

*Vortrag über die Masterarbeit*

***Switched Load Circuit for  
Power Amplifier in a 7 Tesla MRI System***

*Von Khaled Rebhi*

*Fachgebiet Hochfrequenztechnik  
Prof. Dr-Ing. K.Solbach*

# *Inhalt*

- ❖ Motivation
- ❖ Überblick über die Schaltung
- ❖ Simulation
- ❖ PCB Layout
- ❖ Realisierung und Messergebnisse
- ❖ Zusammenfassung

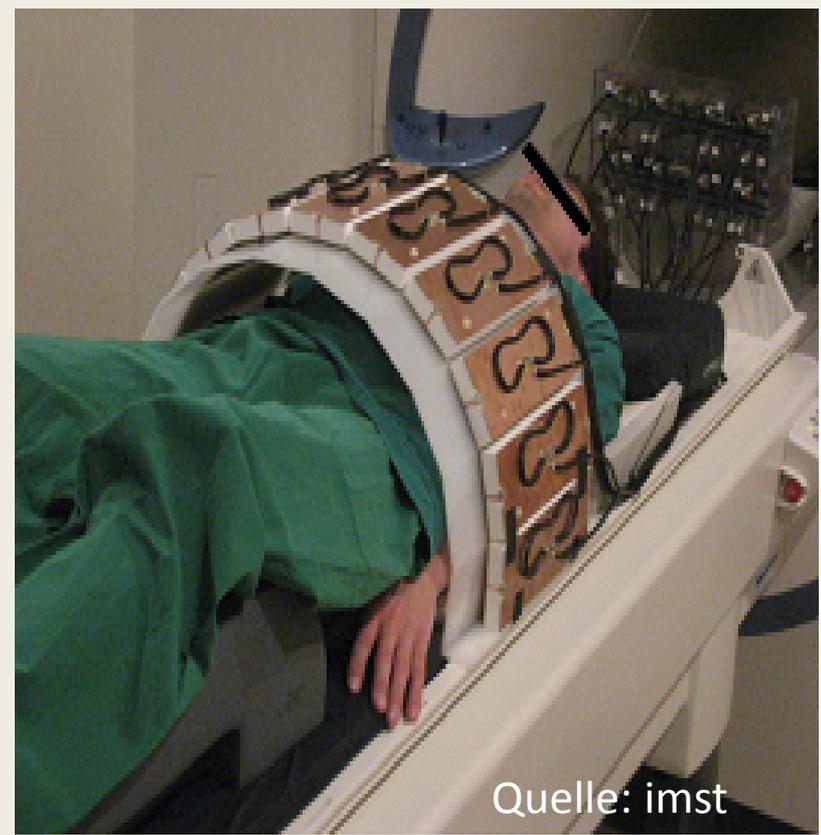
Eine HF-Schaltung, die Variablen Impedanzen darstellen kann.

## Warum?

- Die benötigte  $50 \Omega$  Anpassungsimpedanz ist für den Verstärker nicht permanent vorhanden
- Fehlanpassung.
- Reaktion/Stabilität des Verstärkers?

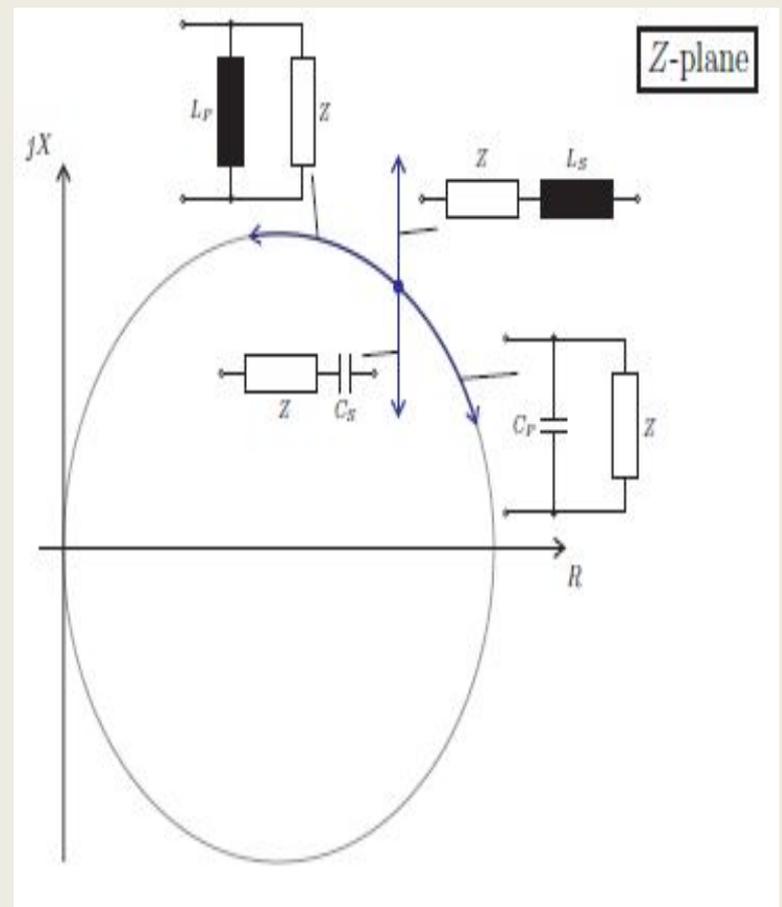
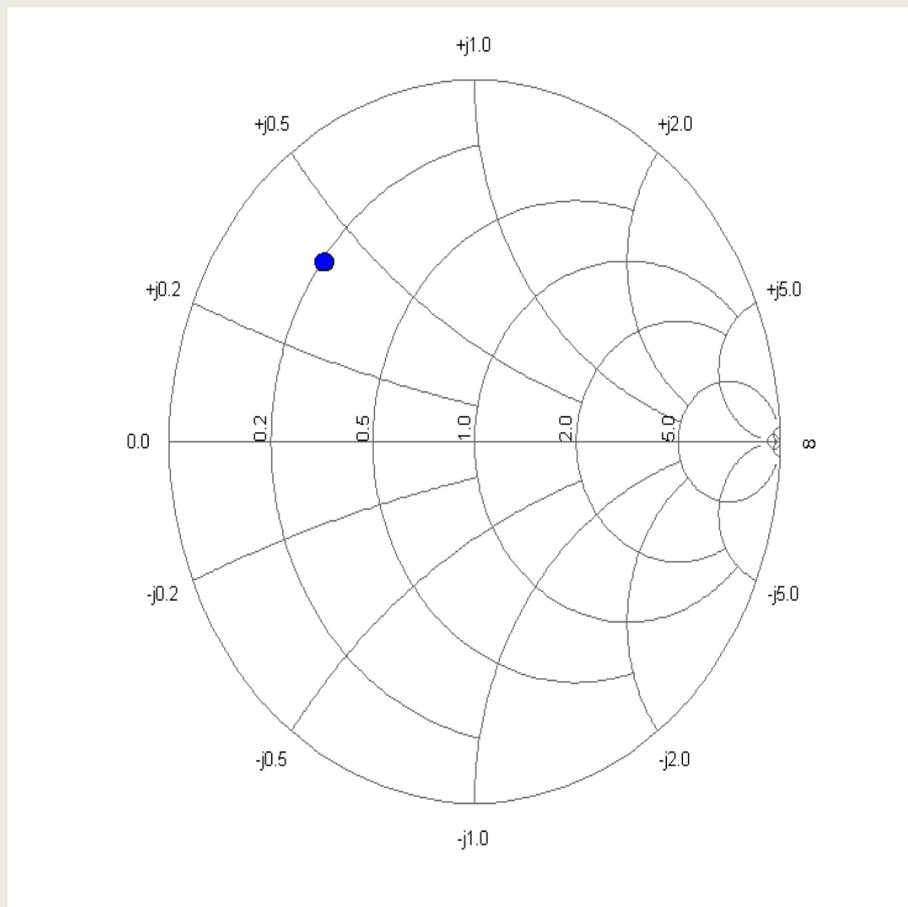
## Wie?

- Impedanztransformation.
- Umschalten zwischen die Impedanzen.
- Die Leistungsfestigkeit der Bauelementen.



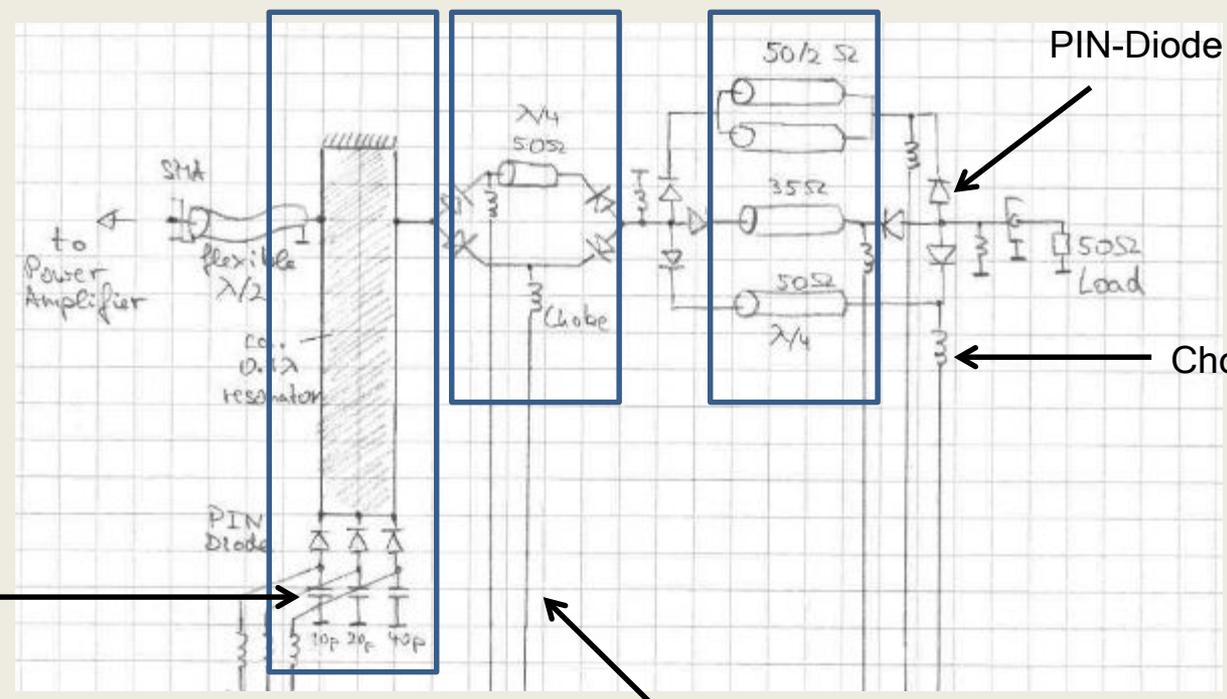
Quelle: imst

# Motivation



# Überblick über die Schaltung

Resonator    Stufe2    Stufe1



PIN-Diode

Choke Spule

Kapazitäten

1VDC/-24VDC

## PIN-Diode: MA4P4006F-1091T (MACOM)

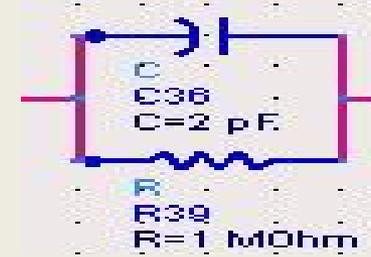
- Leistungsfestigkeit: bis 1000 V
- Durchlassbereich: 0.8-1V/100mA
- Sperrbereich: -24V



← Leitend

Diode

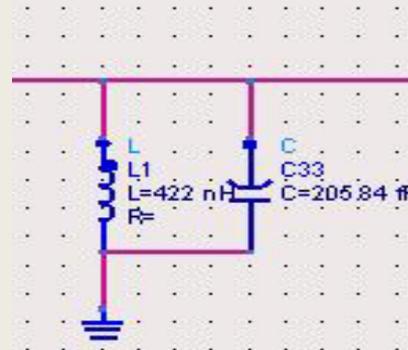
Sperrend →



## Choke Spule: 132-18 SM-L (Collcraft)

- L=422nH
- SRF: 540 MHz

Ersatzschaltbild



# Simulationsschaltung

S-PARAMETERS

- S\_Param
- SP1
- Start
- Stop
- Step

MSub

- MSub
- MSub1
- H=1.52 mm
- E=3.55
- M1=1
- Co=1.0E+00
- Ht=1.0E+033 mm
- T=70.4 m
- Tau D=0.1
- Por=0 mm
- Base
- Dpeaks

- VAR VARIQ C\_V=7.9
- VAR VAR VARI L11=20
- VAR VAR VARI L=36
- VAR VAR VARI L22=L-11

$C_{S1}$   $C_{S2}$   $C_{S3}$

$C_{S1} = 5\text{Pf}$     $C_{S2} = 10\text{Pf}$     $C_{S3} = 20\text{Pf}$

Die Kombination der Leitungen

Leitung $L_i$	Stufe 1			Stufe 2	
	50 $\Omega$ Leitung	25 $\Omega$ Leitung	35 $\Omega$ Leitung	50 $\Omega$ Leitung	Keine Transformation
$L_1$	x			x	
$L_2$			x	x	
$L_3$		x		x	
$L_4$	x				x
$L_5$			x		x
$L_6$		x			x

Die Kombination der Kapazitäten

Kapazität $C_i$	$C_{s1}$	$C_{s1}$	$C_{s1}$
$C_1$	x		
$C_2$	x	x	
$C_3$			x
$C_4$	x	x	
$C_5$		x	x
$C_6$	x	x	x

Substrat: Roger 4003

$\epsilon = 3,55$

$h = 1,52$  mm

f=298 MHz

$\lambda/4$ Leitung	50 $\Omega$ Leitung	25 $\Omega$ Leitung	35 $\Omega$ Leitung
Breite (mm)	3,3	8,9	5,6
$\lambda/4$ Länge (mm)	152	145,7	149

## Eigenschaften des Resonators:

Breite: 7 mm

Länge:  $0.1\lambda = 59$  mm

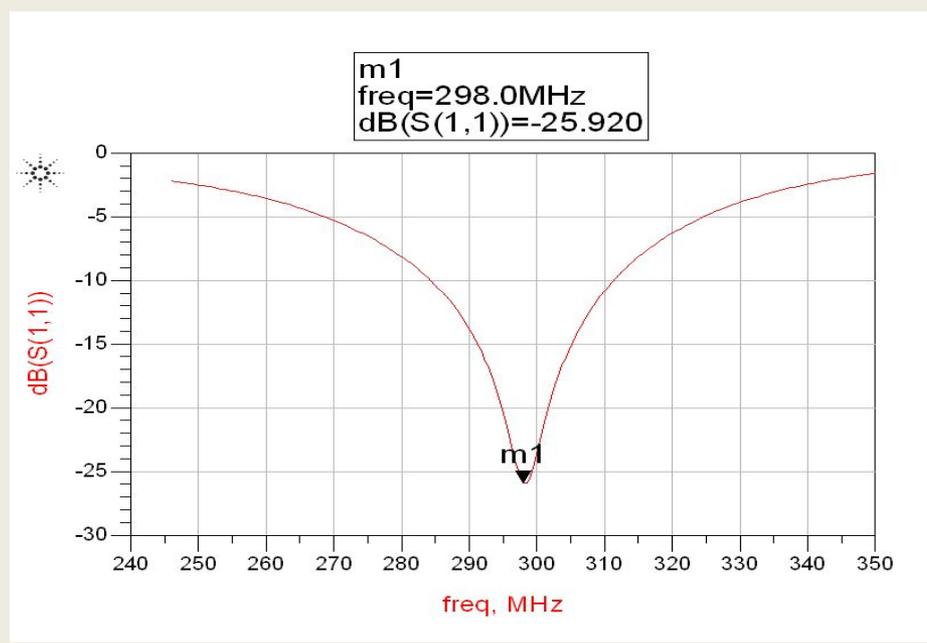
L1 = 33 mm

L2 = 26 mm

$Z_c = 30 \Omega$

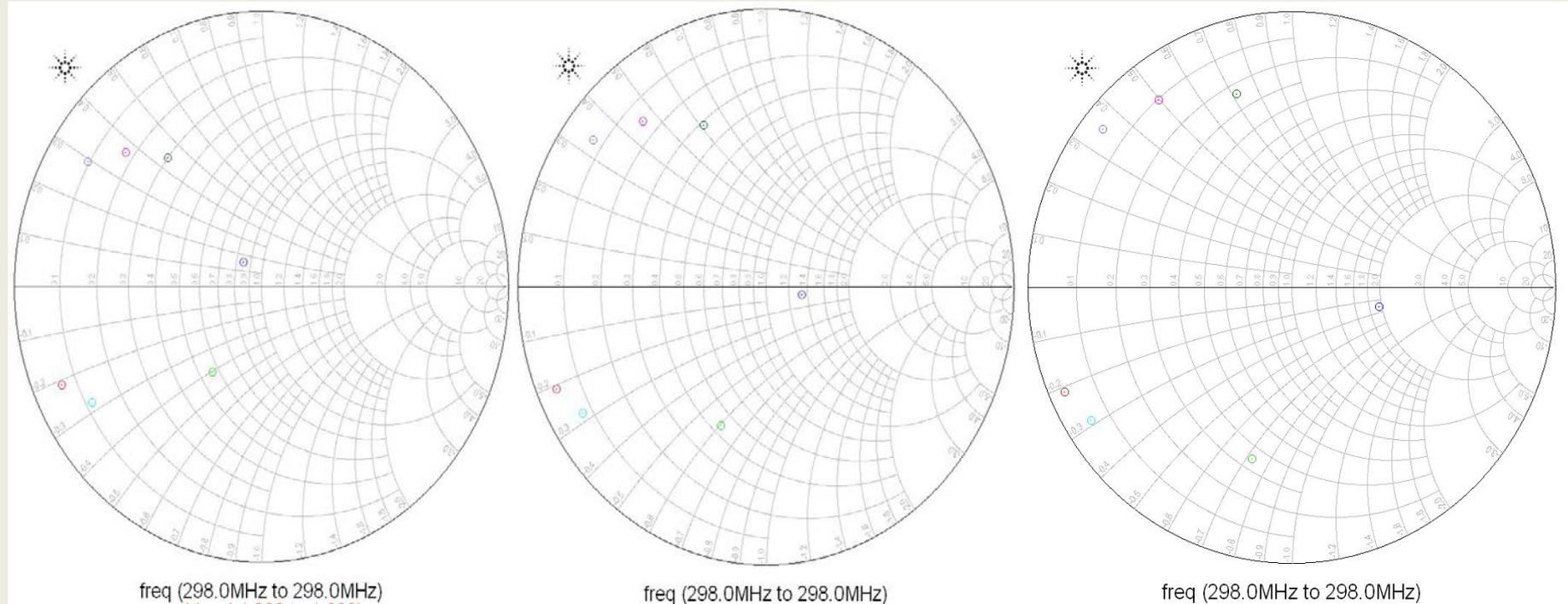
$f = 298$  MHz

$C_s = 21,3$  pF bei der Resonanz



Reflexionsfaktor bei der Resonanz

# Simulation

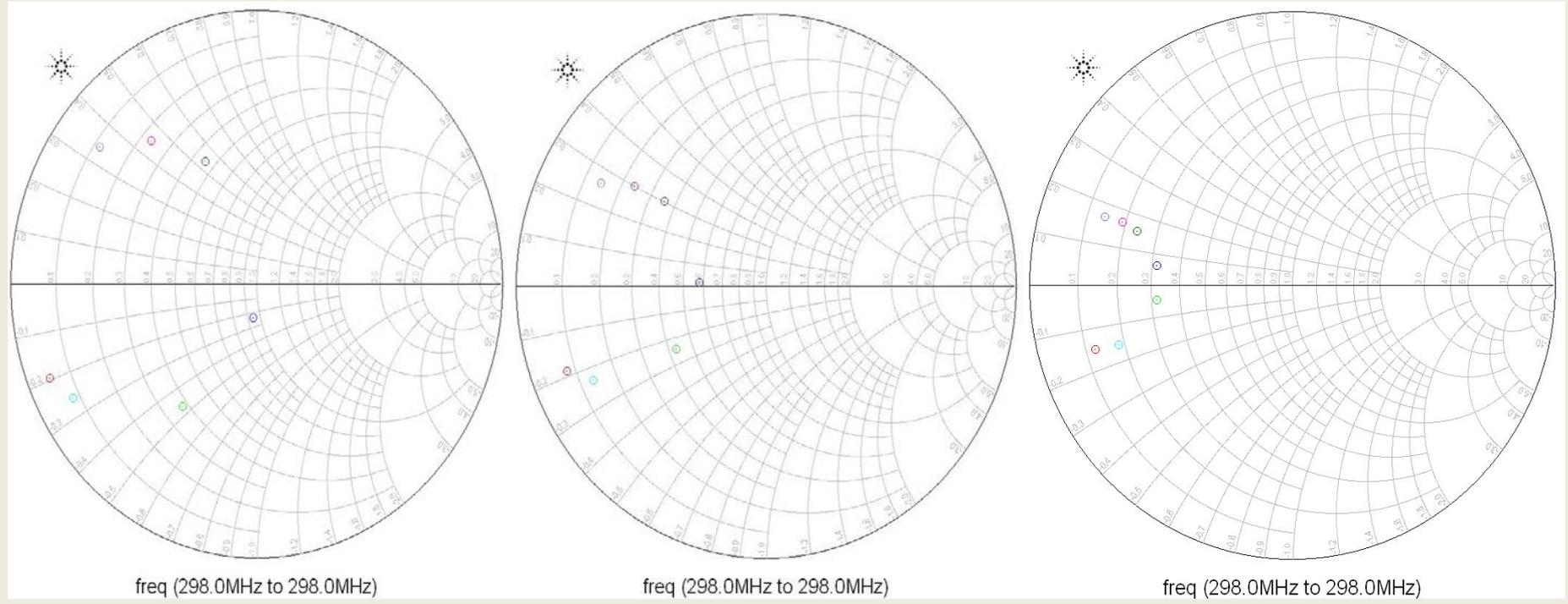


L<sub>1</sub>

L<sub>2</sub>

L<sub>3</sub>

# Simulation

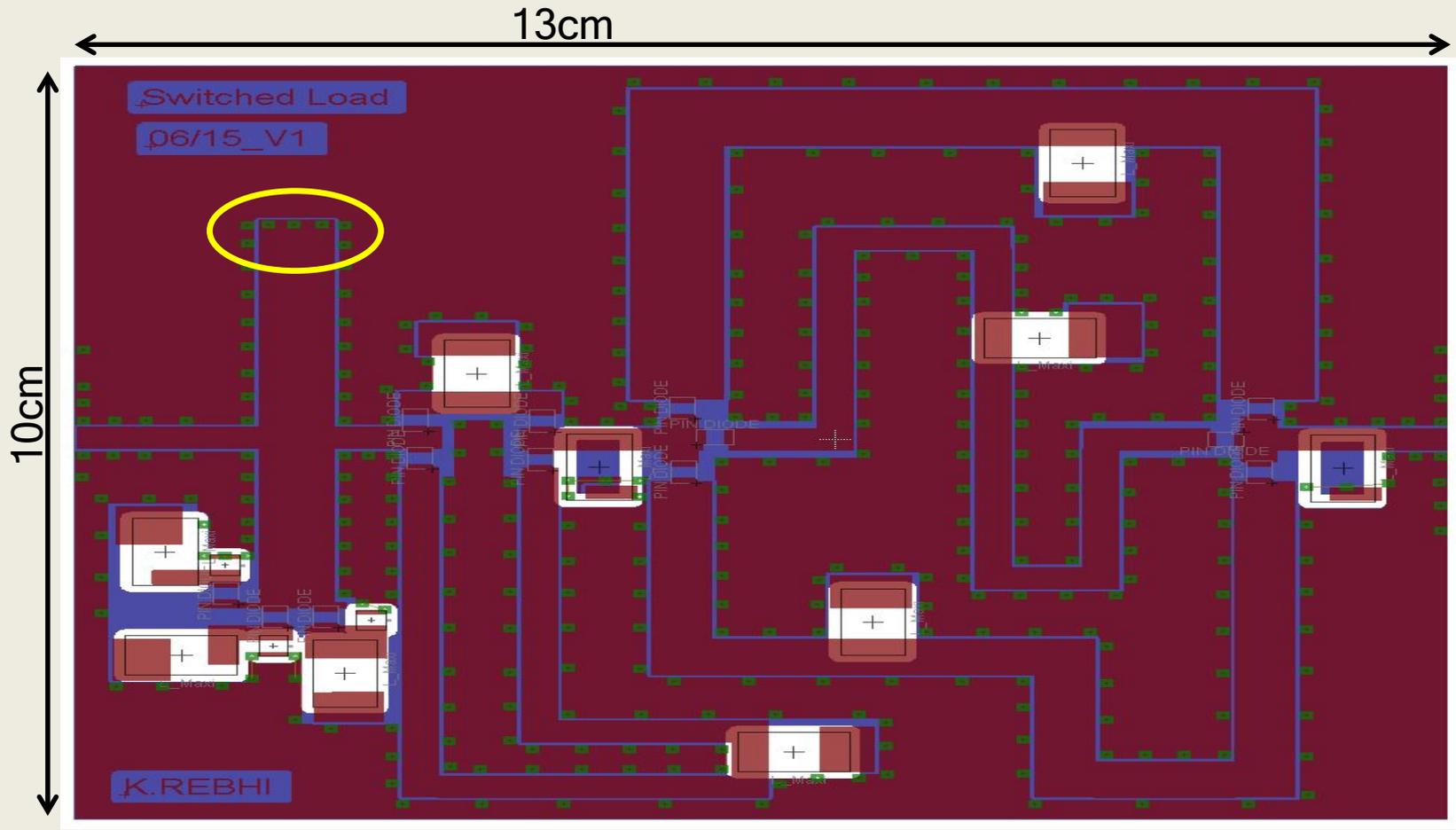


L<sub>4</sub>

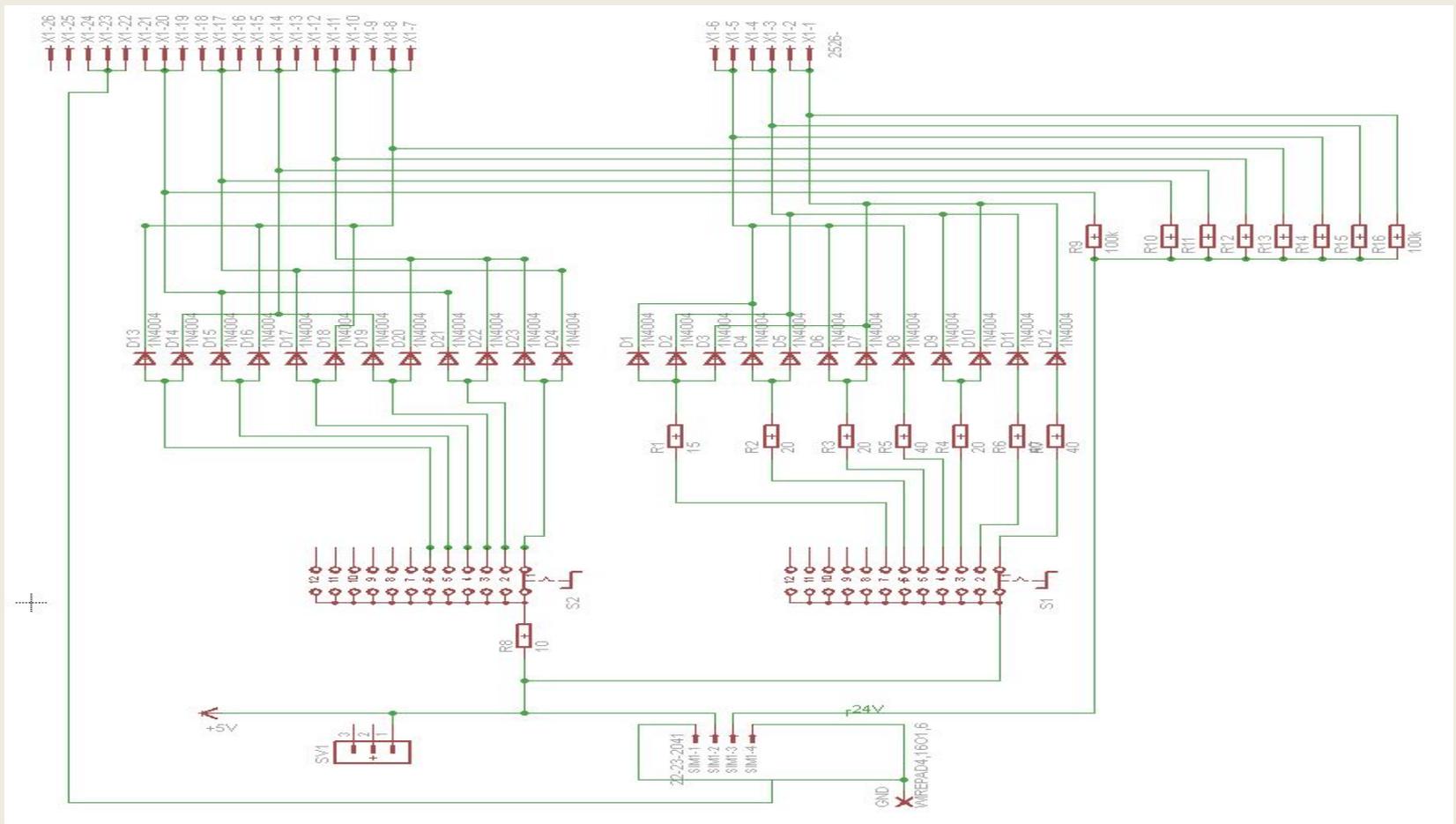
L<sub>5</sub>

L<sub>6</sub>

# PCB Layout

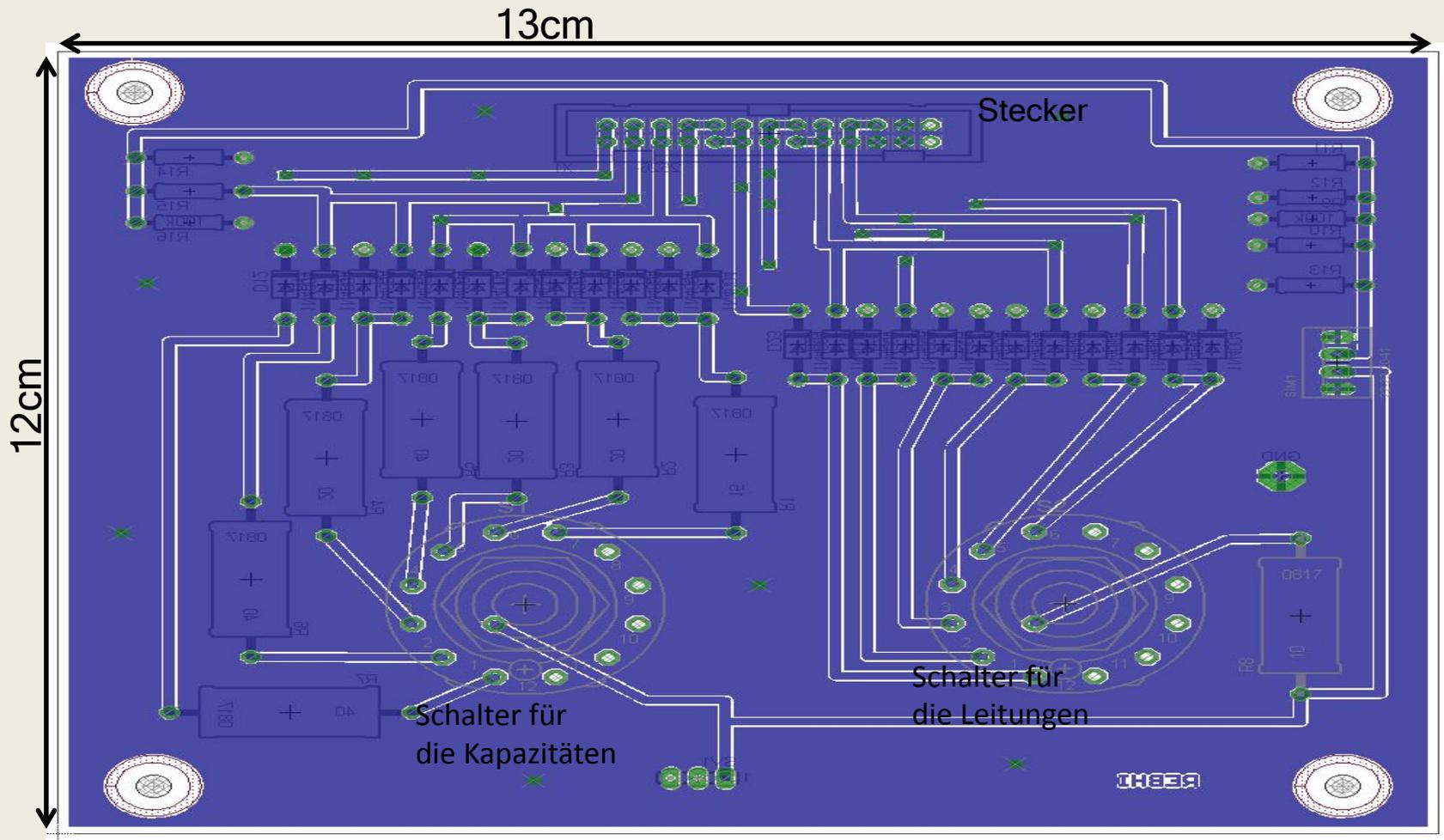


HF-Schaltung in Eagle



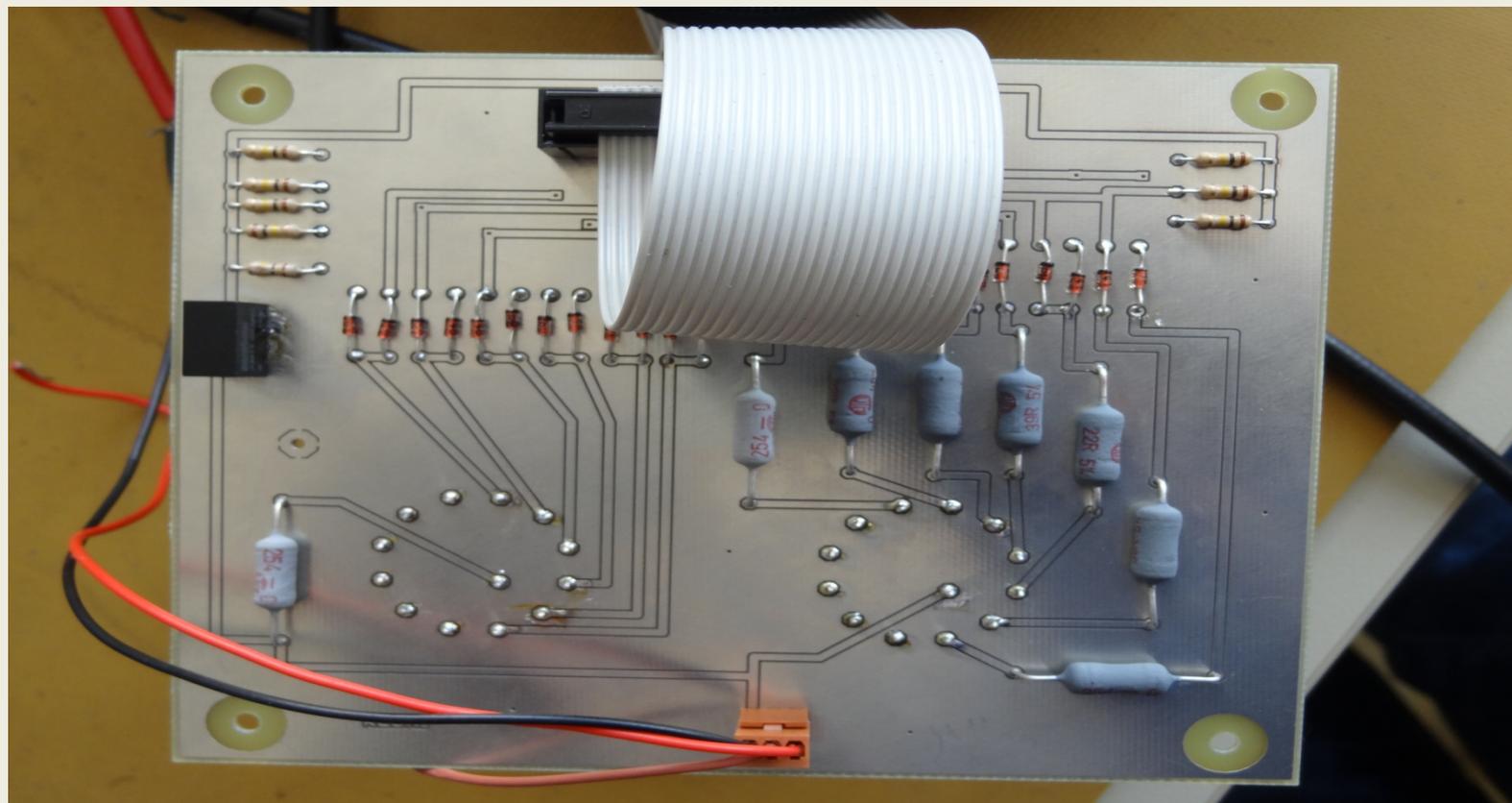
Schaltplan der Kontrollschaltung/DC-Schaltung

# PCB Layout



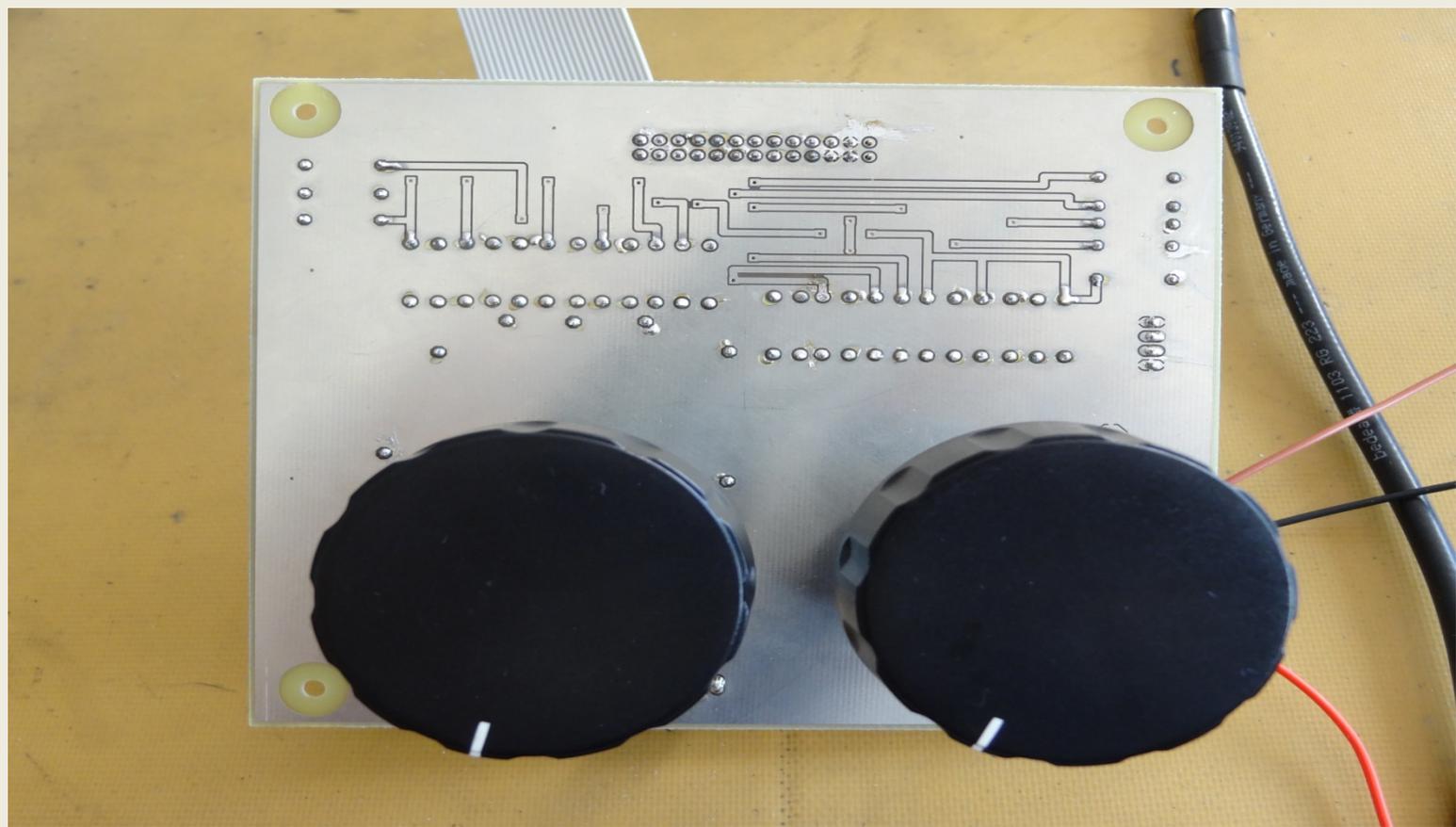
PCB Layout der Kontrollschaltung/DC-Schaltung

# Realisierung und Messergebnisse



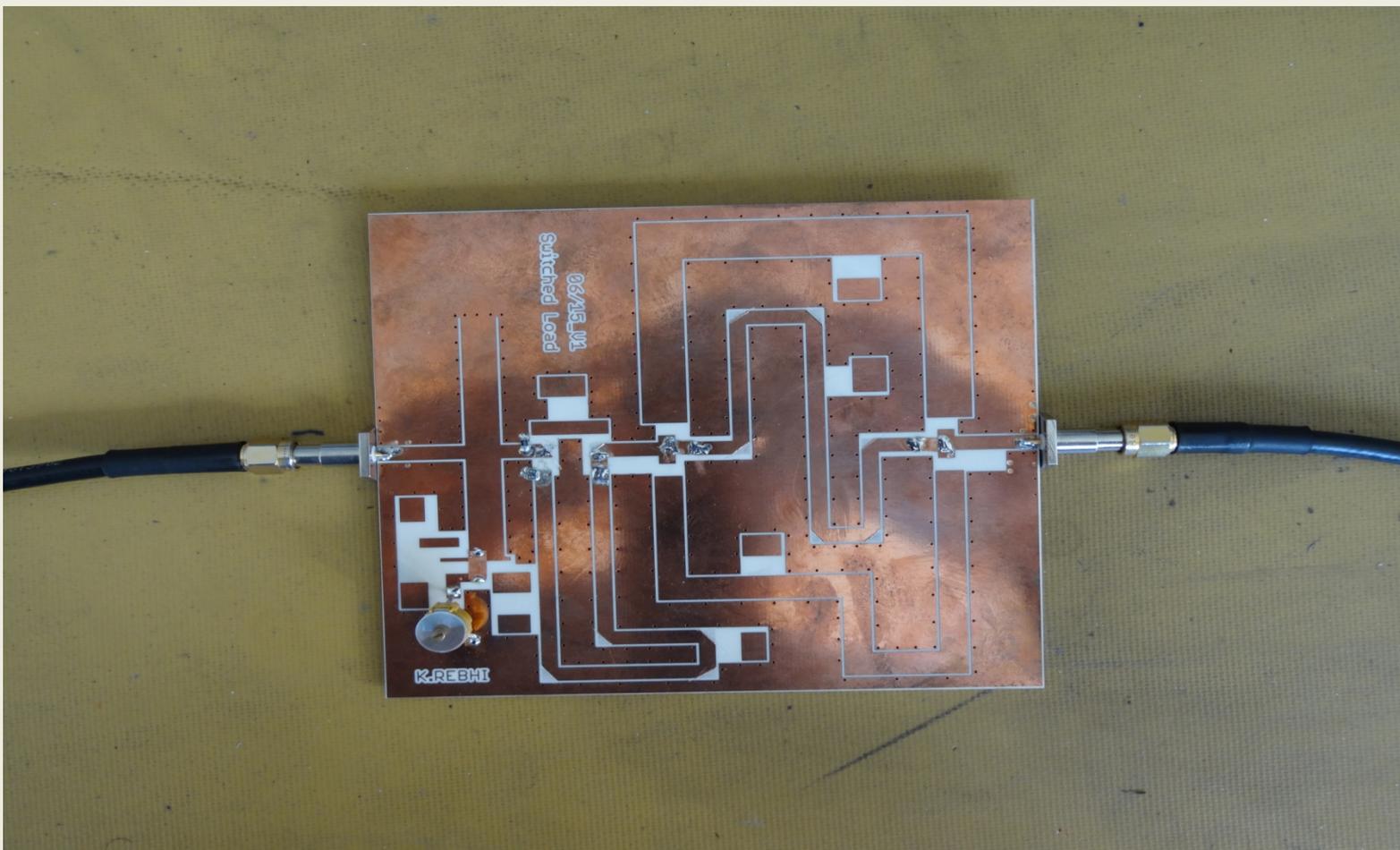
die Kontrollschaltung/DC-Schaltung

# Realisierung und Messergebnisse



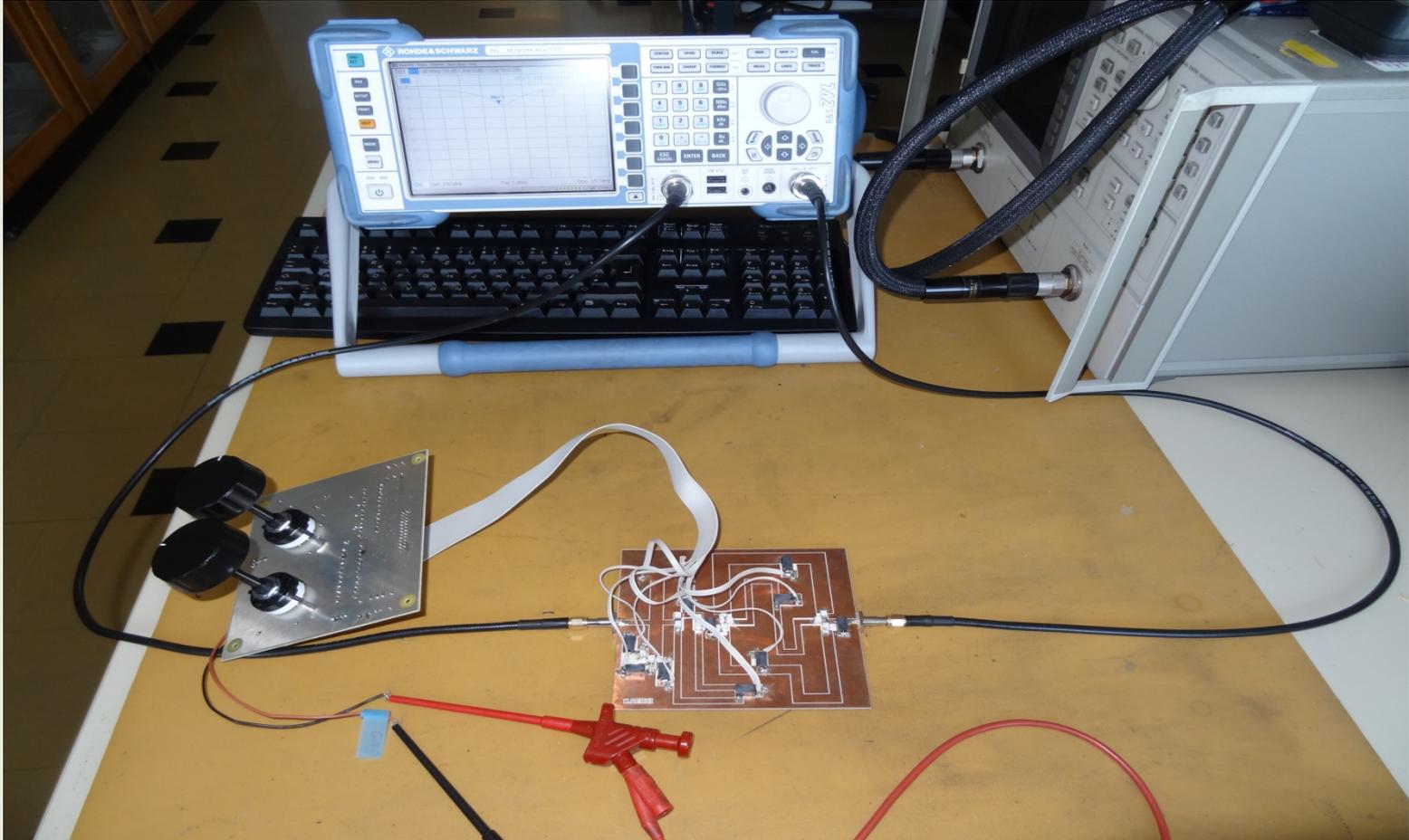
die Kontrollschaltung/DC-Schaltung

# Realisierung und Messergebnisse



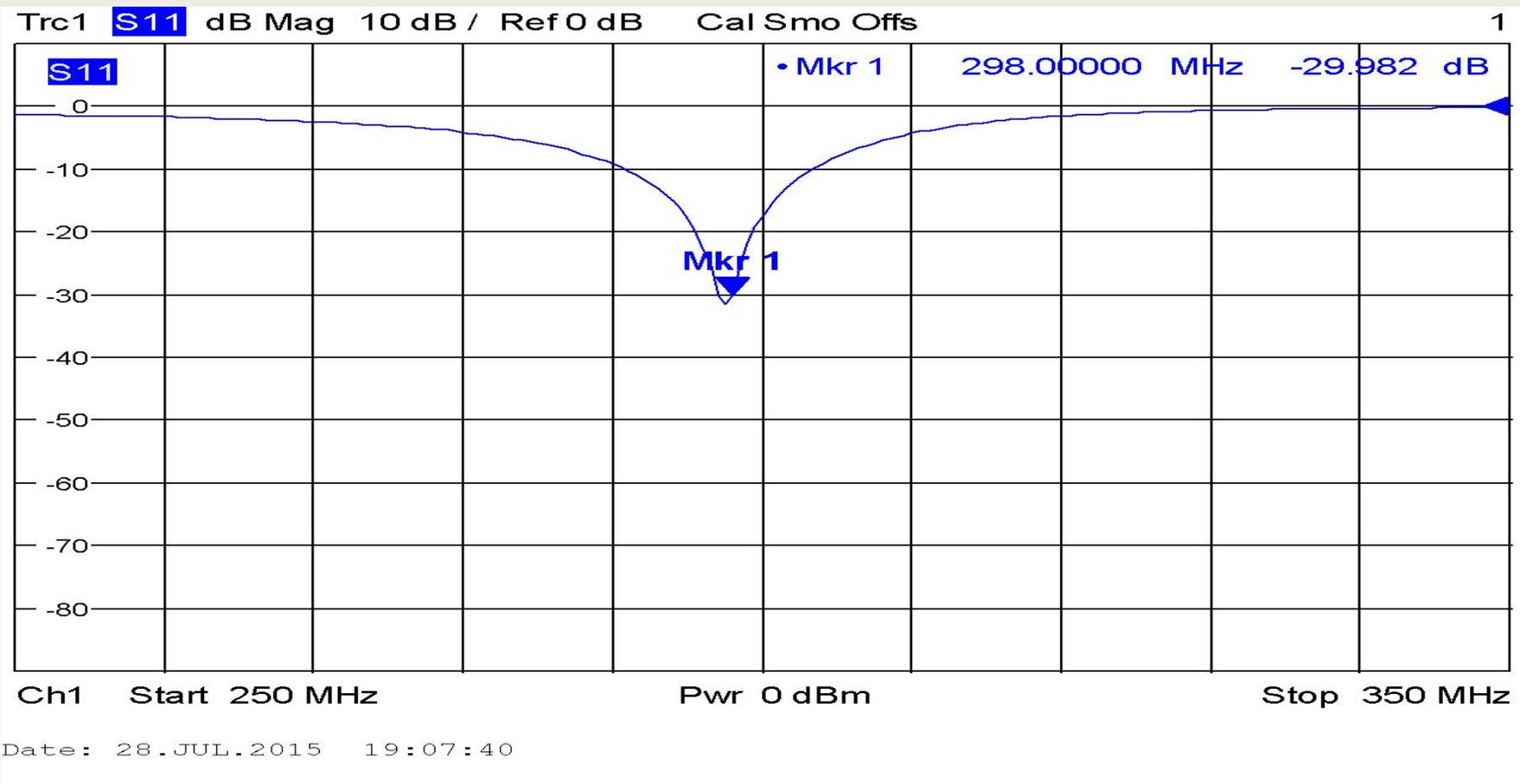
Die Platine der HF-Schaltung

# Realisierung und Messergebnisse



die Messanordnung

# Realisierung und Messergebnisse

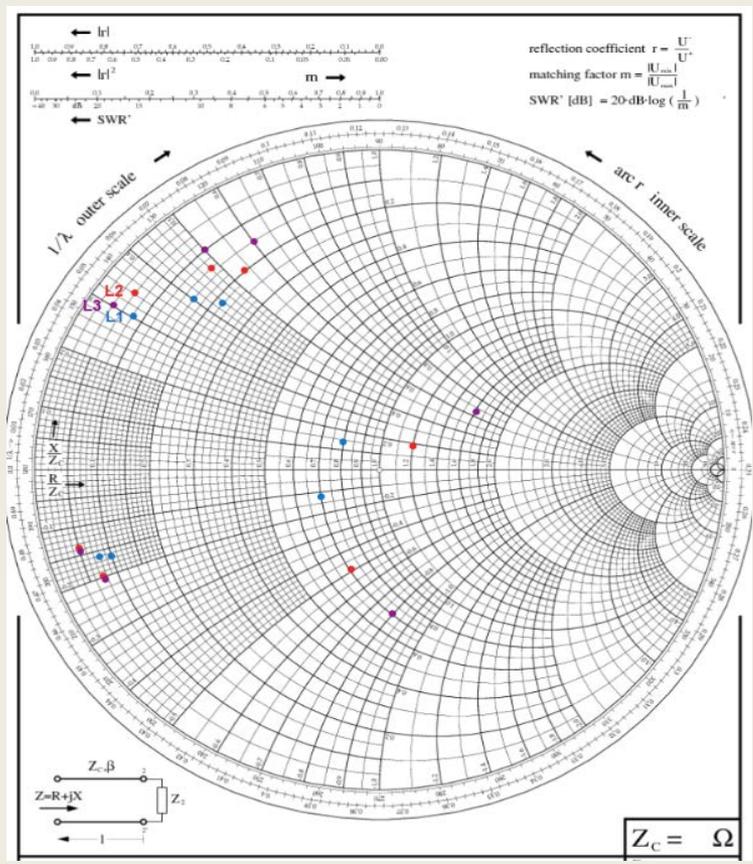


## Reflexionsfaktor mit nur Resonator

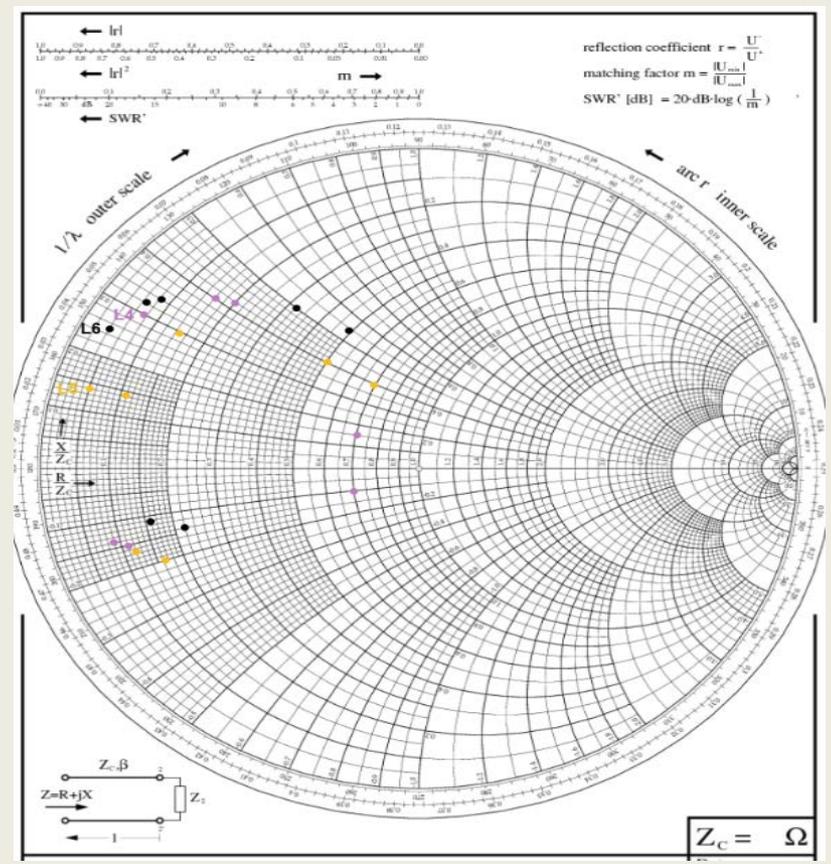
# Realisierung und Messergebnisse



Offen im Denken



L<sub>1/2/3</sub>



L<sub>4/5/6</sub>



Die Impedanzen sind nah zu Kurzschluss und schlecht verteilt.

→Eine Modifikation, dass die Impedanzen nah zum Bereich der Resonanz Kommen.

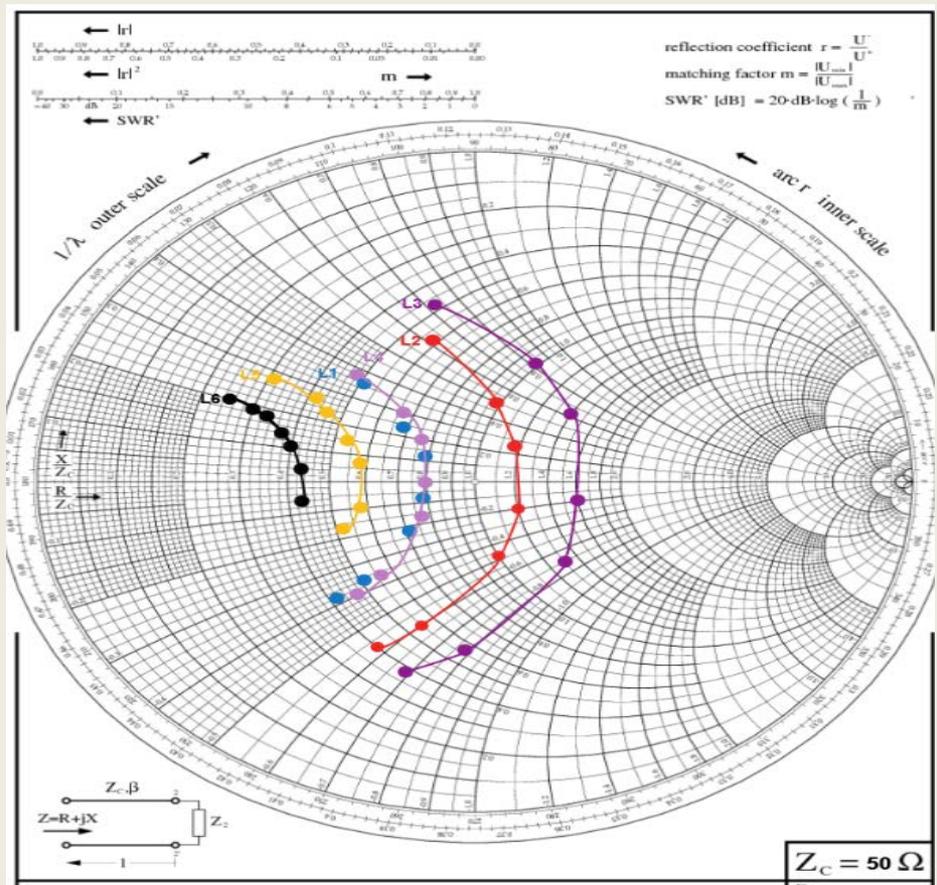
1. Eine Feste Kapazität  $C_s = 18\text{pF}$  mit  $C_{s1} = 1,6\text{pF}$ ,  $C_{s2} = 3,3\text{pF}$ , und  $C_{s3} = 5,6\text{pF}$
2. Die Verkürzung von der Leitungen mit  $25\ \Omega$  und  $35\ \Omega$

# Realisierung und Messergebnisse

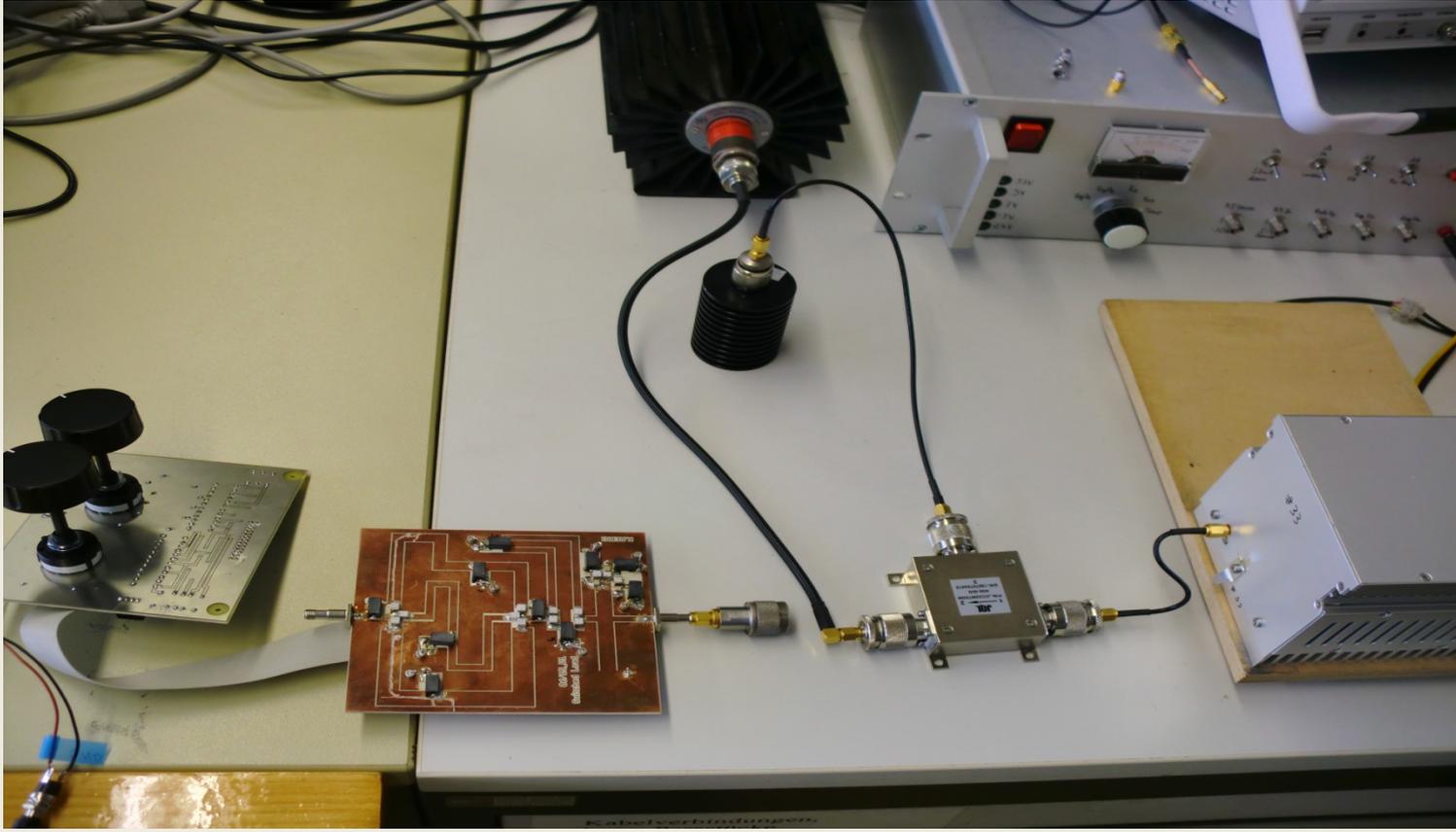


Bessere Ergebnisse nach der Modifikation.

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
$L_1$	26+j18	34+j11,6	38+j6	39-j4	36-j11	26-j18	21-j19
$L_2$	28+j31	48+j25	58+j13	60-j10	50-j24	27-j30	19,5-j28
$L_3$	23+j37	48+j41	69,5+j30,5	82-j9	64-j35	28-j38	19-j34
$L_4$	24+j19	33+j15	38+j10	40+j0	38-j8	28-j18	23-j20
$L_5$	16+j14	21+j13	23,5+j11,5	27+j8	29+j4	28,5-j5	26-j9
$L_6$	12,5+j10	15+j9,5	16,5+j9	18,5+j7	20+j5,5	21,5+j1	21,4-j1,5

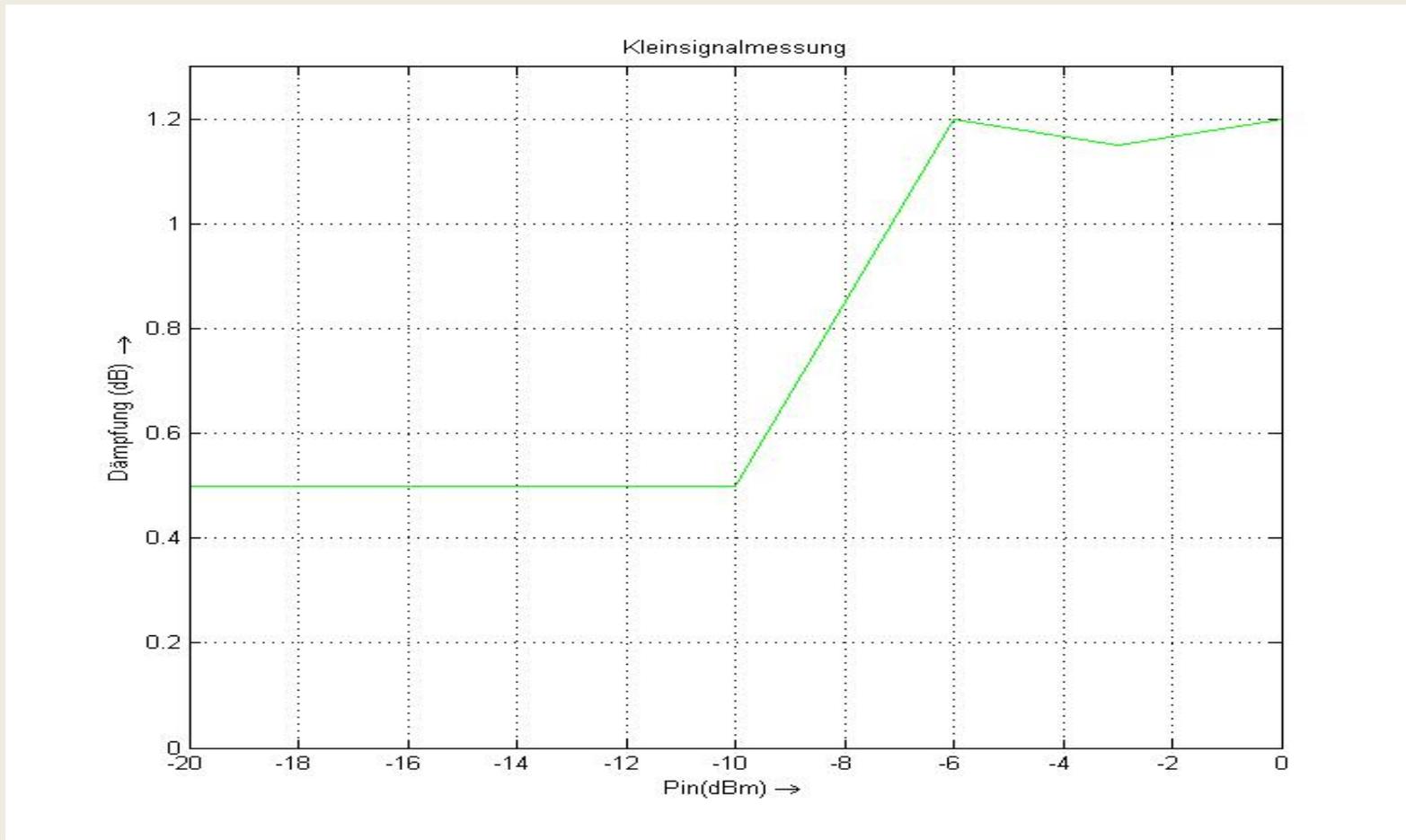


# Realisierung und Messergebnisse



Messung der Verluste der HF-Schaltung für den Fall  $L_1/C_4$ .

# Realisierung und Messergebnisse



Messung der Verluste der HF-Schaltung für den Fall  $L_1/C_4$ .

# Zusammenfassung



Durch dieser Arbeit ist eine Simulation der Impedanzvariation möglich und damit können wir das Verhalten des Verstärkers gegen Fehlanpassung prüfen.



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

**Fragen?**