

Diplomarbeit

Wilkinson-Teiler mit verkoppelten Leitungen

Dafe Ojikutu

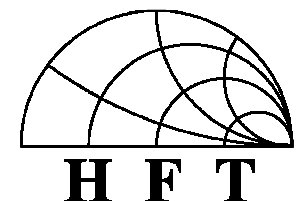
Universität Duisburg-Essen-Hochfrequentechnik

Prof. Dr. -Ing. K. Solbach

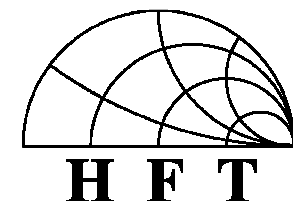
11.04.2006



- Aufgabe der Arbeit ist es, die Anpassungs- und Entkopplungseigenschaften von Wilkinson-Teilern zu untersuchen, deren Transformationsleitungen als gerade, stark gekoppelte Leitungen ausgeführt sind.
- Weiterhin wird die Kompensation des auftretenden Fehlers in den Anpassungs- und Entkopplungseigenschaften untersucht.



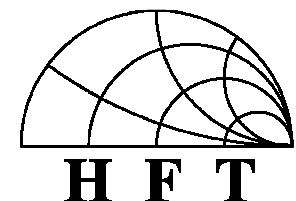
- Einleitung
- Grundlagen
- Optimierungsmethoden
- Ergebnisse
- Messung
- Zusammenfassung



- Einleitung
- Grundlagen
- Optimierungsmethoden
- Ergebnisse
- Messung
- Zusammenfassung

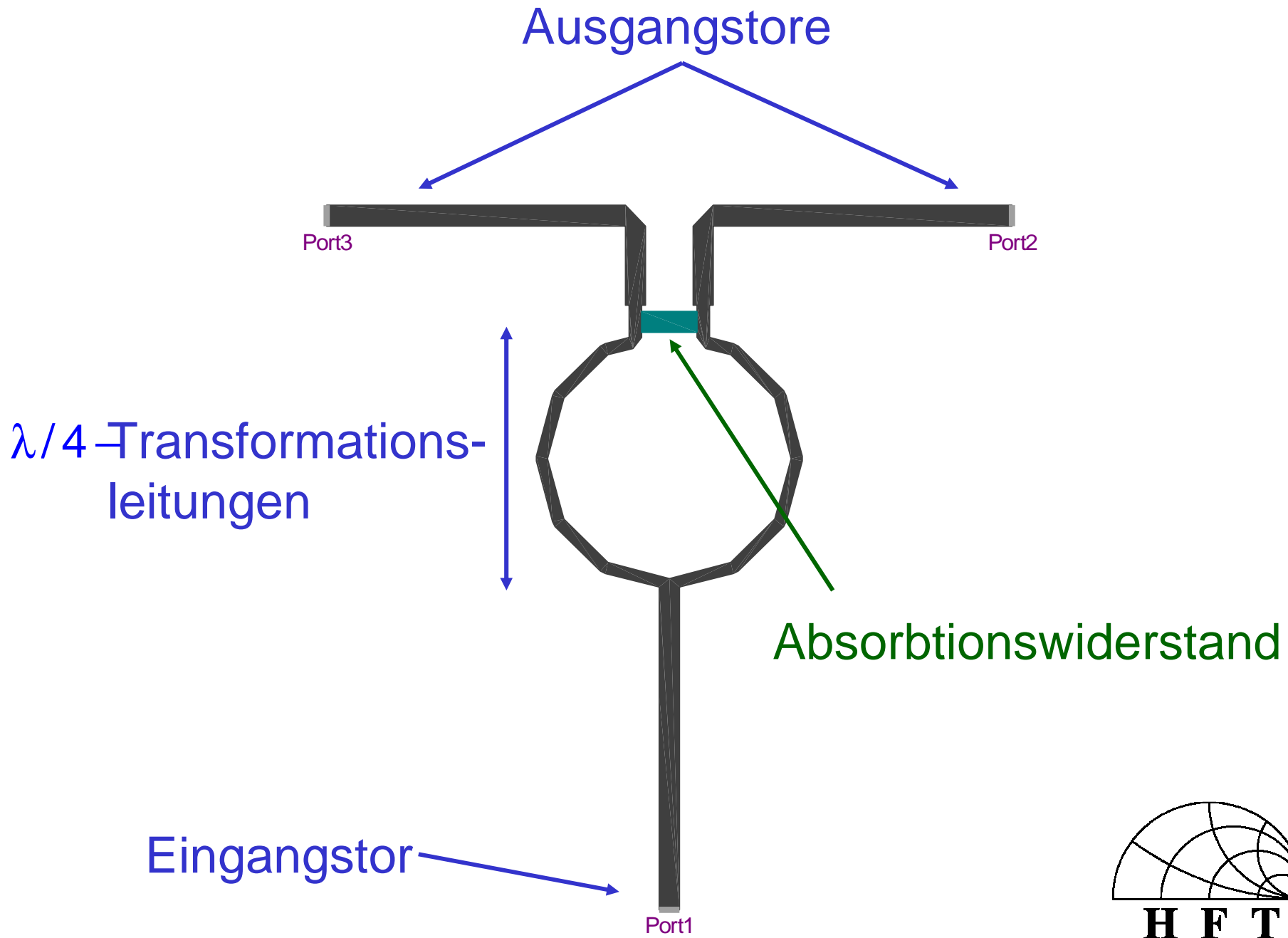


- Zur Leistungsteilung und Kombination wird häufig eine Dreitorschaltung nach Wilkinson verwendet.
- In seiner einfachsten Form besteht der Wilkinson-Teiler aus zwei Ausgangstoren, die über $\lambda/4$ -Transformationsleitungen an einem Eingangstor angepasst sind.



- Damit das Dreitor allseitig angepasst, und beide Ausgangstore voneinander isoliert sind, ist ein Absorptionswiderstand eingebaut.





- Vorteile des Wilkinson-Teilers

- ⇒ Anpassung möglich für alle Tore

- ⇒ Gute Isolation zwischen den Ausgangstoren

- ⇒ Verlustlos, wenn Ausgangstore angepasst sind.

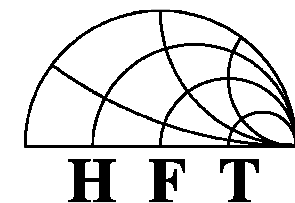
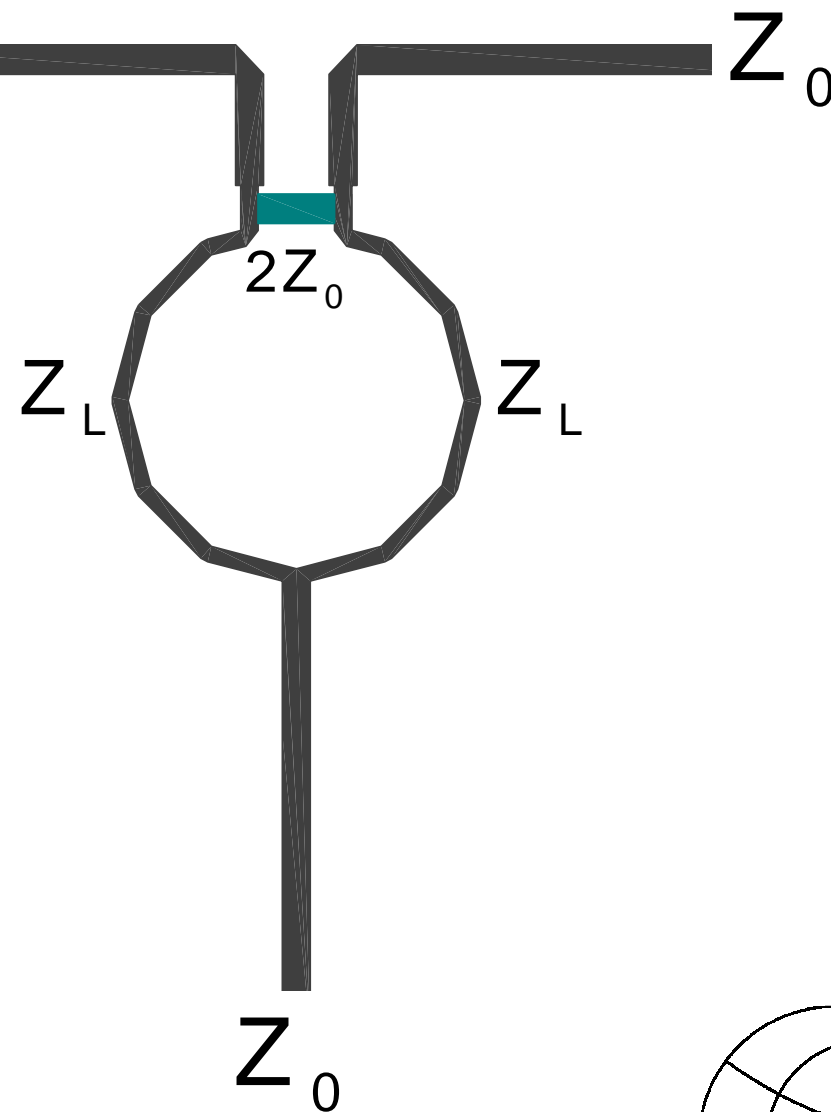


Ist Z_0 bekannt

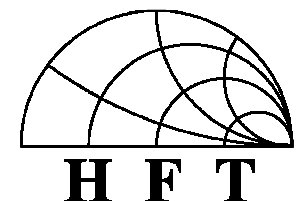
⇒ Wilkinson-Teiler

allseitig angepasst

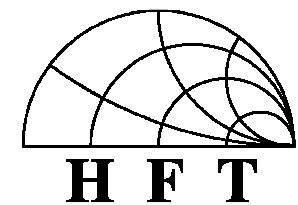
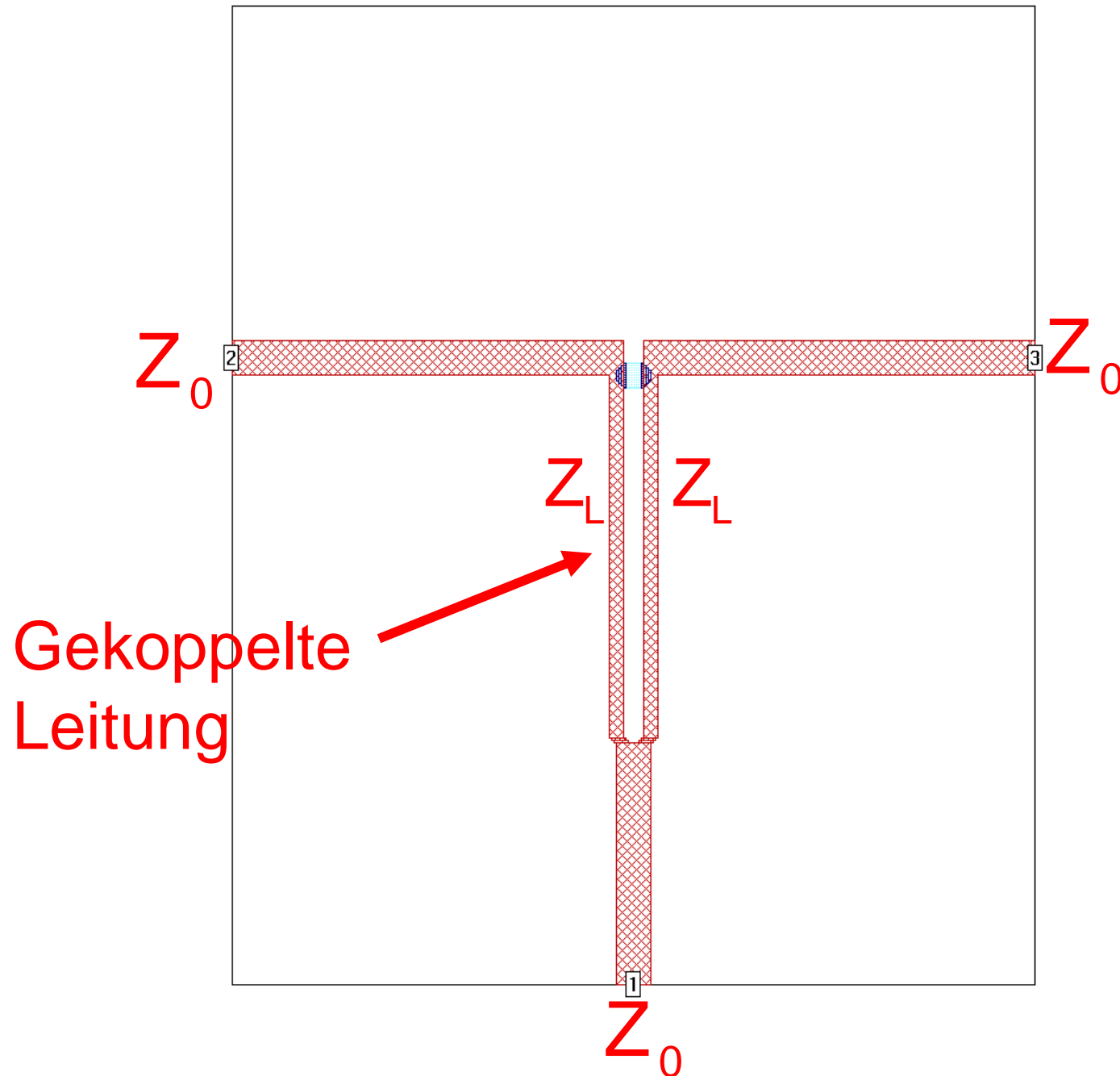
wenn $Z_L = Z_0 \sqrt{2}$



- Auf engem Raum untergebracht
 - ⇒ Kopplung der Transformationsleitungen
- Beispiele sind:
 - ⇒ MMIC
 - ⇒ Array Antennen



Einleitung



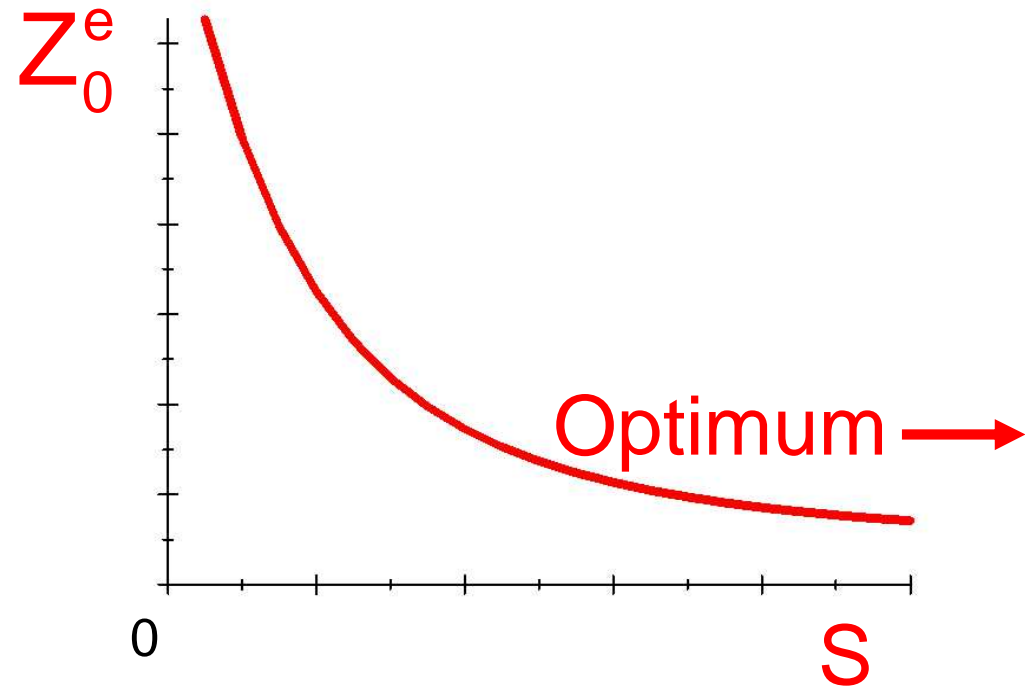
- Die Folgen der Kopplung:
 - ⇒ Zwei Wellentypen entstehen:
 - Gleichtaktwelle
 - Gegentaktwelle
- Beide Wellentypen haben unterschiedliche Wellenlängen
 - ⇒ Keine Anpassung zwischen Eingangs- und Ausgangstoren, $Z_L \neq Z_0 \sqrt{2}$



Für einen beliebigen
Abstand S zwischen den
gekoppelten Leitungen:

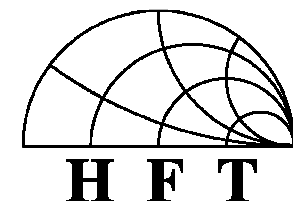
Gleichtaktwellen-
impedanz:

$$Z_0^e > Z_0 \sqrt{2}$$



⇒ Optimierungsmethode für Gleichtaktwelle:

Leitungsbreite vergrößern



- Da ein größerer Anteil des Elektromagnetischenfeldes der Gegentaktwelle in Luft verläuft $\epsilon_r = 1$

$$\Rightarrow \epsilon_{\text{eff}}^{\text{odd}} < \epsilon_{\text{eff}}^{\text{even}}$$

- Daraus folgt, dass die Gegentaktwellenlänge stets größer ist als die Gleichtaktwellenlänge:

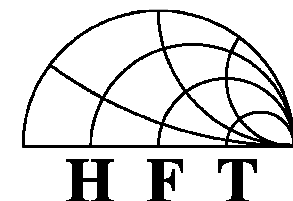
$$\lambda_{\text{odd}} > \lambda_{\text{even}}$$

\Rightarrow Optimierungsmethode für Gegentaktwelle

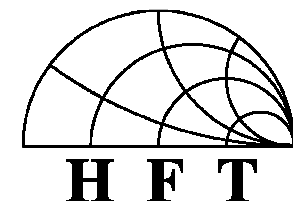
Leitungsverlängerung



- Einleitung
- Grundlagen
- Optimierungsmethoden
- Ergebnisse
- Messung
- Zusammenfassung



- Leitungsimpedanz einer gekoppelten Leitung:
 - Differential Impedance
 - Odd-mode Impedance
 - Common Impedance
 - Even-mode Impedance



- Differential Impedance:
 - Bei Gegentaktansteuerung
⇒ Gegentaktwelle wird angeregt



$$Z_{\text{odd}} = \frac{1}{2} Z_{\text{diff}}$$



- Common Impedance:

- Bei Gleichtaktansteuerung

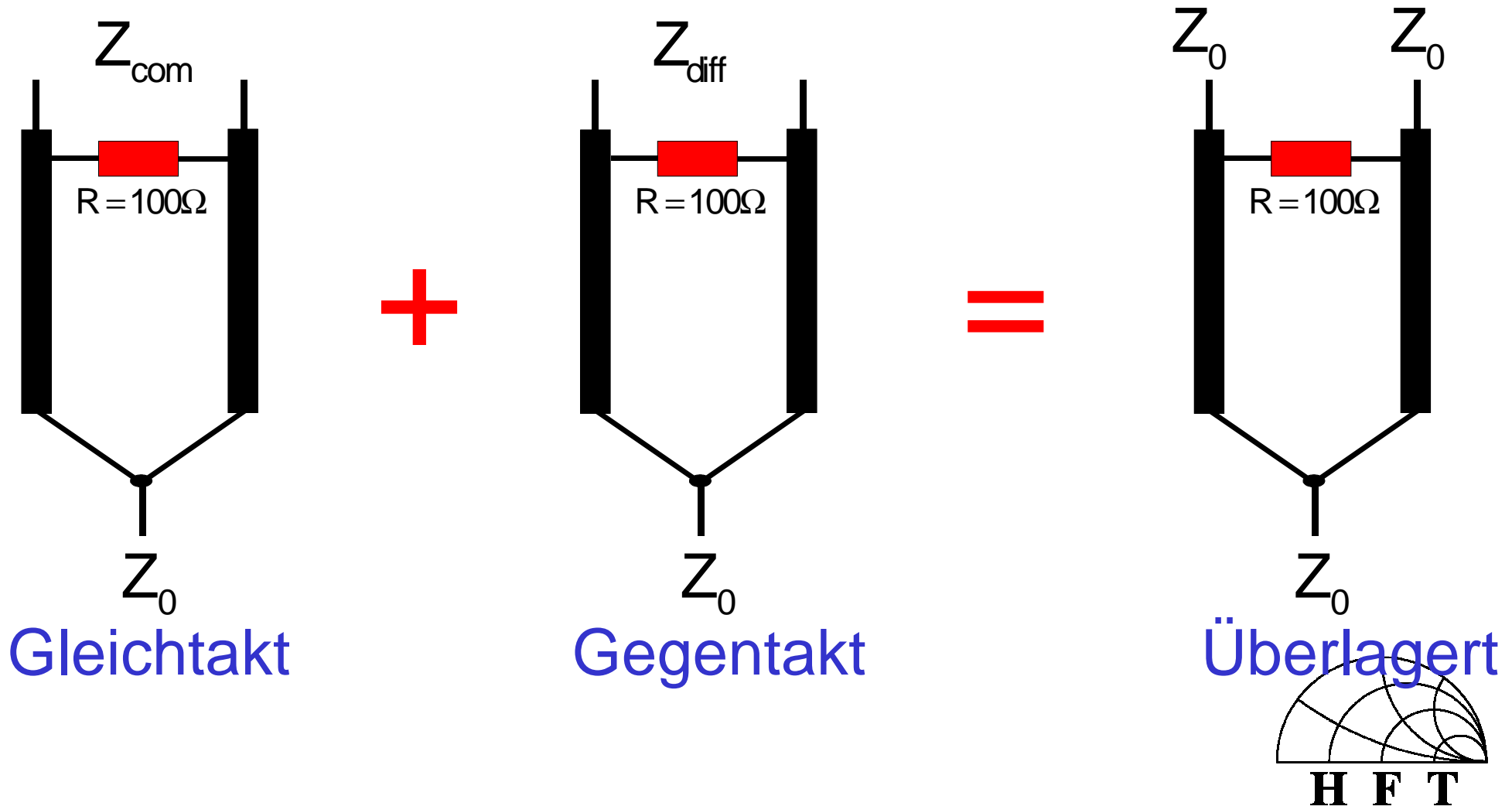
⇒ Gleichtaktwelle wird angeregt



$$Z_{\text{even}} = 2 Z_{\text{com}}$$

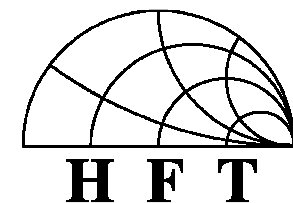


■ Gleich- und Gegentaktwellen Überlagerung



- Gleichtaktwelle:

$$\begin{bmatrix} U_1^- \\ U_2^- \end{bmatrix}_e = \begin{bmatrix} S_{11}^e & S_{12}^e \\ S_{21}^e & S_{22}^e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1^+ \\ U_2^+ \end{bmatrix}$$



■ Gegentaktwelle:

$$\begin{bmatrix} U_1^- \\ U_2^- \end{bmatrix}_0 = \begin{bmatrix} \cancel{S_{11}^0} & \cancel{S_{12}^0} \\ \cancel{S_{21}^0} & S_{22}^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1^+ \\ -U_2^+ \end{bmatrix}$$

* Nicht vorhanden

* Ist Null



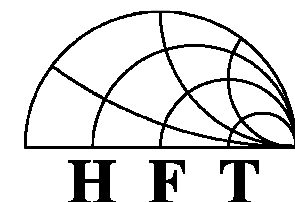
Streuparameter für den optimierten Wilkinson-Teiler

■ Überlagert: $S_{11}^c = S_{11}^e + \cancel{S_{11}^o} = 0$

$$S_{22}^c = \frac{S_{22}^e + S_{22}^o}{2} = 0$$

$$S_{21}^c = S_{31}^c = \frac{\sqrt{Z_0}}{\sqrt{Z_{\text{com}}}} \frac{S_{21}^e + \cancel{S_{21}^o}}{2} = -j \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$S_{23}^c = S_{32}^c = \frac{S_{22}^e + (-S_{22}^o)}{2} = 0$$

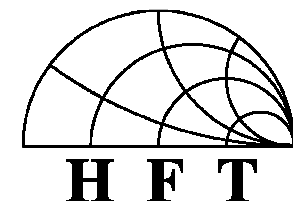


- Gleichung des Dreitors:

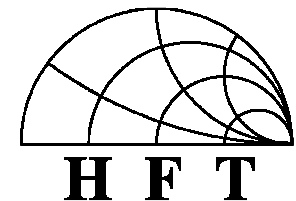
$$\begin{bmatrix} U_1^- \\ U_2^- \\ U_3^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}^C & S_{12}^C & S_{13}^C \\ S_{21}^C & S_{22}^C & S_{23}^C \\ S_{31}^C & S_{32}^C & S_{33}^C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1^+ \\ U_2^+ \\ U_3^+ \end{bmatrix}$$



- Einleitung
- Grundlagen
- Optimierungsmethoden
- Ergebnisse
- Messung
- Zusammenfassung



- Zwei Optimierungsmethoden kommen zum Einsatz:
 - Gleichtaktwellenoptimierung durch Leitungstransformation.
 - Gegentaktwellenoptimierung durch einen Schlitz in der Zusammenführung der Transformationsleitungen.



■ Gleichtaktwellenoptimierung für 5Ghz

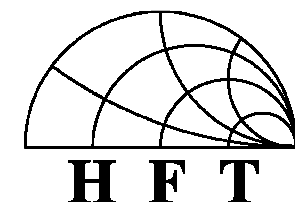
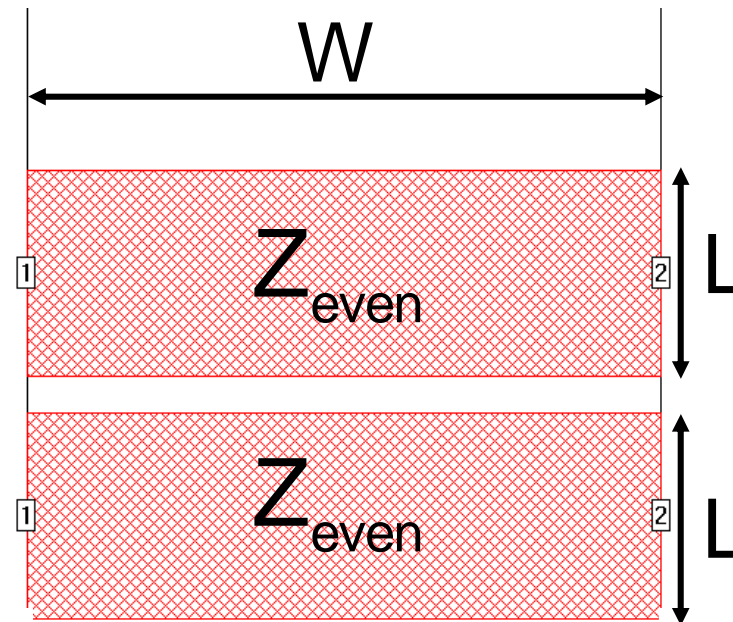
Variablen: W , L

Werden optimiert,

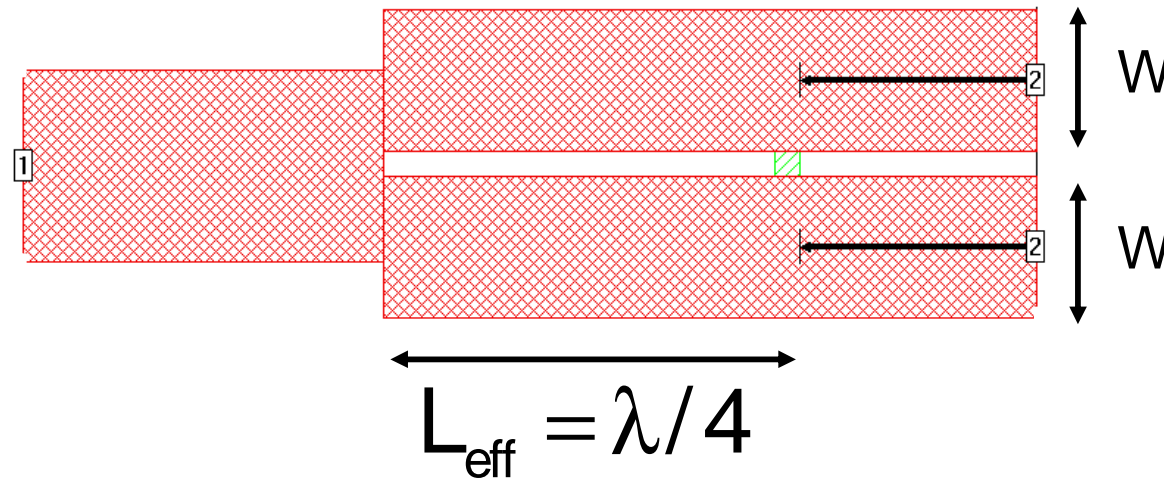
bis die effektive

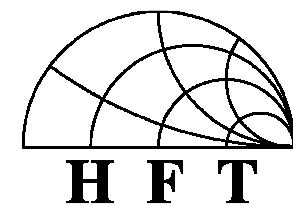
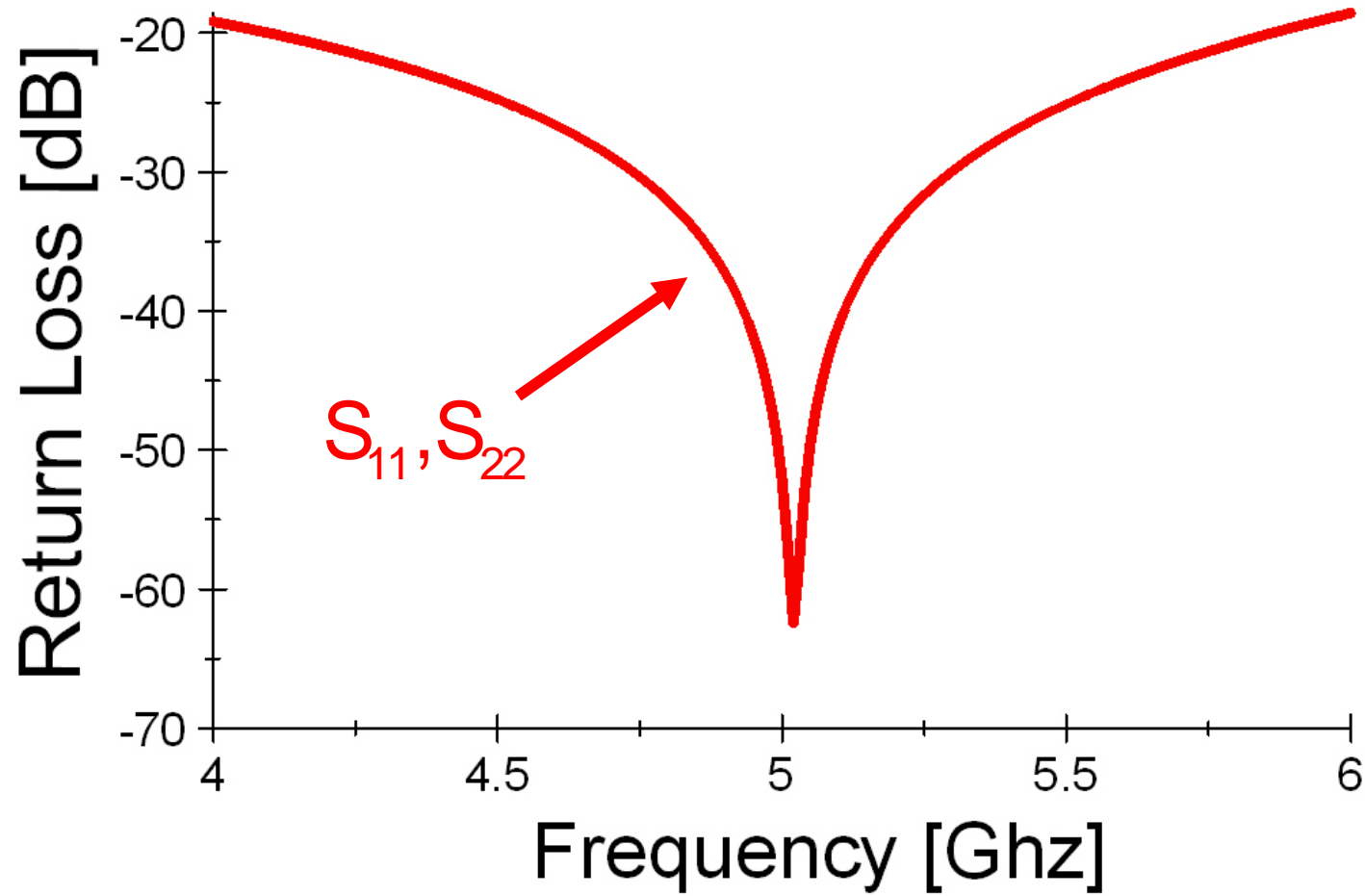
Leitungslänge = 90°

und $Z_{\text{even}} = Z_0 \sqrt{2}$

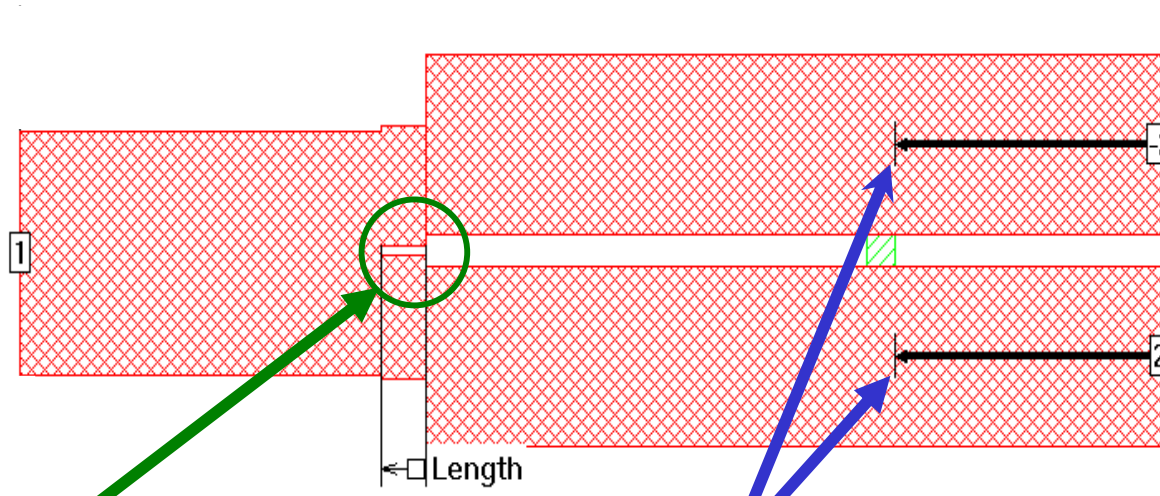


- Wilkinson-Teiler mit Gleichtaktansteuerung
Optimiert für Gleichtaktwellenanpassung (5Ghz)





- Wilkinson-Teiler mit Gegentaktansteuerung
Optimiert für Gegentaktwellenanpassung



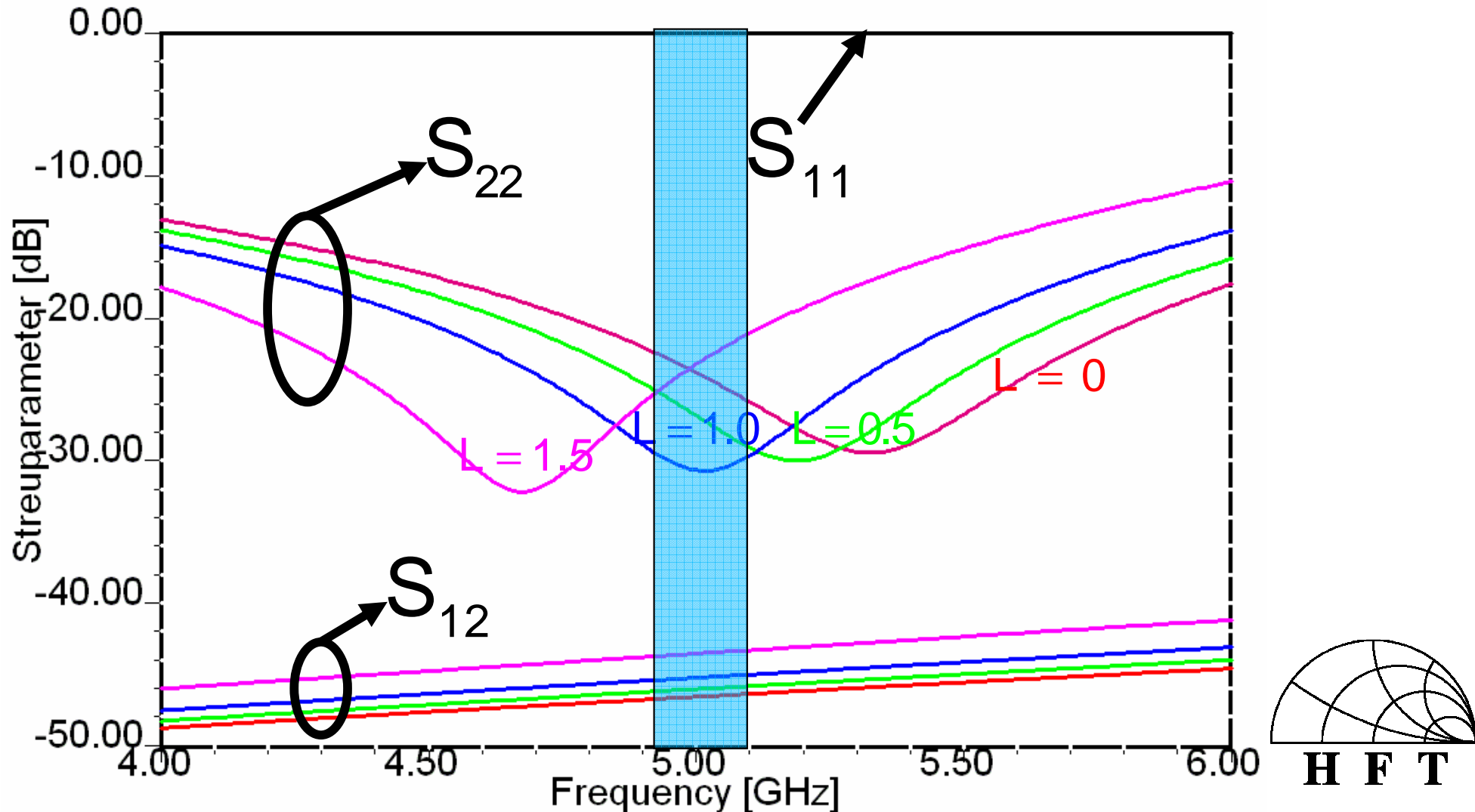
Schlitz-Optimierung

Referenzebenen

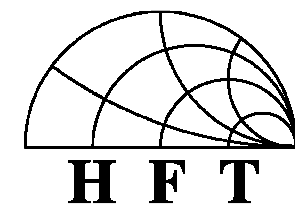
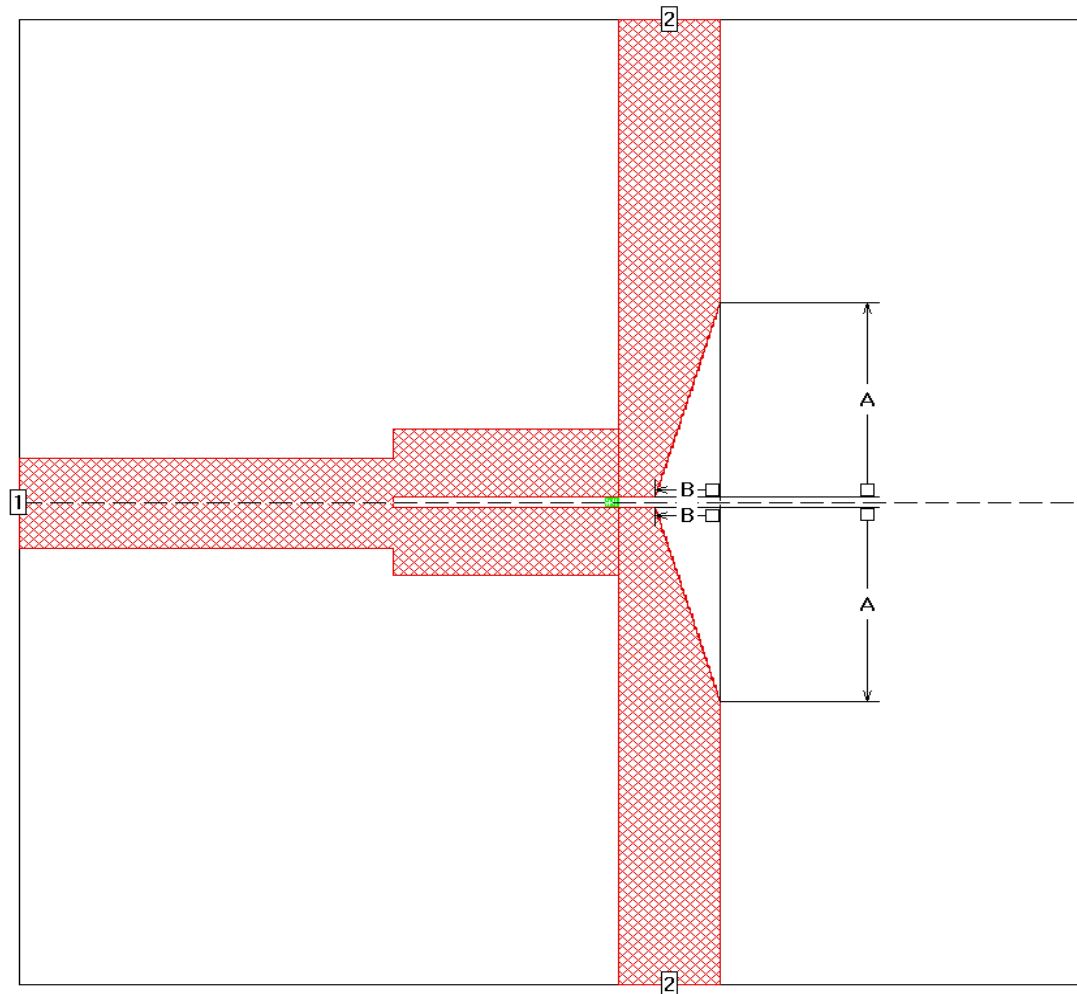


L= Länge des Schlitzes.

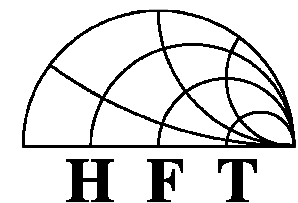
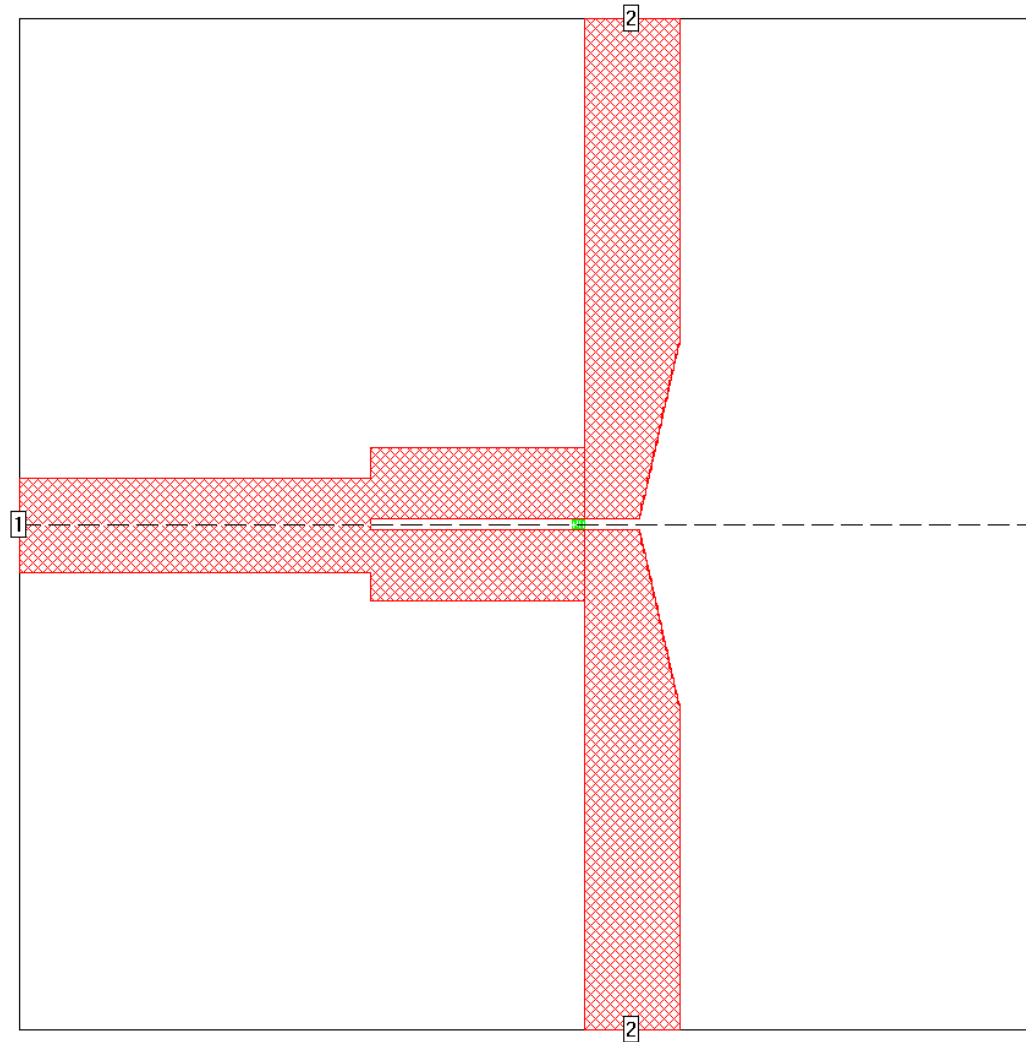
Optimale Leitungsverlängerung: L=1mm für 5Ghz.



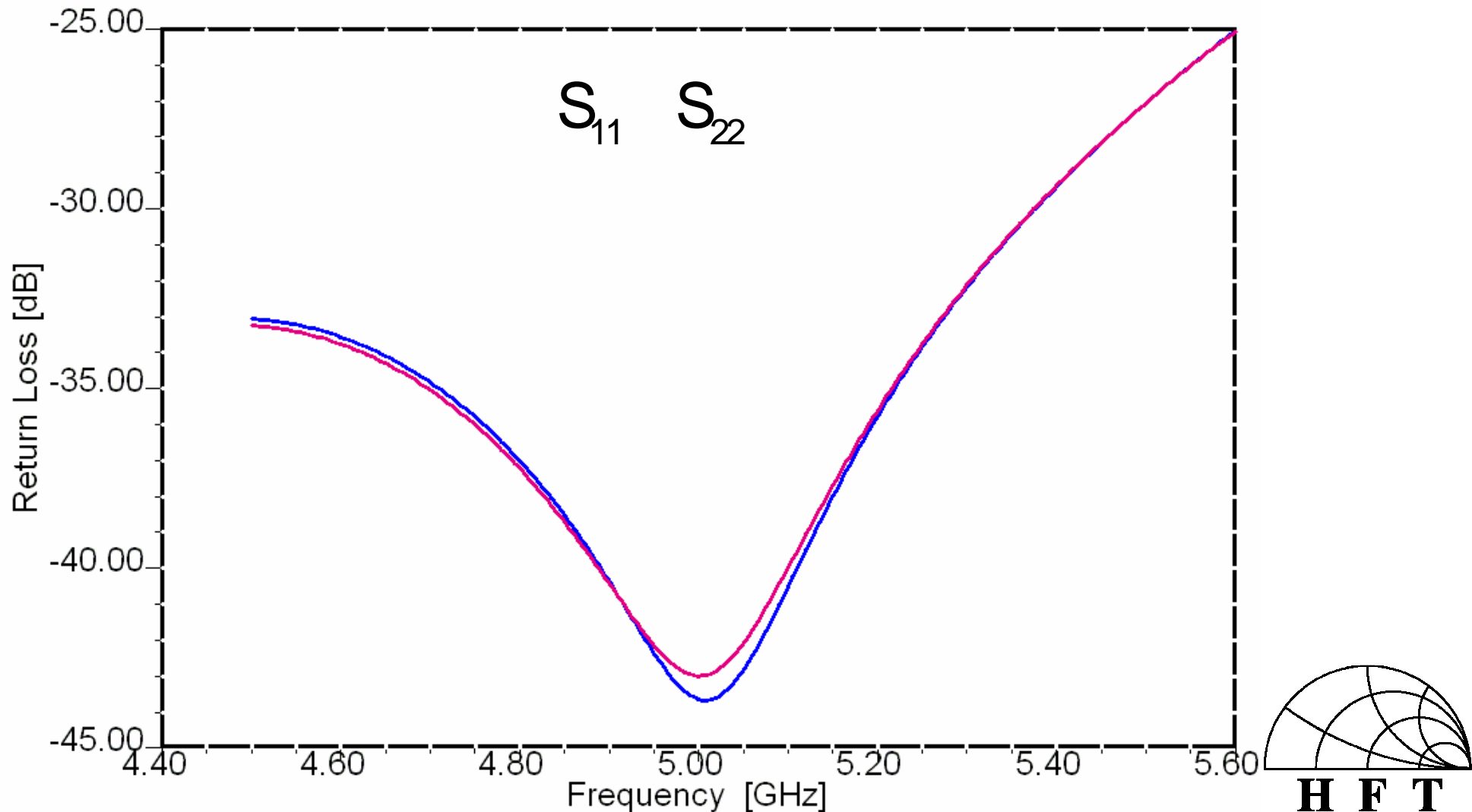
- Optimierung der Verzweigungsarme mit Sonnet
Parameter für A und B



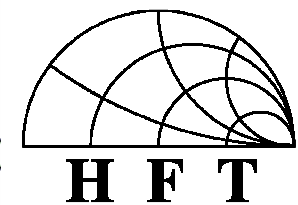
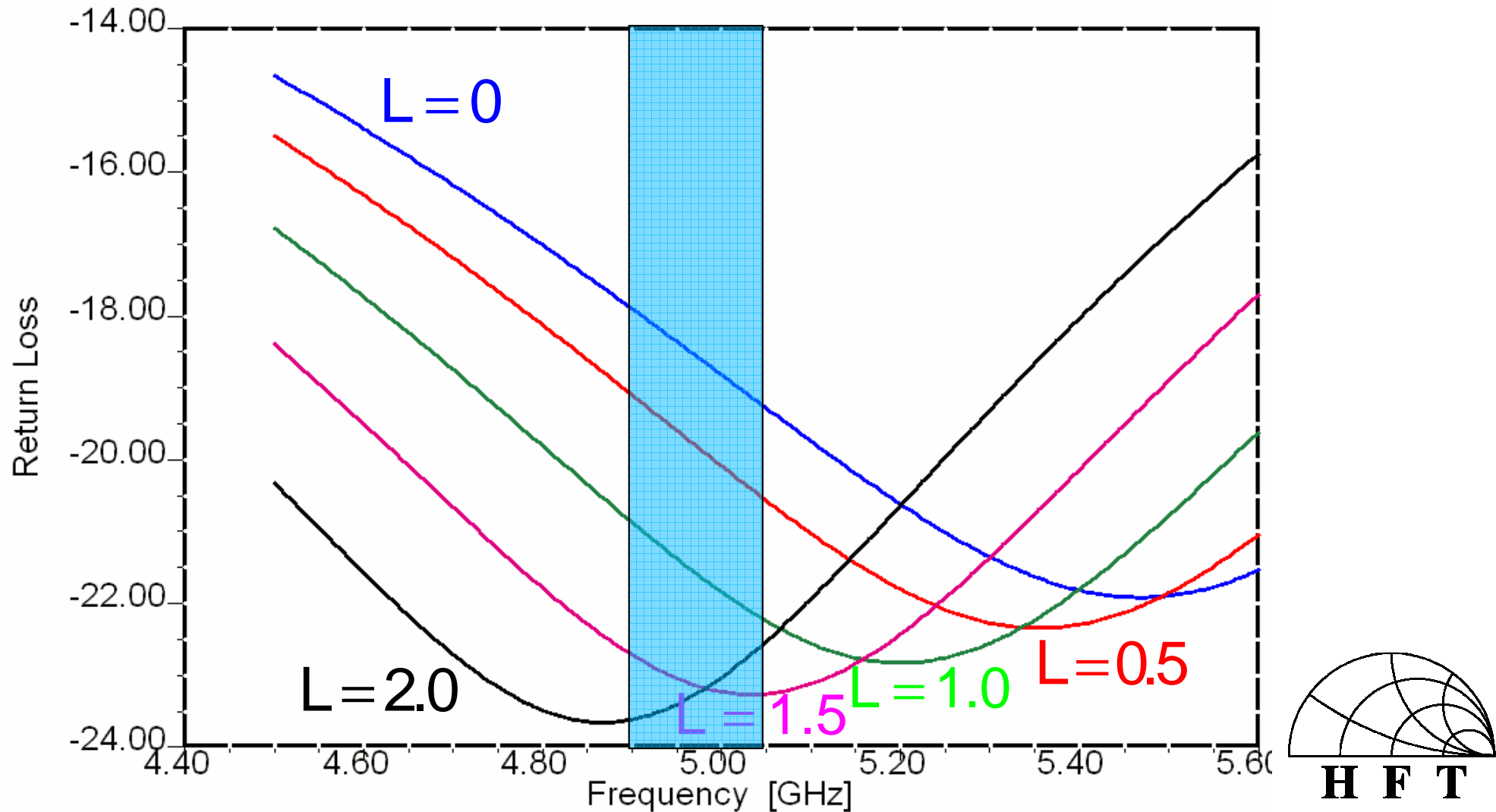
Optimale Abschrägung
für Schaltung mit $\varepsilon_r = 2.33$
 $A=8.8\text{mm}$, $B=2.0\text{mm}$.



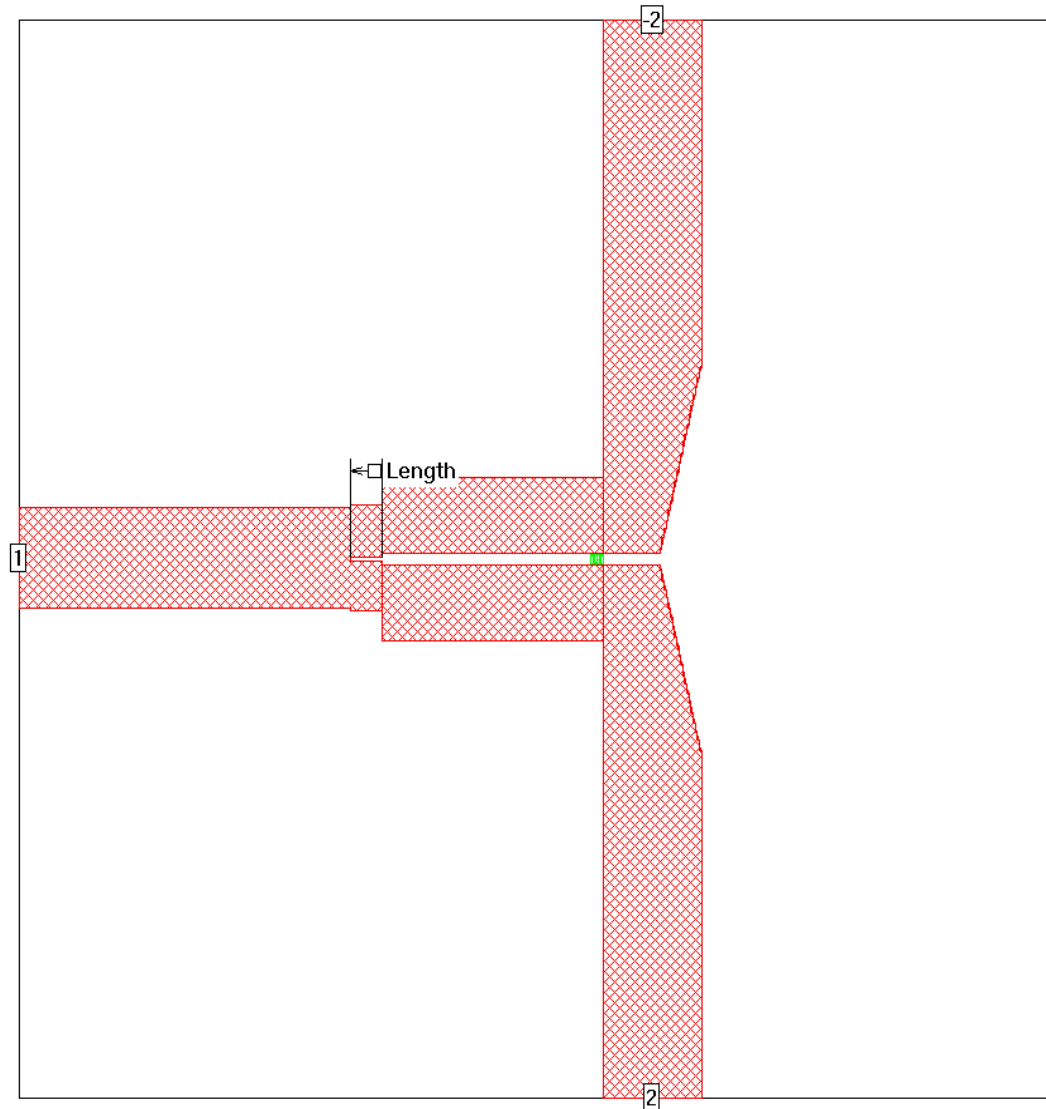
Optimierte Schaltung mit verzweigungsarme für
Gleichtaktwelle bei 5Ghz.



■ Gegentaktwelle optimiert: $L=1.5\text{mm}$ (5GHz)



- Optimiertes Layout für Gegentaktwelle für 5Ghz.



- Einleitung
- Grundlagen
- Optimierungsmethoden
- Ergebnisse
- Messung
- Zusammenfassung



Ergebnisse für Schaltungen ohne Verzweigungsarme für 5Ghz

$\epsilon_r=2.33$	Odd-mode, $L=1.0\text{mm}$	Even-mode	Superimposed	3-Port Circuit
S11	-----	0.000345	0.000345	0.002970
S12	0.004807	0.998306	0.705690	0.706032
S22	0.029777	0.000658	0.015217	0.014680
S23			0.014559	0.015610
$\epsilon_r=6.15$	Odd-mode, $L=1.5\text{mm}$	Even-mode	Superimposed	3-Port Circuit
S11	-----	0.031664	0.031664	0.031573
S12	0	0.994315	0.703086	0.703099
S22	0.019106	0.030920	0.025013	0.031175
S23			0.027966	0.024084



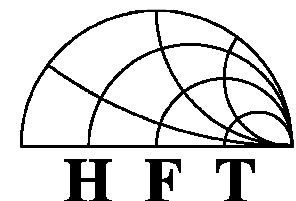
Ergebnisse für Schaltungen mit optimierten Verzweigungsarme für 5Ghz

$\epsilon_r=2.33$	Odd-mode, $L=1.0\text{mm}$	Even-mode	Superimposed	3-Port Circuit
S11	-----	0.008152	0.008152	0.002970
S12	0.005406	0.995674	0.704047	0.704043
S22	0.068987	0.008152	0.038569	0.034284
S23			0.030417	0.033919
$\epsilon_r =6.15$	Odd-mode, $L=3.5\text{mm}$	Even-mode	Superimposed	3-Port Circuit
S11	-----	0.040627	0.040627	0.053212
S12	0	0.989103	0.699401	0.699083
S22	0.103623	0.038286	0.0709545	0.058267
S23			0.0326685	0.057027

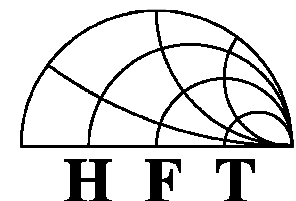


Wichtiger Hinweis

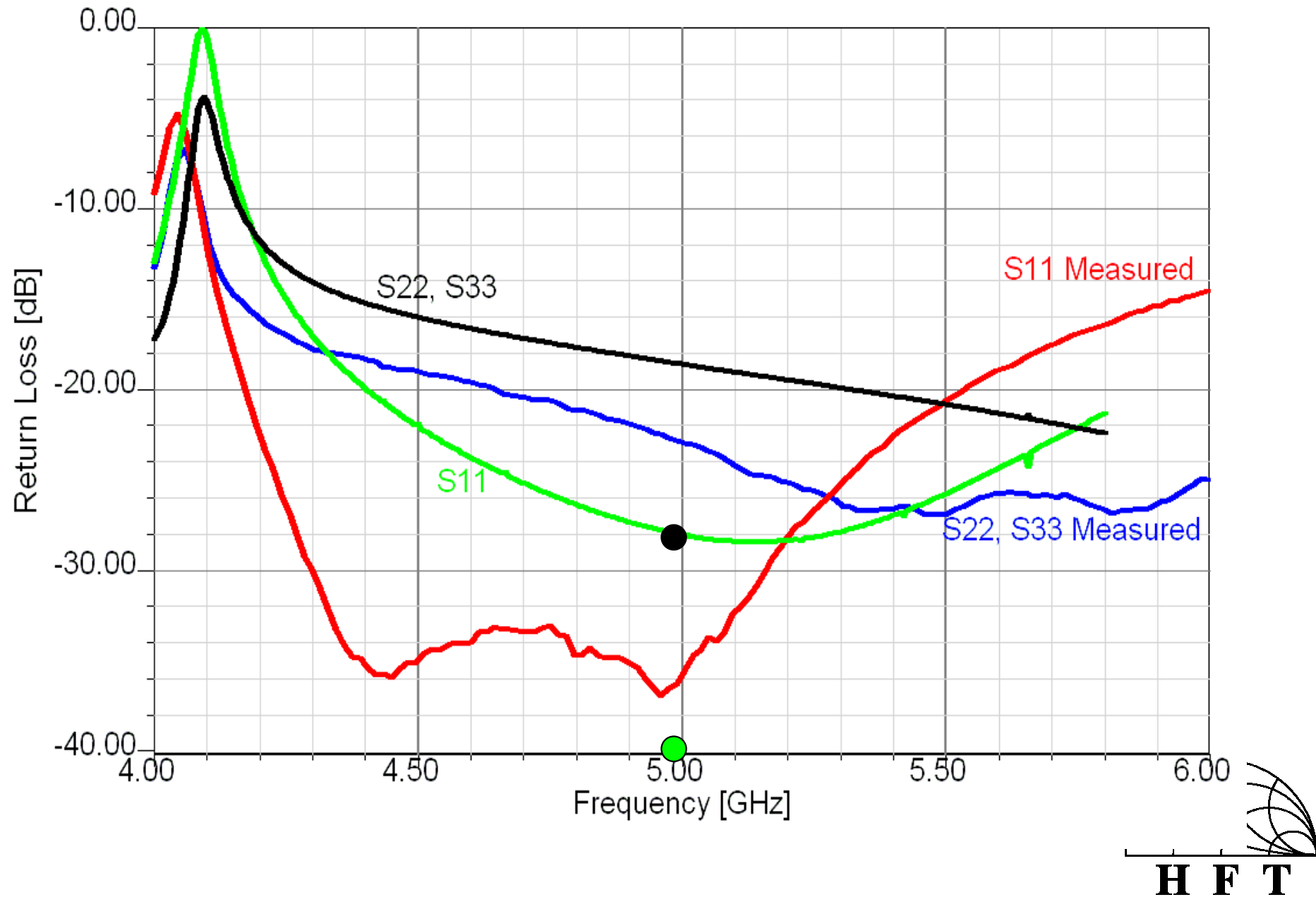
In der schriftlichen Arbeit wurden alle Schaltungen irrtümlicherweise mit dem falschen Wellenwiderstand terminiert. Es wurde der **Common-impedance** mit dem **Even-mode Impedance** und der **Differential-impedance** mit dem **Odd-mode impedance** verwechselt. Dieses wurde in der vorliegenden Präsentation korrigiert. Auf der nächsten Seite sind zwei korrigierte Punkte eingetragen, die angeben wo die entsprechend gefärbten Kurven durchlaufen sollten.



Es muss erwähnt werden, dass die Streuparameter aus der Simulation „**De-embedded**“ sind. Die aus der messung sind „embedded“ und beinhalten deshalb die Eigenschaften der koaxial-Leitungsübergänge, und Gehäuse Kapazität. Aus diesem Grund verlaufen die Kurven anders.



Ergebnisse



- Einleitung
- Grundlagen
- Optimierungsmethoden
- Ergebnisse
- Messung
- Zusammenfassung



- Der Wilkinson-Teiler mit verkoppelten Transformationsleitungen wurde untersucht.
- Es wurde die Methode der Gleich- und Gegentaktwellen-Analyse vorgeführt.
- Gezeigt wurde, dass die Methode nützlich ist für die Ermittlung der zu optimierenden Parameter.
- Es wurde auch gezeigt wie die Einzelergebnisse zu überlagern sind um an das Gesamtergebnis zu gelangen.
- Der Vergleich zwischen den Überlagerten und den direkt ermittelten Ergebnissen zeigte dass das Verfahren korrekt ist.

