

Vortrag über die Bachelorarbeit

Driver Chain For 7-Tesla MRI Smart Power Amplifier

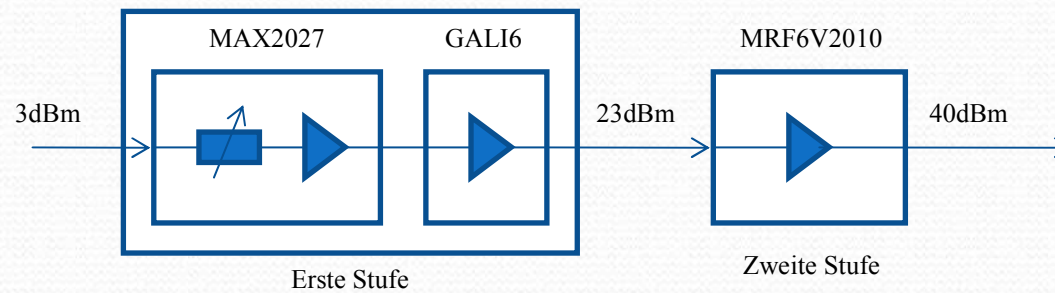
Von Khaled Rebhi

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

Inhalt

- ❖ **Motivation**
- ❖ **Erste Verstärkerstufe: Entwurf und Messung**
- ❖ **Zweite Verstärkerstufe: Entwurf und Messung**
- ❖ **Zusammenfassung**

Eine Verstärker-Kette sollte entworfen werden.

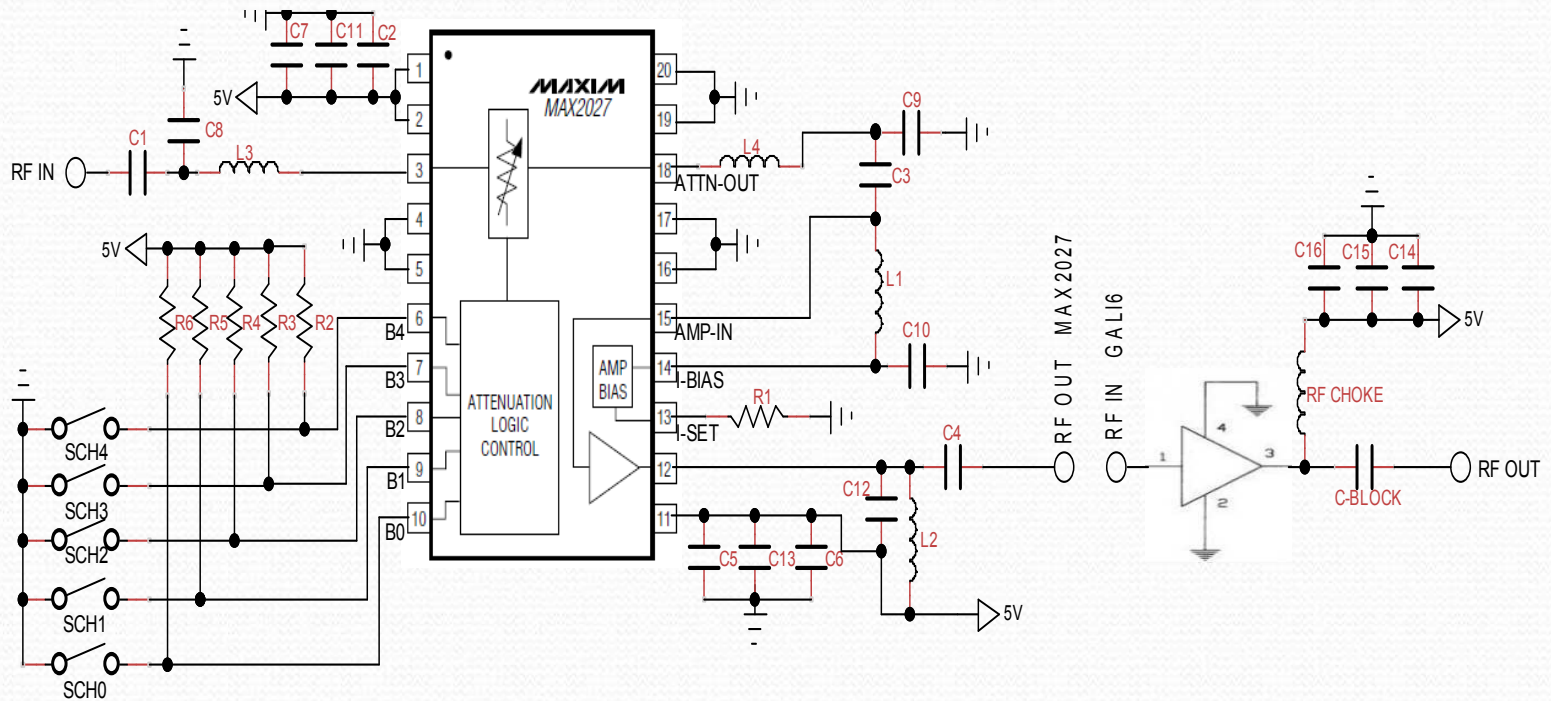


Schaltmodell

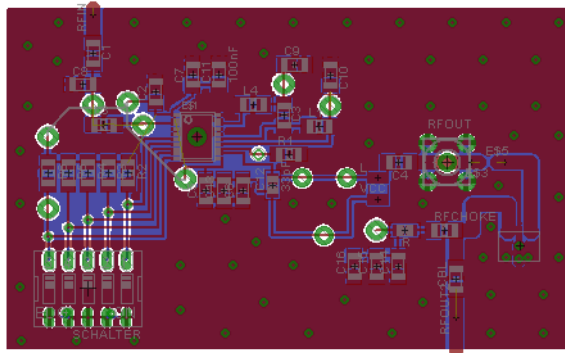
**Zwei Platinen wurden für die erste und zweite Stufe gefertigt.
Verschiedene Messungen wurden durchgeführt.**

Die erste Stufe

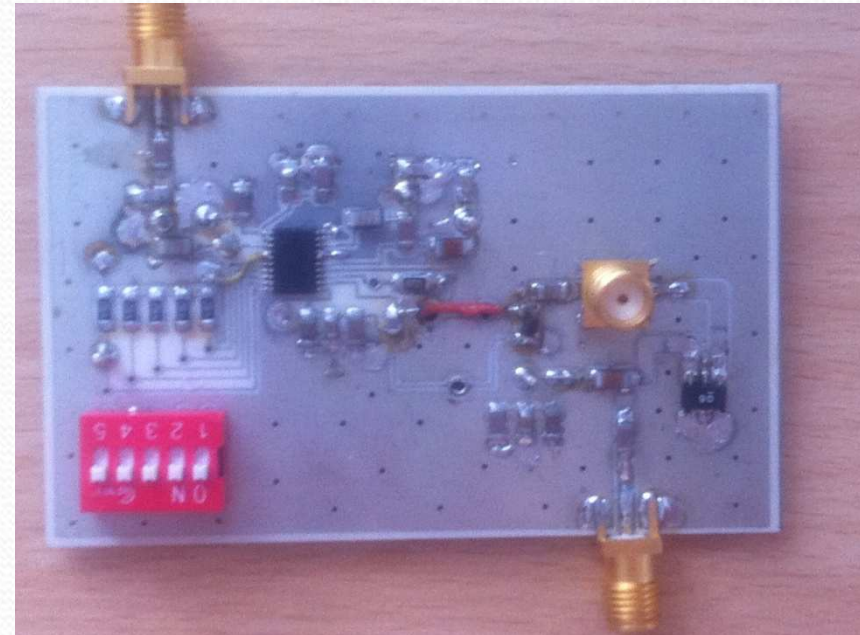
Die Integrierte Schaltung MAX2027 und der Verstärker GALI6 als aktive Bauelemente.



Verstärkerschaltung der ersten Stufe



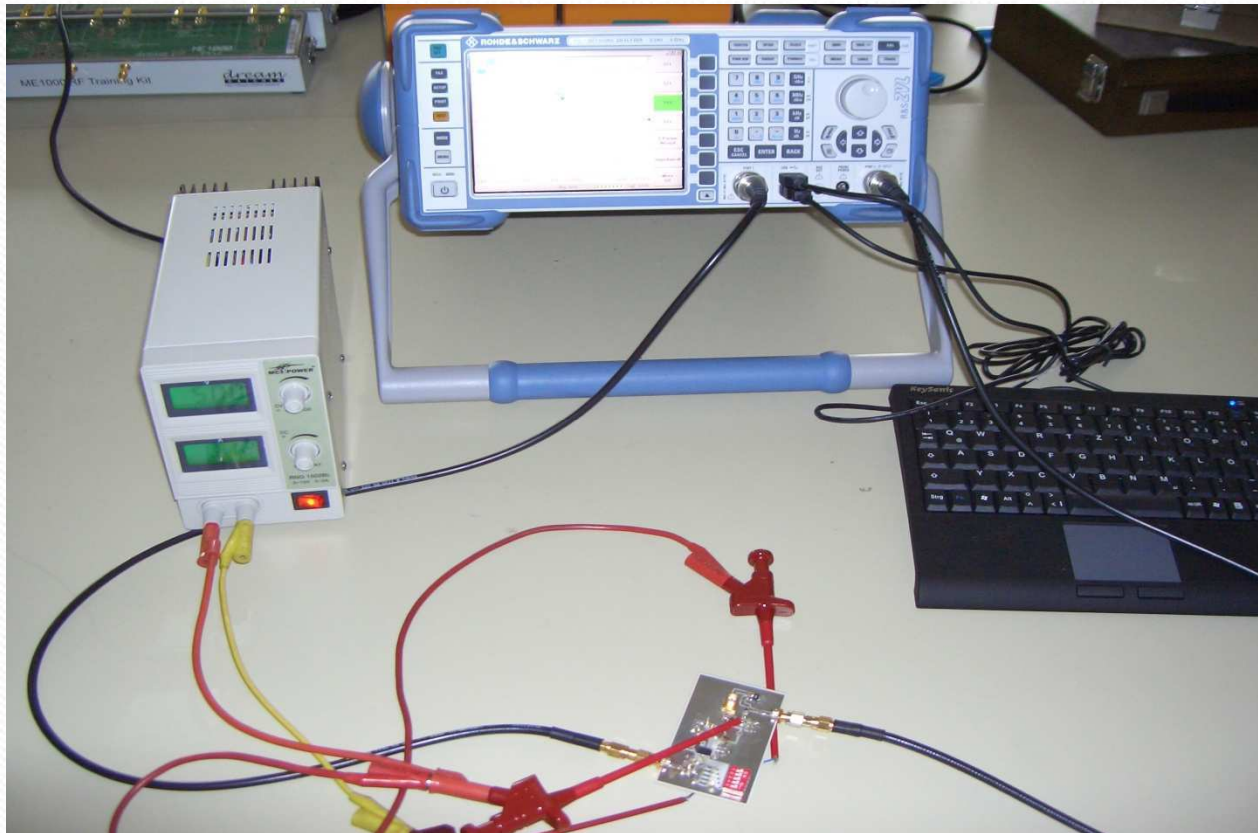
PCB LAYOUT



Fertige Platine

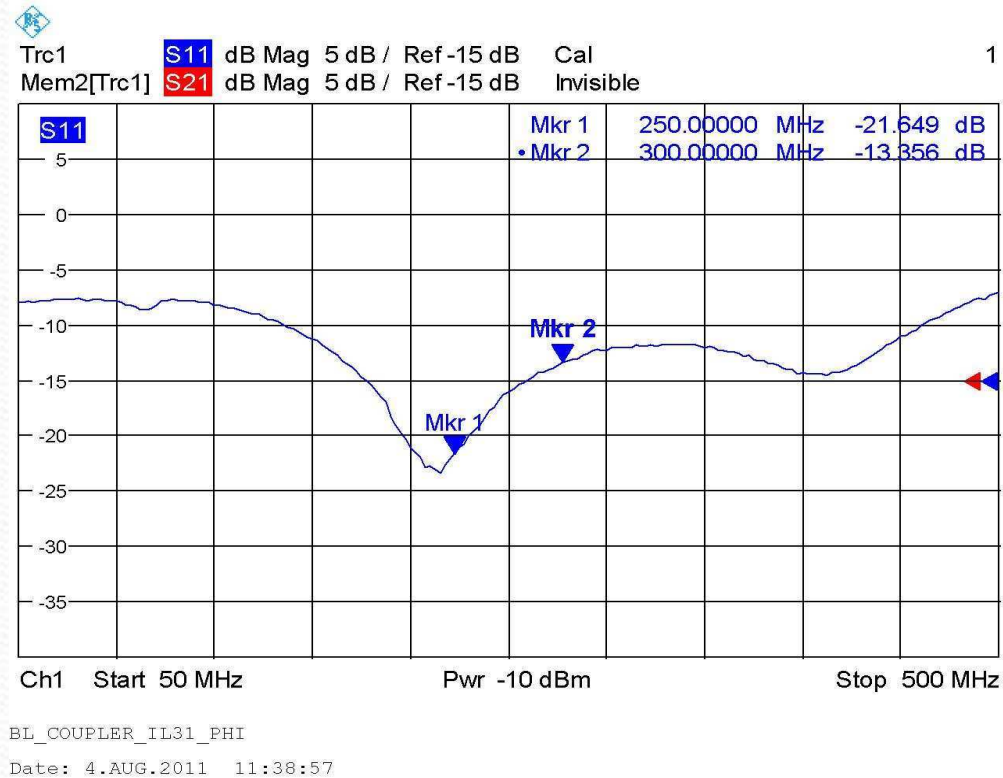
- Zuerst wird die Messung der Schaltung von MAX2027 durchgeführt.

Messung der S-Parameter:



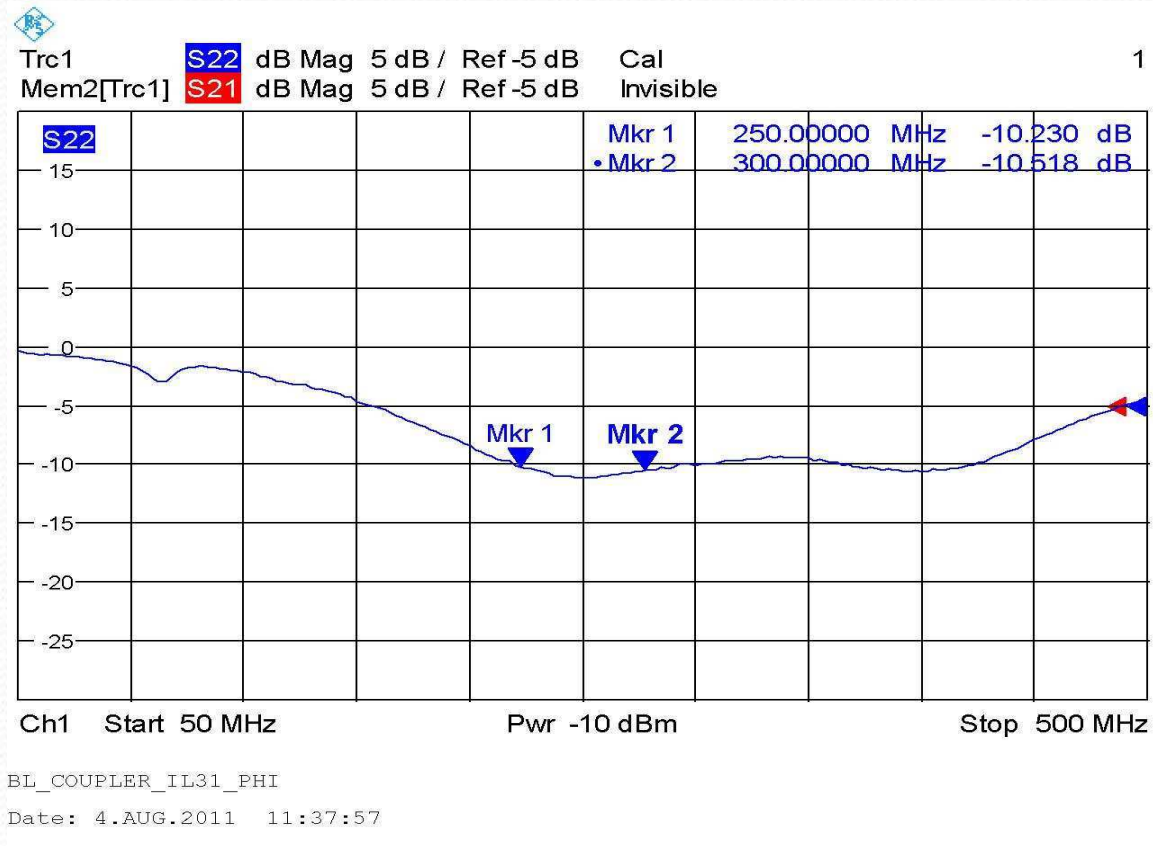
Messanordnung.

Messung der S-Parameter:



Der Reflexionsfaktor am Eingang der Verstärkerschaltung MAX2027.

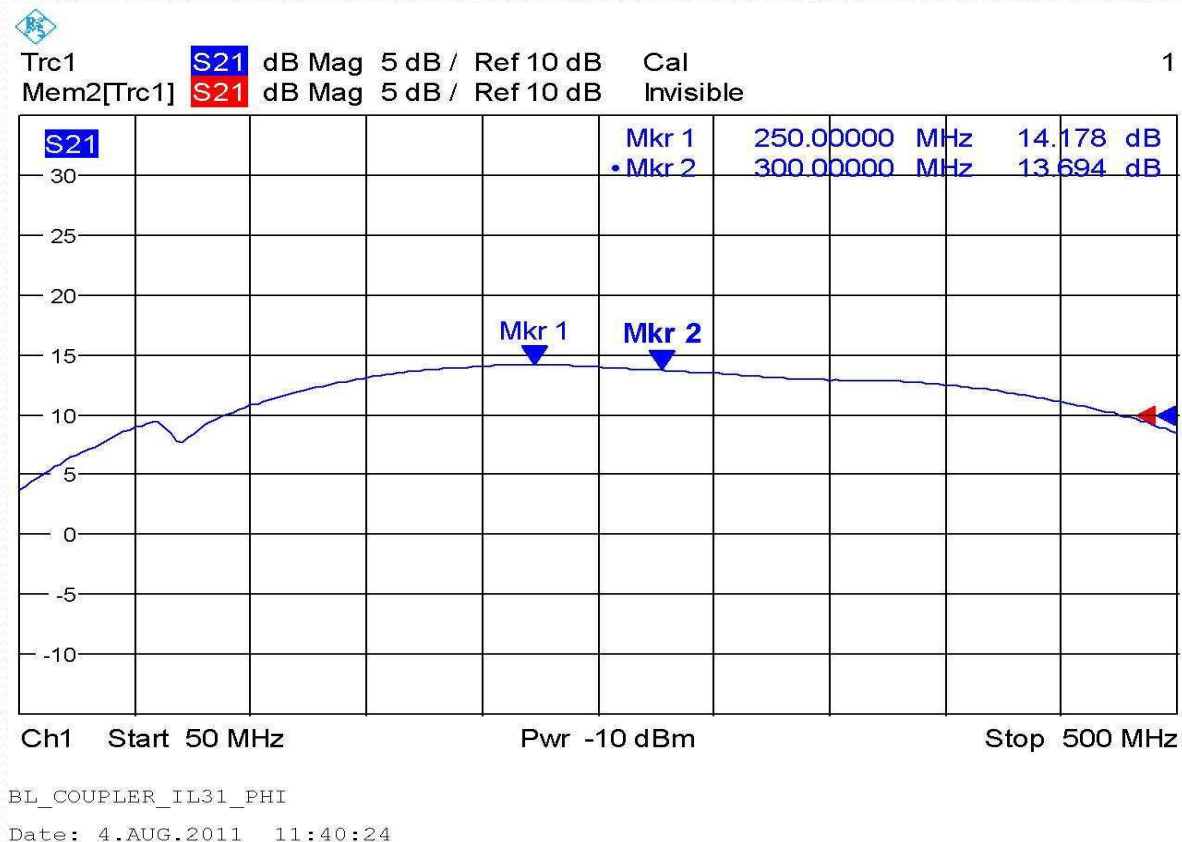
Messung der S-Parameter:



Der Reflexionsfaktor am Ausgang der Verstärkerschaltung MAX2027.

Die erste Stufe Messung für Max2027

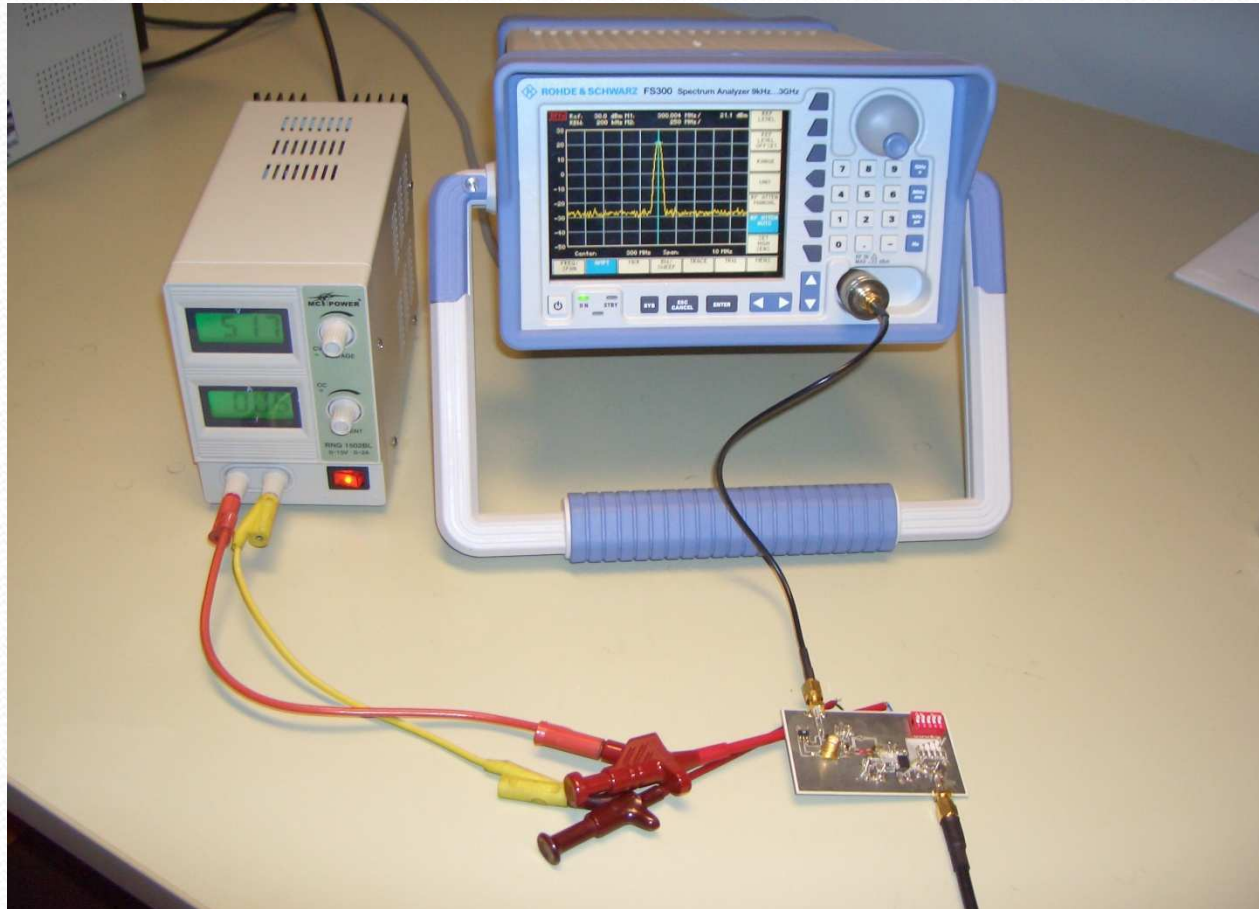
Messung der S-Parameter:



Die Verstärkung der Verstärkerschaltung MAX2027.

Die erste Stufe Messung für Max2027

Messung der Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung:

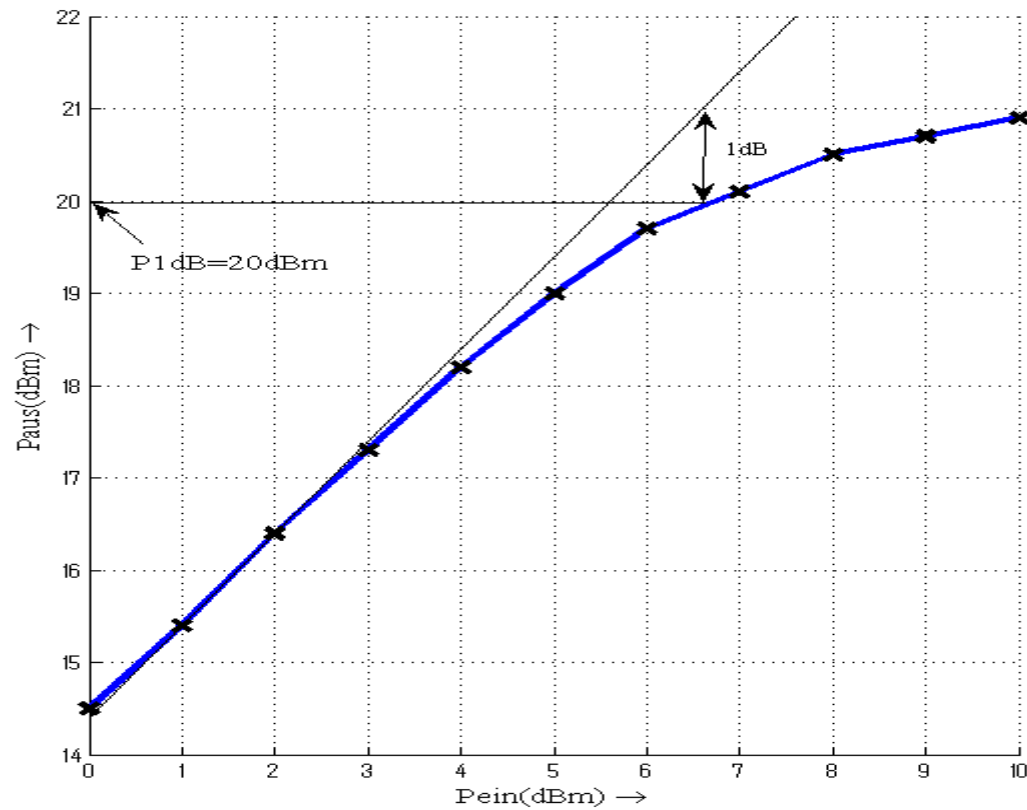


Die Messanordnung.

Messung der Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung:

Pein(dBm)	Paus(dBm)	Verstärkung(dB)
0	14,5	14,5
1	15,4	14,4
2	16,4	14,4
3	17,3	14,3
4	18,2	14,2
5	19,0	14,0
6	19,7	13,7
7	20,1	13,1
8	20,5	12,5
9	20,7	11,7
10	20,9	10,9

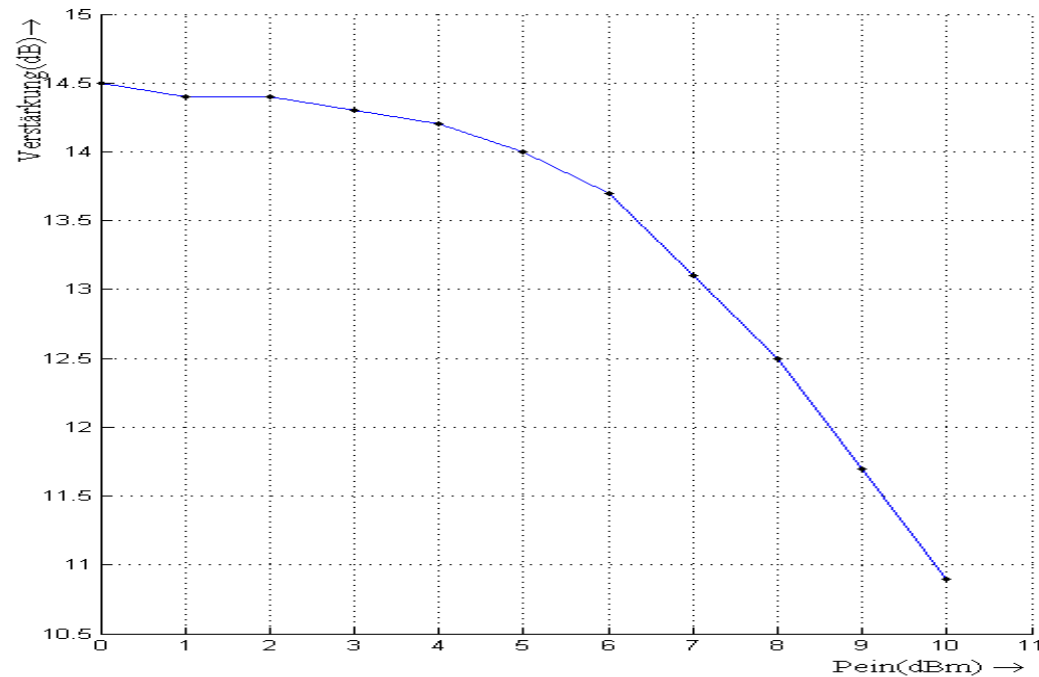
Die Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung und der 1dB-Kompressionspunkt:



Der 1-dB Kompressionspunkt liegt bei 20 dBm Ausgangsleistung: Eine Abweichung von 0,6 dBm im Vergleich zu vorgegebenen Wert.

Die erste Stufe Messung für Max2027

Die Verstärkung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung(MAX2027):

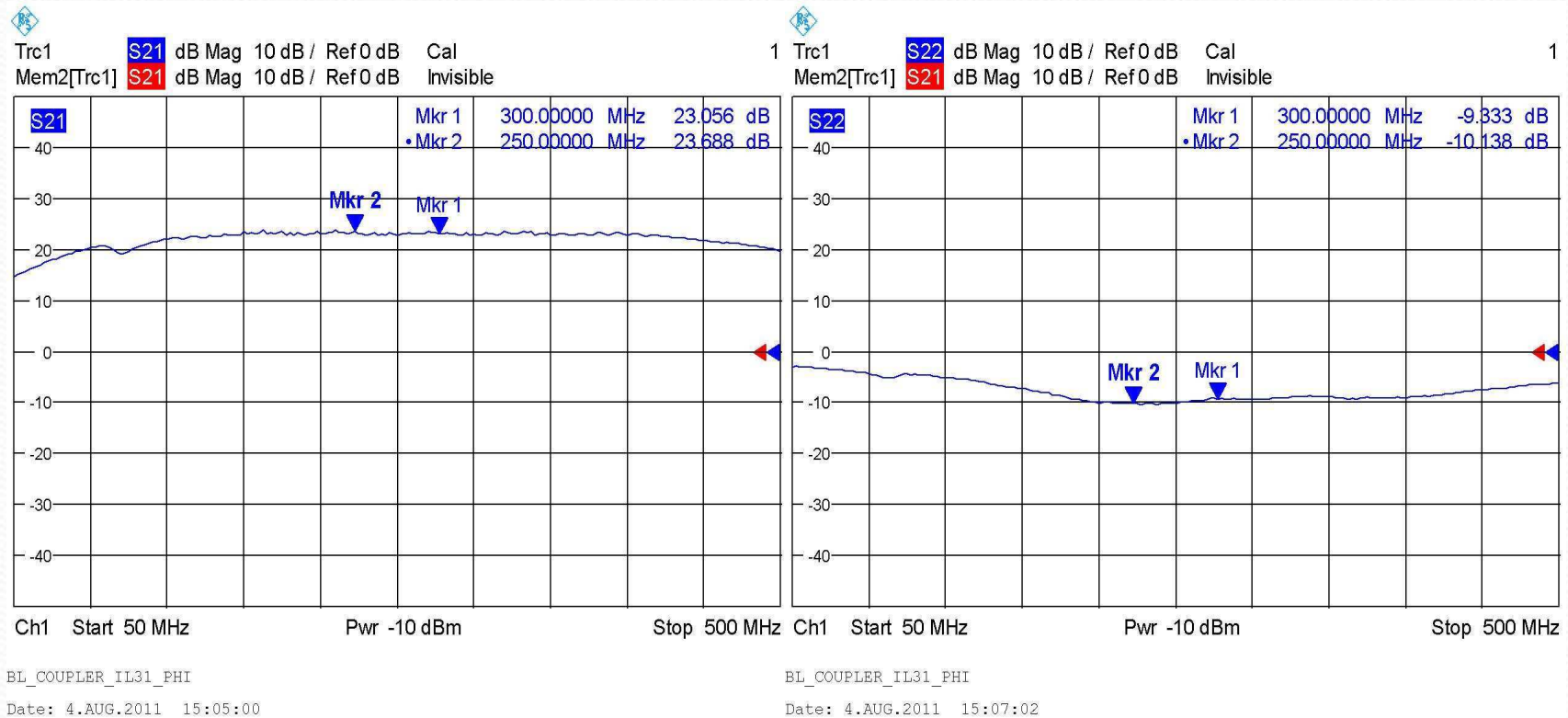


Die Verstärkung hat eine Abweichung von 1 dB im Vergleich zu vorgegebenen Wert.

Das Dämpfungsglied wurde erfolgreich getestet .

Die erste Stufe Messung für die Schaltung inklusive GALI6

Messung der S-Parameter:



Die Verstärkung.

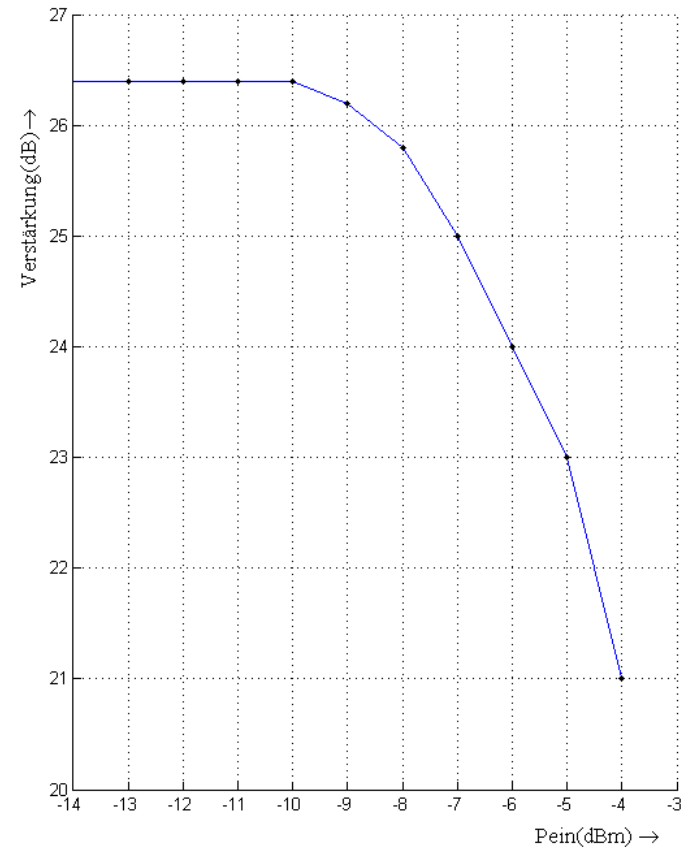
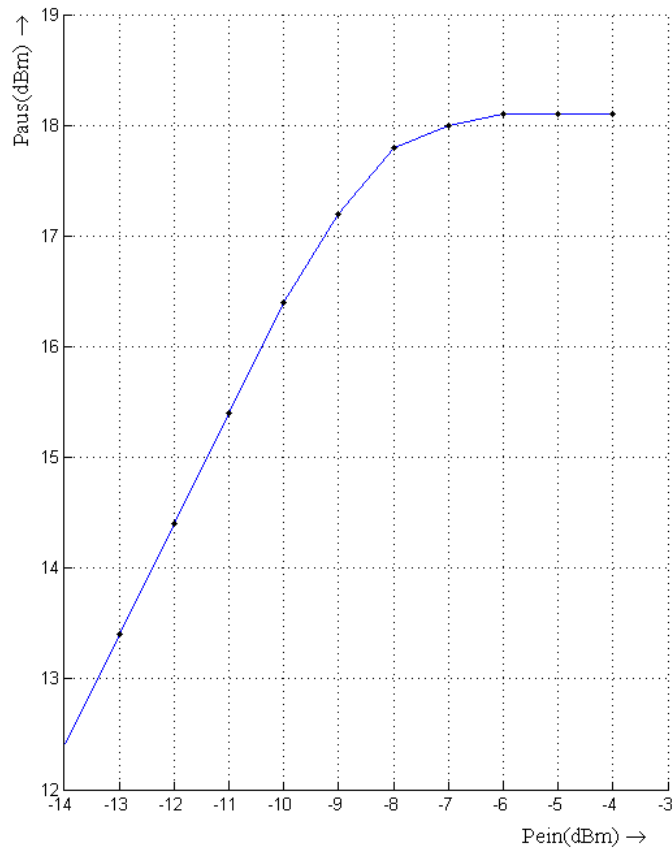
Der Reflexionsfaktor am Ausgang.

Messung der Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung:

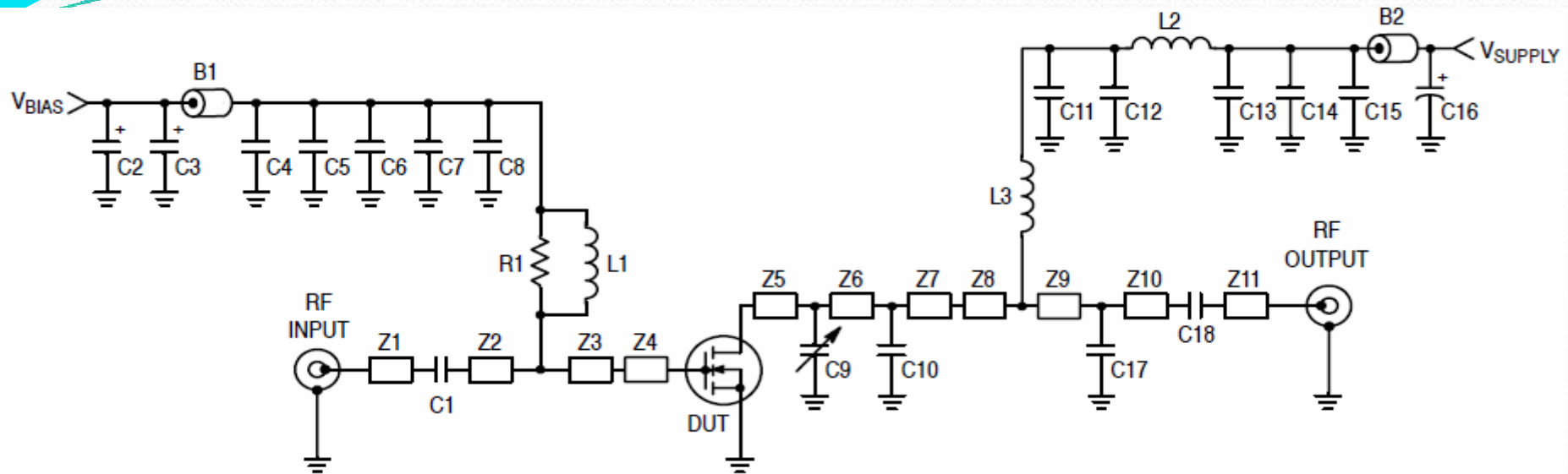
Pein(dBm)	Paus(dBm)	Verstärkung(dB)
-14,0	12,4	26,4
-13,0	13,4	26,4
-12,0	14,4	26,4
-11,0	15,4	26,4
-10,0	16,4	26,4
-9,0	17,2	26,2
-8,0	17,8	25,8
-7,0	18,0	25,0
-6,0	18,1	24,0
-5,0	18,1	23,0
-4,0	18,1	21,0

Die gleiche Messanordnung wie in der Folie 10.

Die Ausgangsleistung und die Verstärkung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung



Die zweite Stufe



Die Schaltung des Transistors MRF6V2010

F (MHz)	$Z_{\text{Eingang}} (\Omega)$	$Z_{\text{Last}} (\Omega)$
220	$20+j25,4$	$75+j44$
450	$7,7+j21$	$43+j49$

Die von Hersteller angegebene Eingangsimpedanz und Lastimpedanz.

Interpolierte Impedanzen bei 300 MHz:

Lastimpedanz(Ohm)= $60+j46$

Eingangsimpedanz(Ohm)= $11,5+j23$

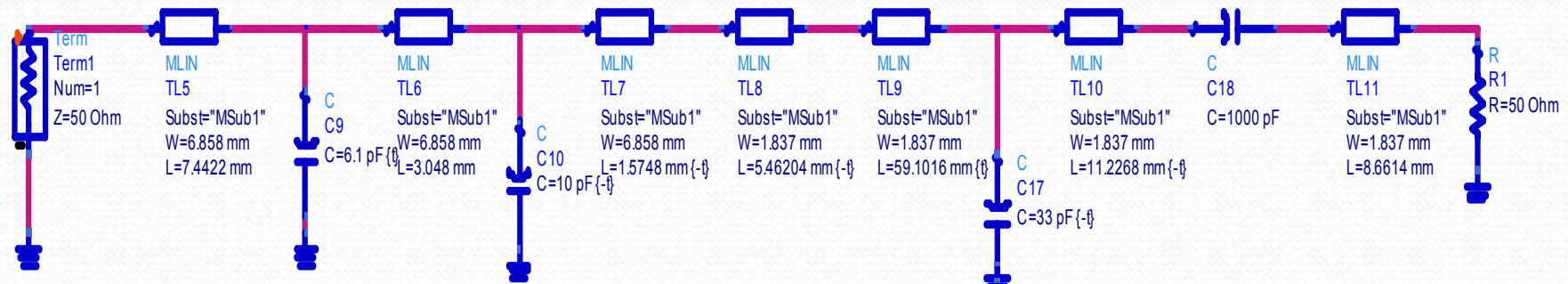
Die zweite Stufe Entwurf

S-PARAMETERS

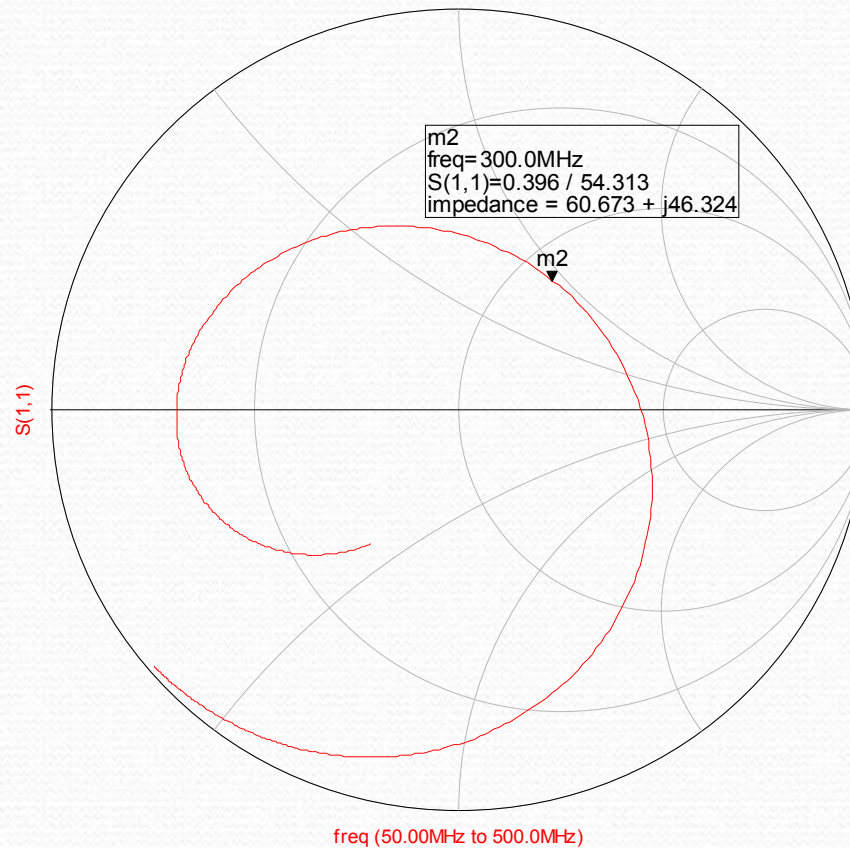
S_Param
 SP1
 Start=50 MHz
 Stop=500 MHz
 Step=1.0 MHz

MSub

MSUB
 MSub1
 H=0.813 mm
 Er=3.55
 Mur=1
 Cond=1.0E+50
 Hu=3.9e+034 mil
 T=0 mil
 TanD=0
 Rough=0 mil

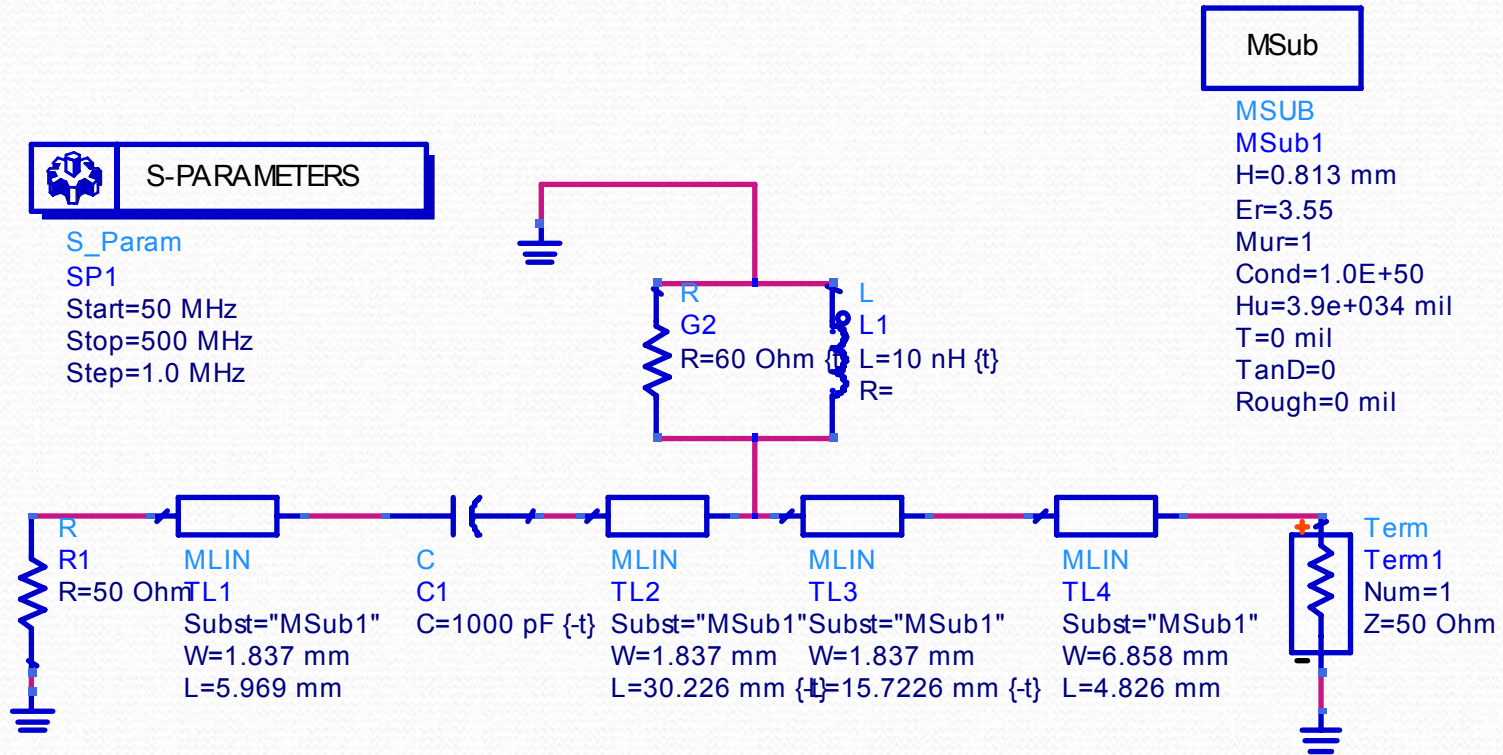


Die Anpassungsschaltung am Ausgang des Transistors.

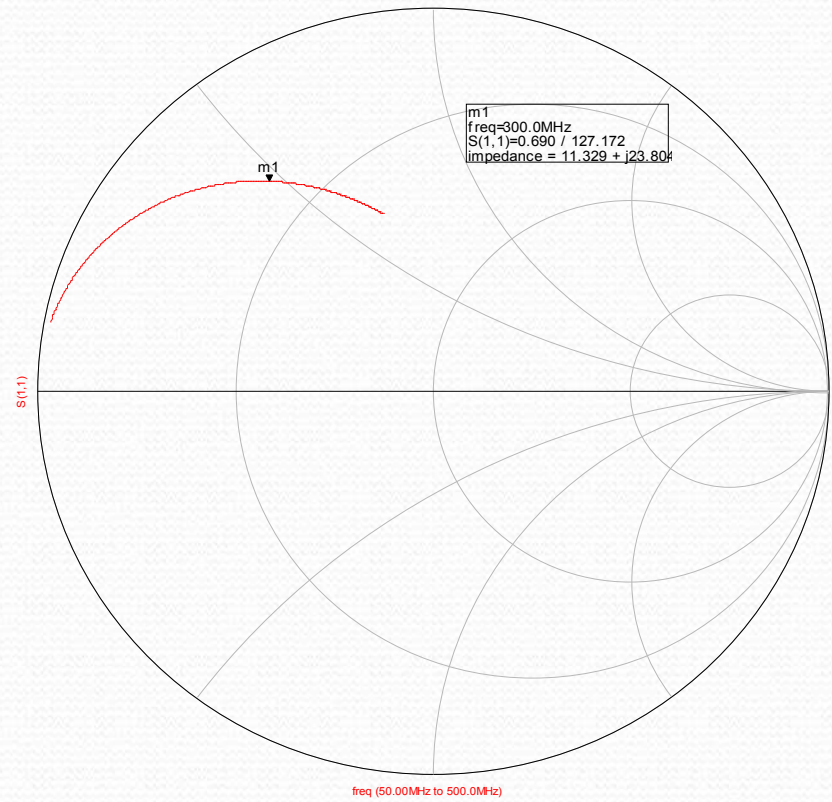


**Smith Chart Darstellung der Lastimpedanz
bei 300 MHz.**

Die zweite Stufe Entwurf



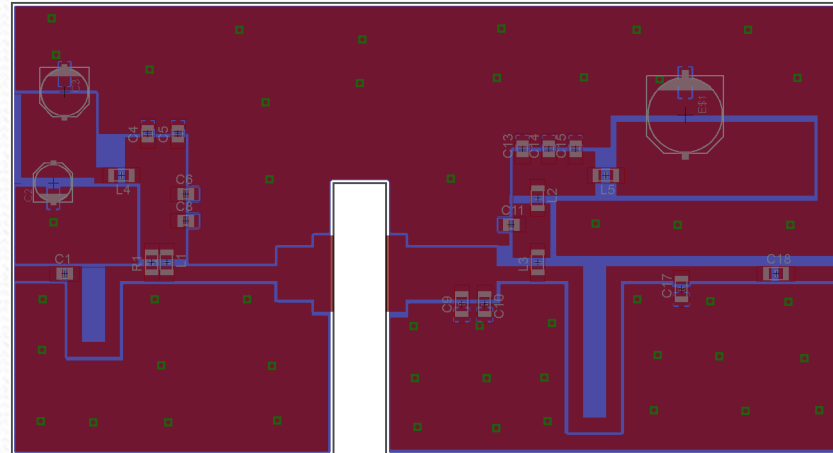
Die Anpassungsschaltung am Eingang des Transistors.



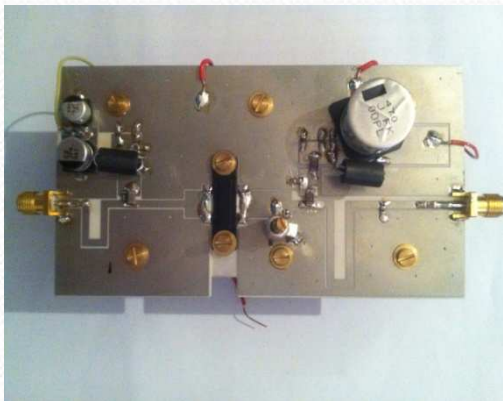
Smith Chart Darstellung der Eingangsimpedanz bei 300 MHz.

Die zweite Stufe Entwurf

Das PCB Layout:



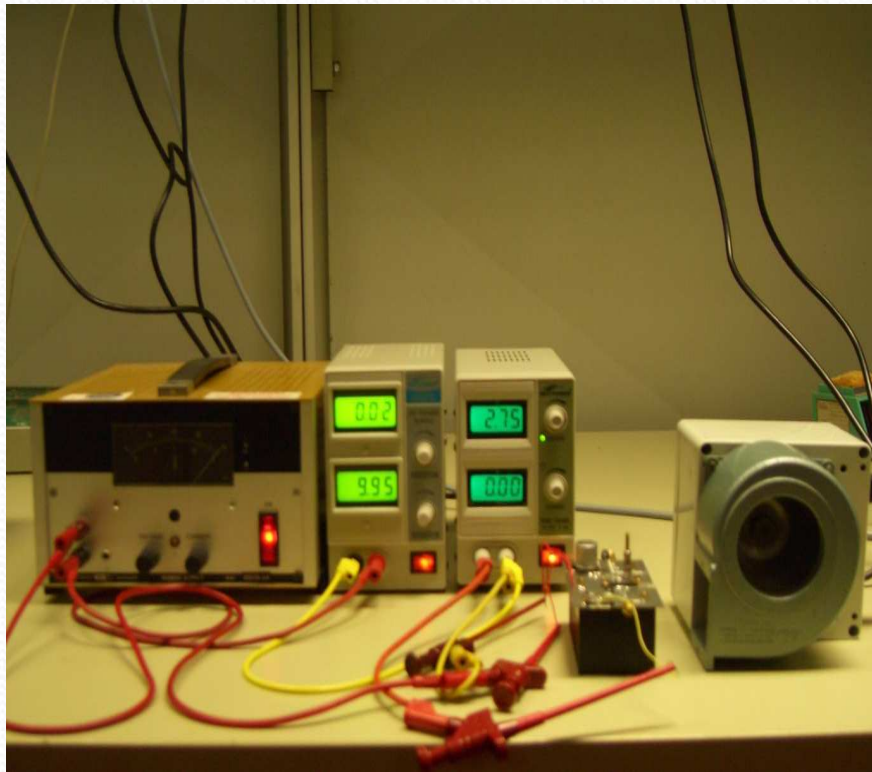
Die fertige Platine:



Vier Messungen wurden durchgeführt:

- Ruhestrom.
- S-Parameter.
- 1-dB Kompressionspunkt.
- Intermodulationspunkt 3. Ordnung.

Die Messung des Ruhestroms:

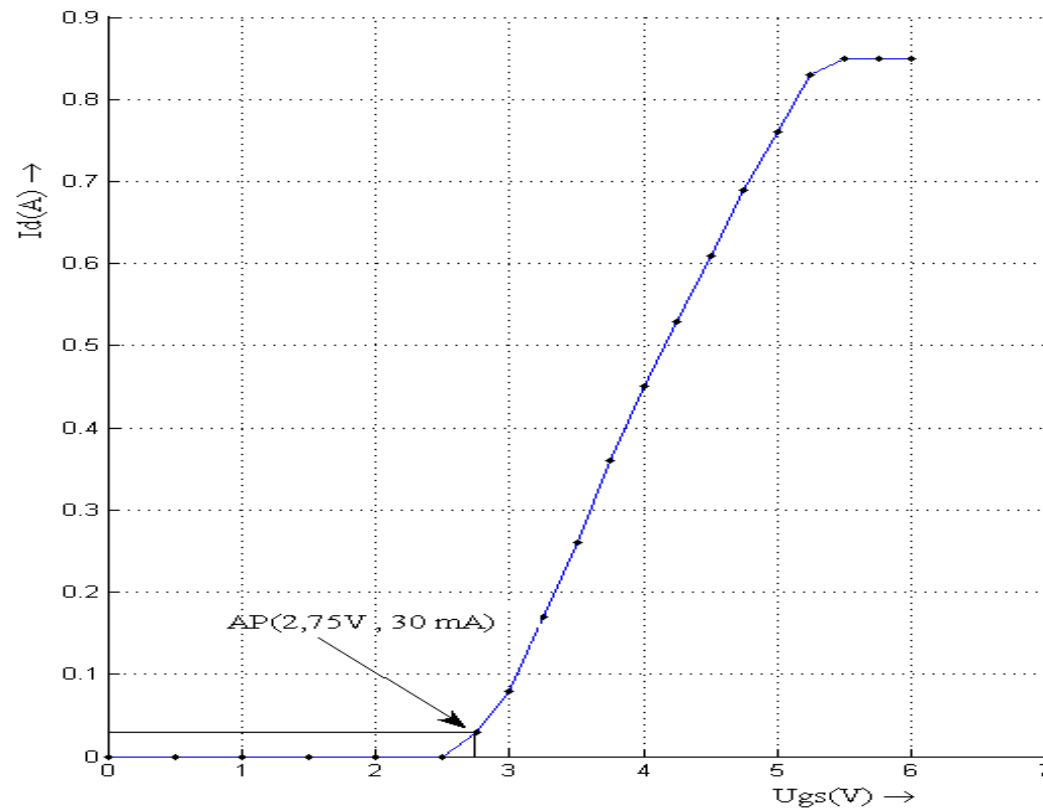


Die Messanordnung.

Gatespannung U_{gs} (V)	Ruhestrom I_d (A)
0,00	0,00
0,50	0,00
1,00	0,00
1,50	0,00
2,00	0,00
2,50	0,00
2,75	0,03
3,00	0,08
3,25	0,17
3,50	0,26
3,75	0,36
4,00	0,45
4,25	0,53
4,50	0,61
4,75	0,69
5,00	0,76
5,25	0,83
5,50	0,85
5,75	0,85
6,00	0,85

Der Ruhestrom in Abhängigkeit von der Gatespannung.

Der Arbeitspunkt.

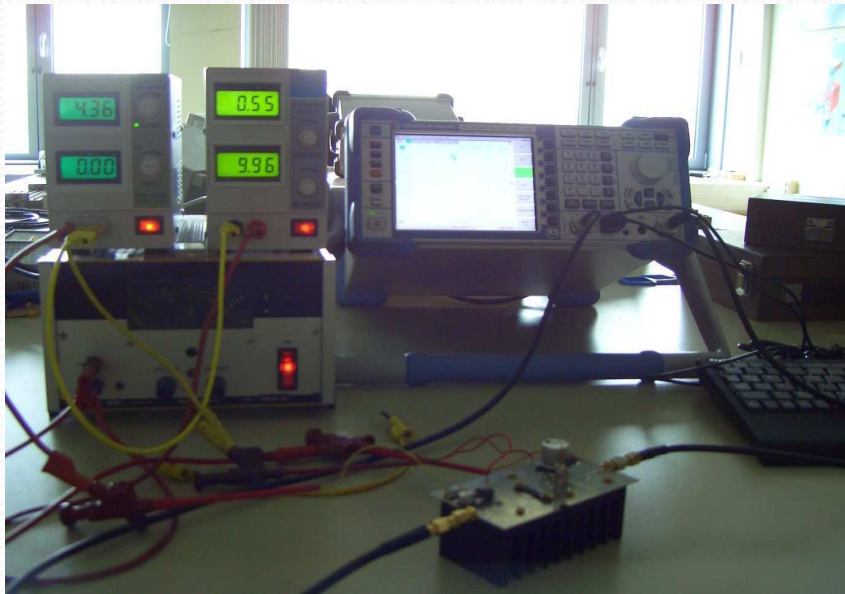


Die Steuerkennlinie des Verstärkers und der gewählte Arbeitspunkt.

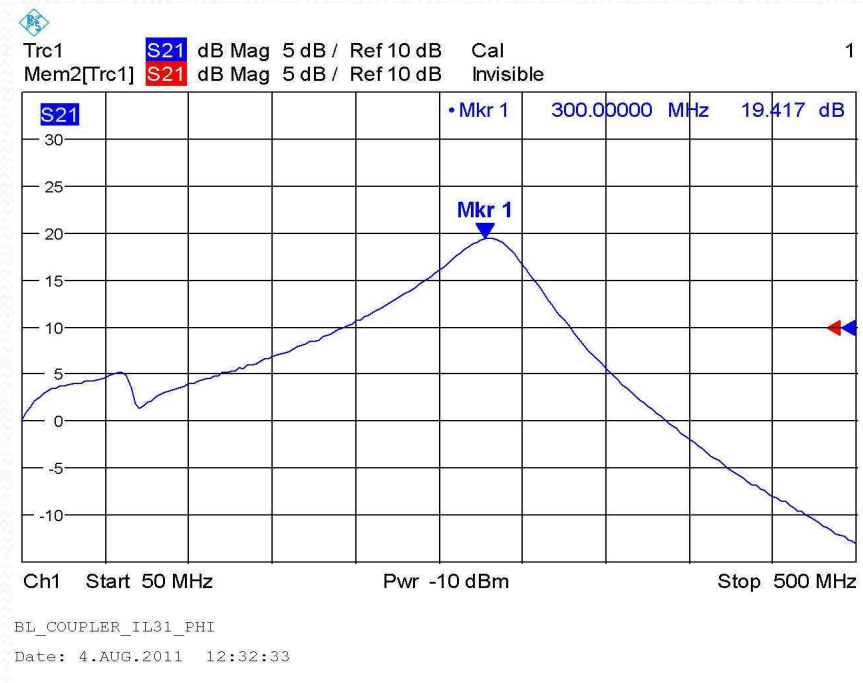
Für einen besseren Wirkungsgrad als im linearen Bereich und geringe Verzerrungen als im B- oder C-Betrieb wurde der Verstärker in AB-Betrieb verwendet.

Die zweite Stufe Die Messungen

Die Messung der S-Parameter:



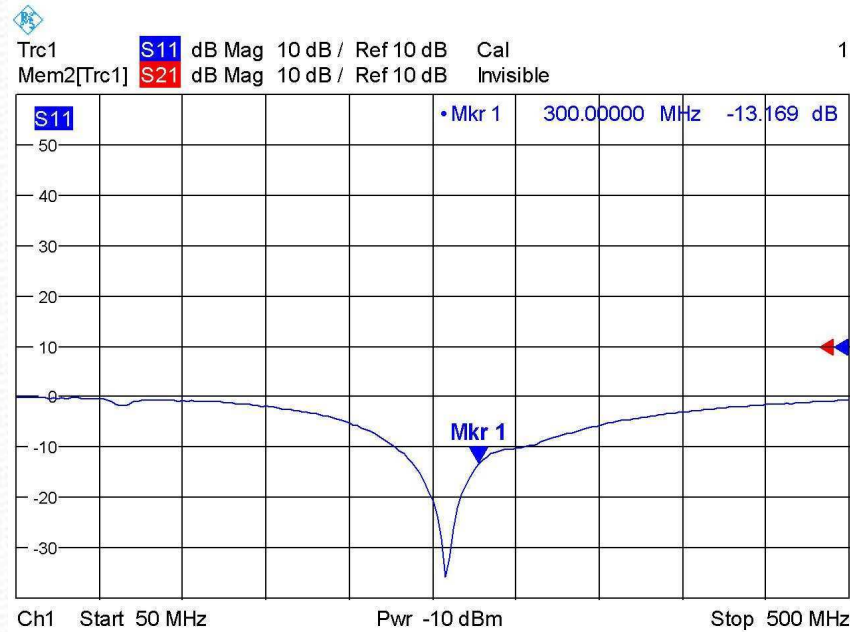
Die Messanordnung.



Die Verstärkung.

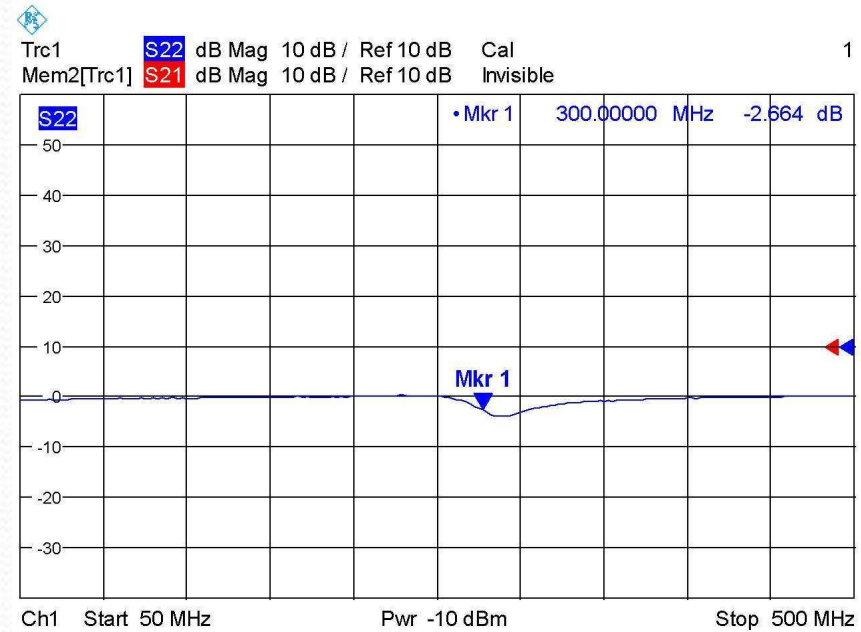
Die Verstärkung weicht bei 300 MHz von dem gewünschten Wert um 0,6 dB ab.

Die Messung der S-Parameter:



BL_COUPLER_IL31_PHI
 Date: 4.AUG.2011 12:47:15

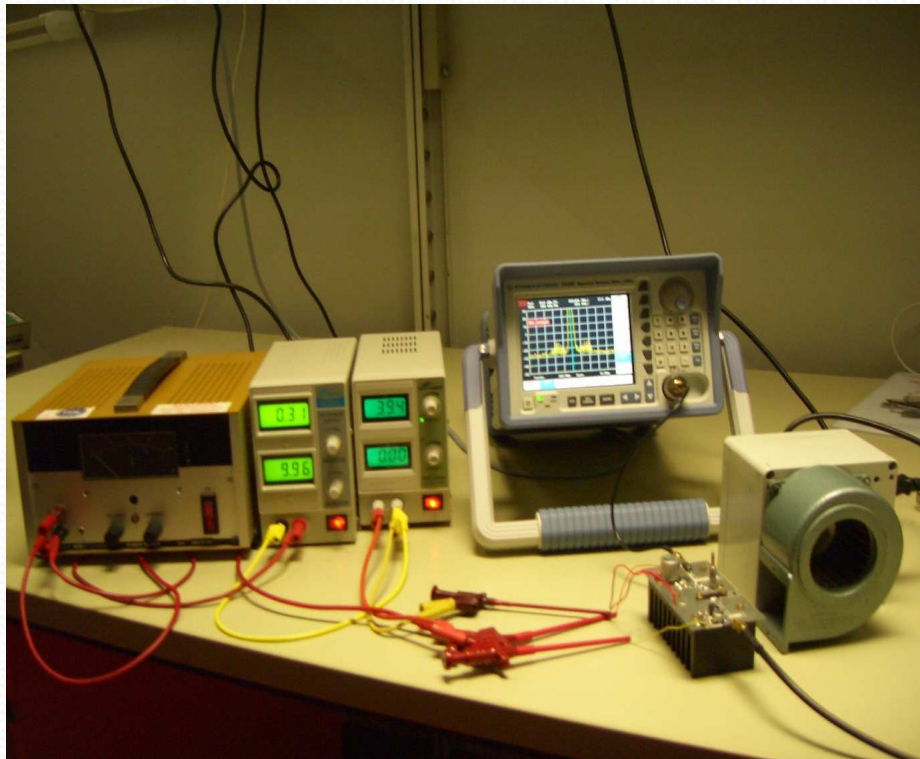
Der Reflexionsfaktor am Eingang der Schaltung.



BL_COUPLER_IL31_PHI
 Date: 4.AUG.2011 12:46:01

Der Reflexionsfaktor am Ausgang der Schaltung.

Die Messung der Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung.

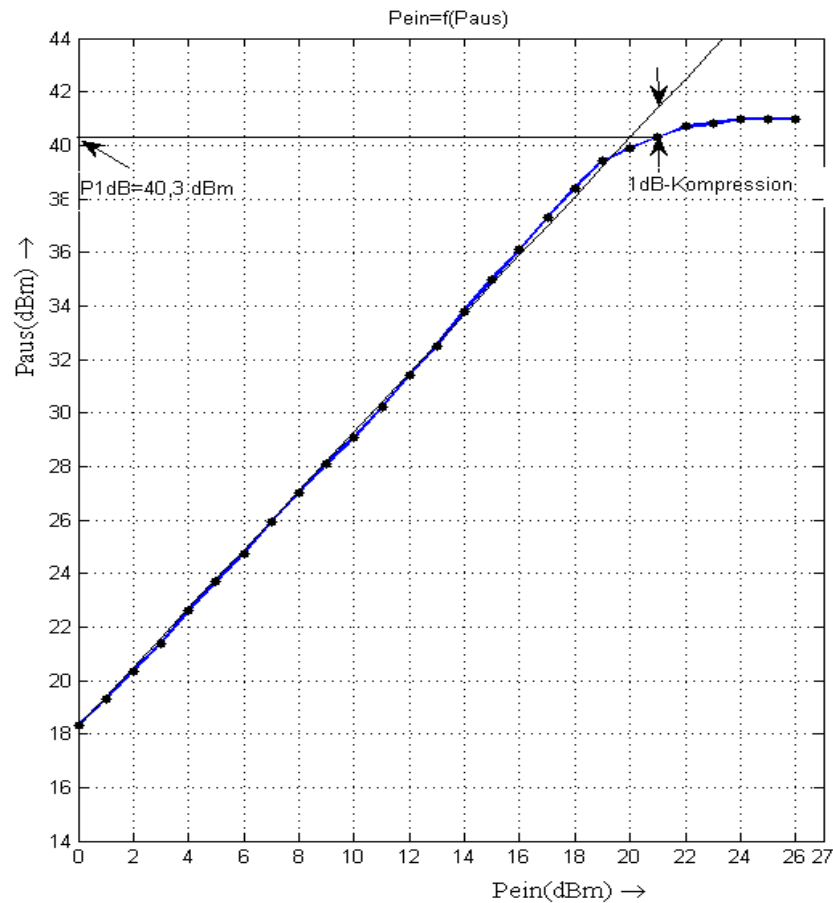


Die Messanordnung.

Pein(dBm)	Paus(dBm)	I(mA)	Verstärkung(dB)
0	18,30	40	18,3
1	19,30	40	18,3
2	20,35	40	18,35
3	21,35	50	18,35
4	22,60	50	18,6
5	23,70	60	18,7
6	24,75	70	18,75
7	25,90	80	18,9
8	27,00	80	19
9	28,10	100	19,1
10	29,10	110	19,1
11	30,20	120	19,2
12	31,40	140	19,4
13	32,50	160	19,5
14	33,80	180	19,8
15	35,00	210	20
16	36,10	240	20,1
17	37,30	270	20,3
18	38,40	310	20,4
19	39,40	350	20,4
20	39,90	380	19,9
21	40,30	410	19,3
22	40,70	440	18,7
23	40,80	460	17,8
24	41,00	480	17
25	41,00	490	16
26	41,00	500	15

Die Messtabelle.

Die zweite Stufe Die Messungen



Die Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung und der 1 dB-Kompressionspunkt.

Die Messung

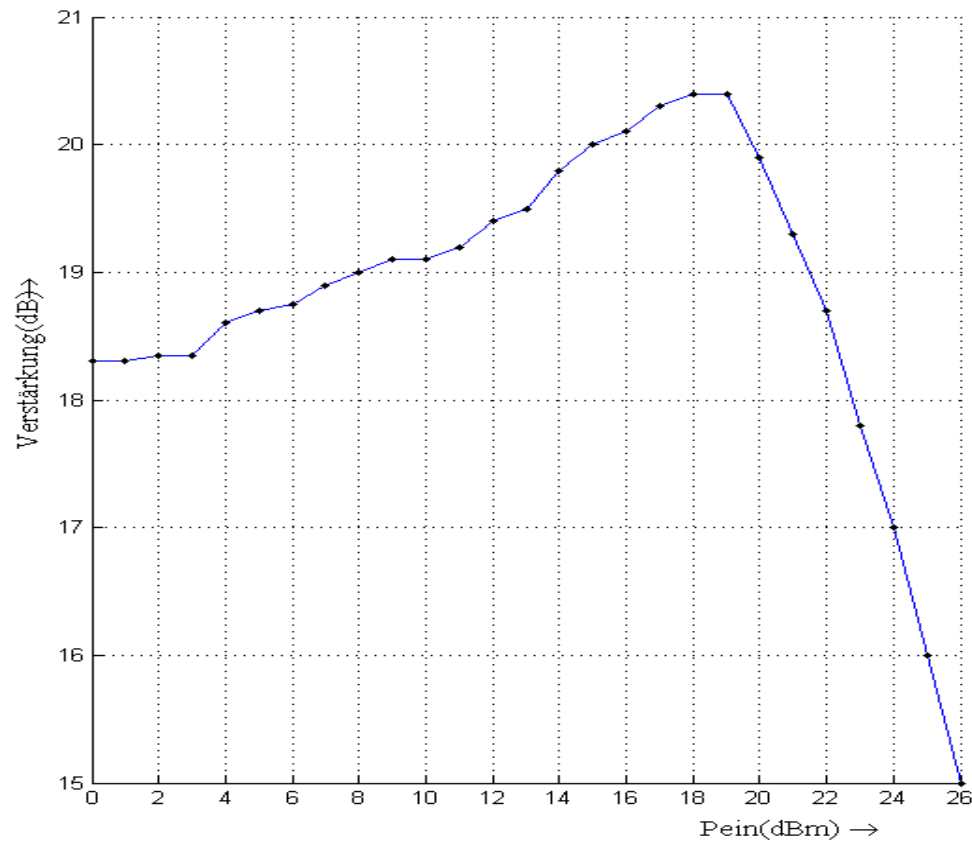
Der Wirkungsgrad beträgt 52,26 % bei einer Ausgangsleistung von 10,71 Watts.

P1dB=40,3 dBm

Werte des Herstellers

Wirkungsgrad 62% bei 220 MHz

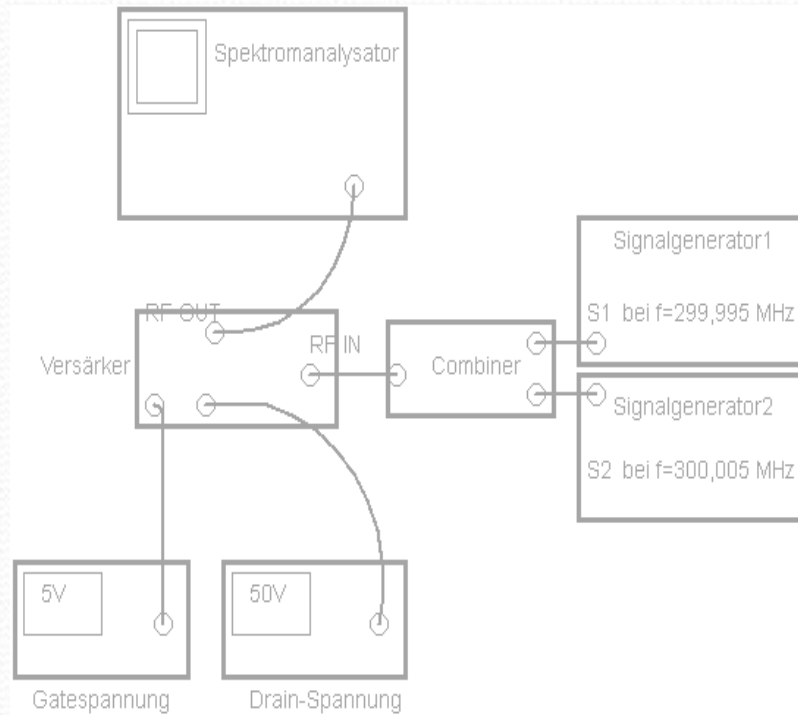
P1dB= 40,43 dBm



Die Verstärkung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung.

Die zweite Stufe Die Messungen

Die Bestimmung des Intermodulationspunktes 3. Ordnung:



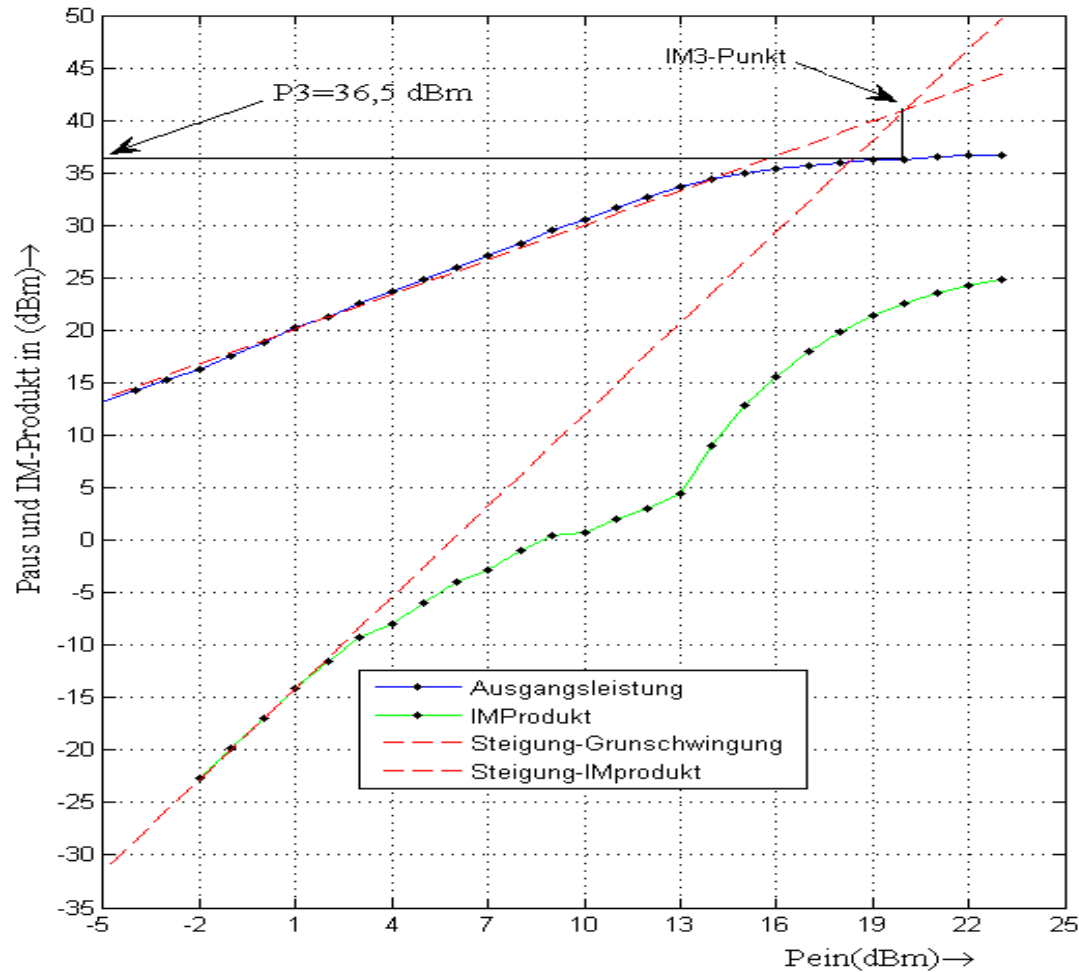
Die Messanordnung.

Pein(dBm)	Paus(dBm)	MISCHPRODUKT(dBm)
-5,0	13,3	0
-4,0	14,3	0
-3,0	15,3	0
-2,0	16,3	-22,6
-1,0	17,5	-19,8
0,0	18,9	-17,0
1,0	20,2	-14,1
2,0	21,3	-11,6
3,0	22,5	-9,2
4,0	23,7	-8,0
5,0	24,8	-6,0
6,0	25,9	-4,0
7,0	27,1	-2,8
8,0	28,3	-1,0
9,0	29,5	0,5
10,0	30,5	0,7
11,0	31,7	2,0
12,0	32,7	3,0
13,0	33,6	4,5
14,0	34,4	9,0
15,0	35,0	12,9
16,0	35,4	15,6
17,0	35,7	18,0
18,0	36,0	19,9
19,0	36,2	21,4
20,0	36,3	22,5
21,0	36,5	23,6
22,0	36,6	24,3
23,0	36,6	24,8

Die Messtabelle.

Die zweite Stufe Die Messungen

Die Bestimmung des Intermodulationspunktes 3. Ordnung:



Der Intermodulationspunkt 3. Ordnung.

Der Verstärker wurde im nicht linearen Betrieb verwendet. Der Intermodulationspunkt 3. Ordnung konnte durch den kurzen unteren linearen Teil im Verlauf des IM-Produktes bestimmt werden.

Die Zusammenfassung

- ❖ Die integrierte Schaltung hat mit ihren beiden Teilen gut funktioniert: das Dämpfungsglied konnte in 1dB Schritten kontrolliert werden und die Verstärkung war im Rahmen der Erwartung.
- ❖ Die Verstärkerschaltung der ersten Stufe hat gut funktioniert. Im nächsten Schritt soll der Verstärker Gali6 durch einen 2dB stärkeren Verstärker (zum Beispiel PHA-1+) ersetzt, um die benötigte Eingangsleistung der zweiten Stufe zu bekommen.
- ❖ Die Zweite Stufe der Treiberverstärker hat auch funktioniert. Der Verstärker mit dem Transistor MRF6V2010 hatte die gewünschte Ausgangsleistung (10 Watts) erreicht.
- ❖ Für beide Verstärker waren die Kühlungsmaßnahmen sehr wichtig und entscheidend. Der Treiberverstärker kann für die gewünschte Anwendung benutzt werden.

**DANKE FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT**

Fragen?
Fragen?

