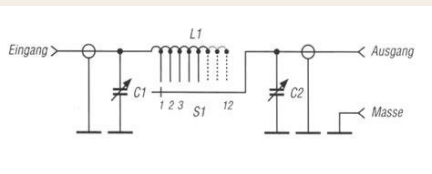

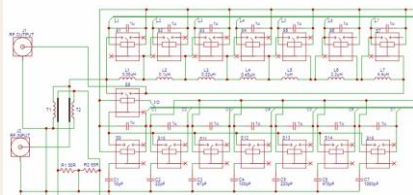
Steuer-Einheit DL9HDA




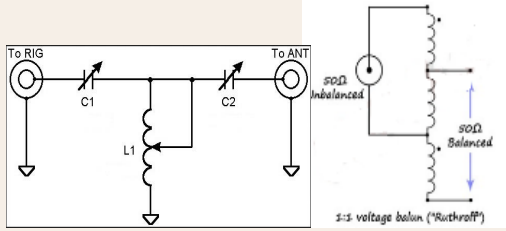

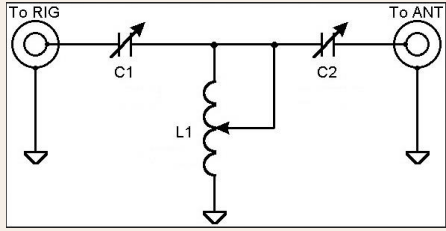

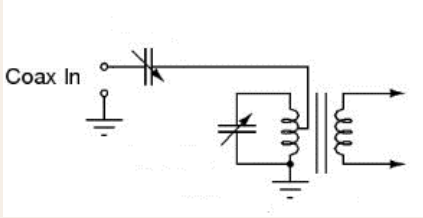
Übersicht Tuner Wirkungsgrad

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?