

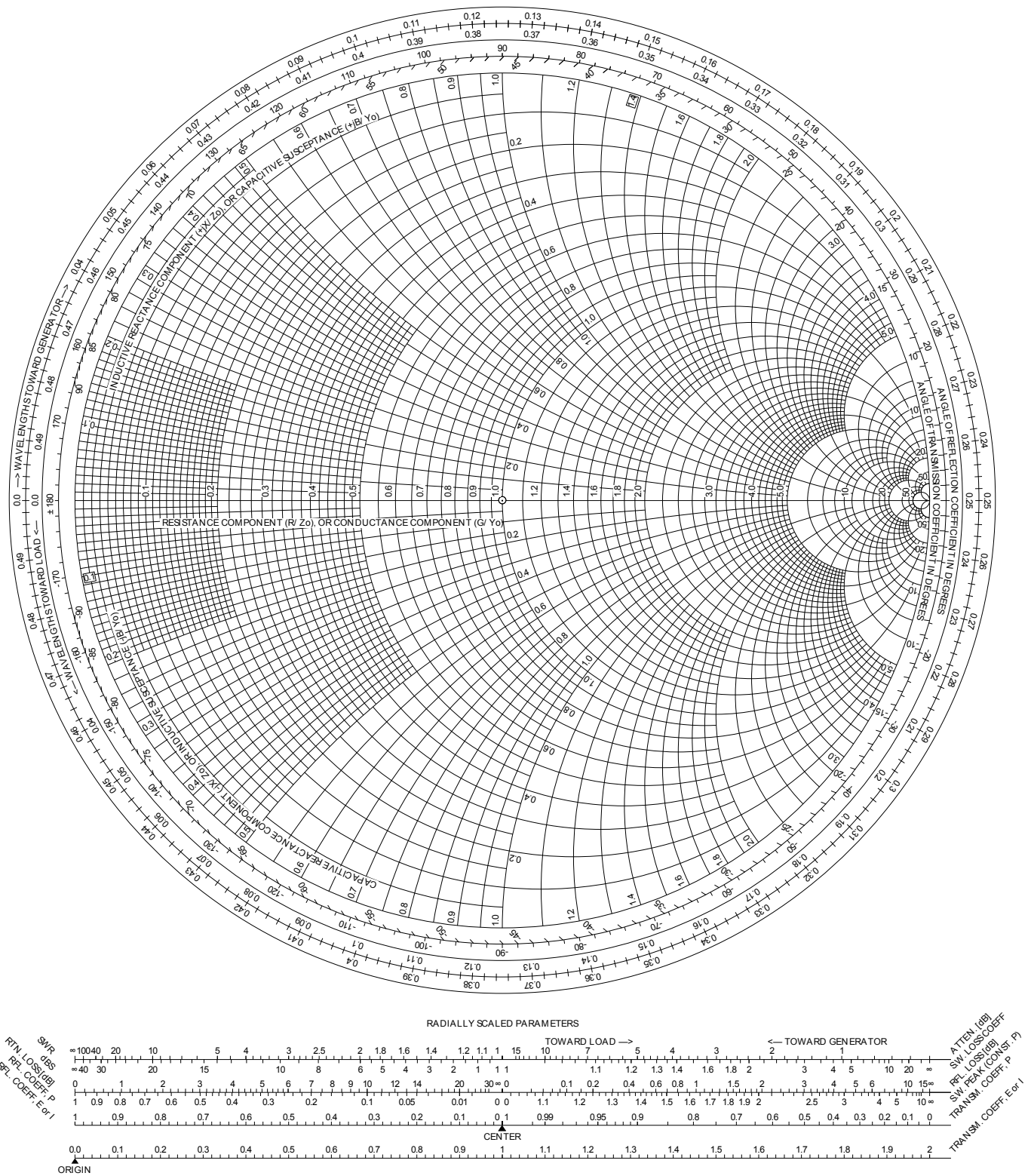
**Hochfrequenztechnik**  
**Duale Hochschule Karlsruhe**  
Dozent: Gerald Oberschmidt

## 1 Arbeiten mit dem Smithdiagramm

Bearbeiten Sie die folgenden Aufgaben mit dem Smith-Diagramm! Es kann immer eine Bezugsimpedanz von  $Z_0 = 50 \Omega$  angenommen werden.

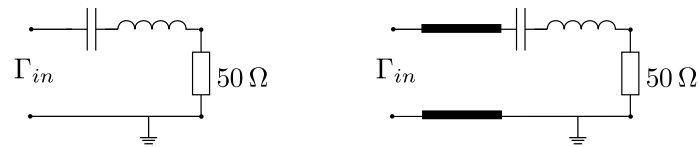
- (a) Tragen Sie die Widerstände von  $R = 10; 20; 45; 250 \Omega$  ein und bestimmen Sie die Reflexionsfaktoren linear (Betrag und Phase) und in dB!
- (b) Tragen Sie die Impedanzen von  $R = 10 + j10; 50 + j30; 100 - j30 \Omega$  ein und bestimmen Sie die Reflexionsfaktoren linear (Betrag und Phase) und in dB!
- (c) Zeichnen Sie die Ortskurve einer Serienschaltung von  $R = 20 \Omega$  mit  $L = 1 \text{ nH}$  im Frequenzbereich  $f = 1 \dots 10 \text{ GHz}$  und bestimmen Sie den maximalen und minimalen Betrag des Reflexionsfaktors!
- (d) Zeichnen Sie die Ortskurve einer Serienschaltung von  $R = 45 \Omega$  mit  $L = 0.5 \text{ nH}$  und  $C = 10 \text{ pF}$  im Frequenzbereich  $f = 1 \dots 10 \text{ GHz}$  und bestimmen Sie den maximalen und minimalen Betrag des Reflexionsfaktors!
- (e) Tragen Sie im SD die folgenden Reflexionsfaktoren ein:  $\Gamma = 0,7 \times e^{j90^\circ}$ ;  $0,1 \times e^{j45^\circ}$  und geben Sie die zugehörigen Impedanzen an! Wie ändern sich die Impedanzen, wenn die o.g. Reflexionsfaktoren am Ende einer Leitung mit elektrischer Länge  $\lambda/12$  liegen?

# Smith Chart



## 2 Smith-Diagramm

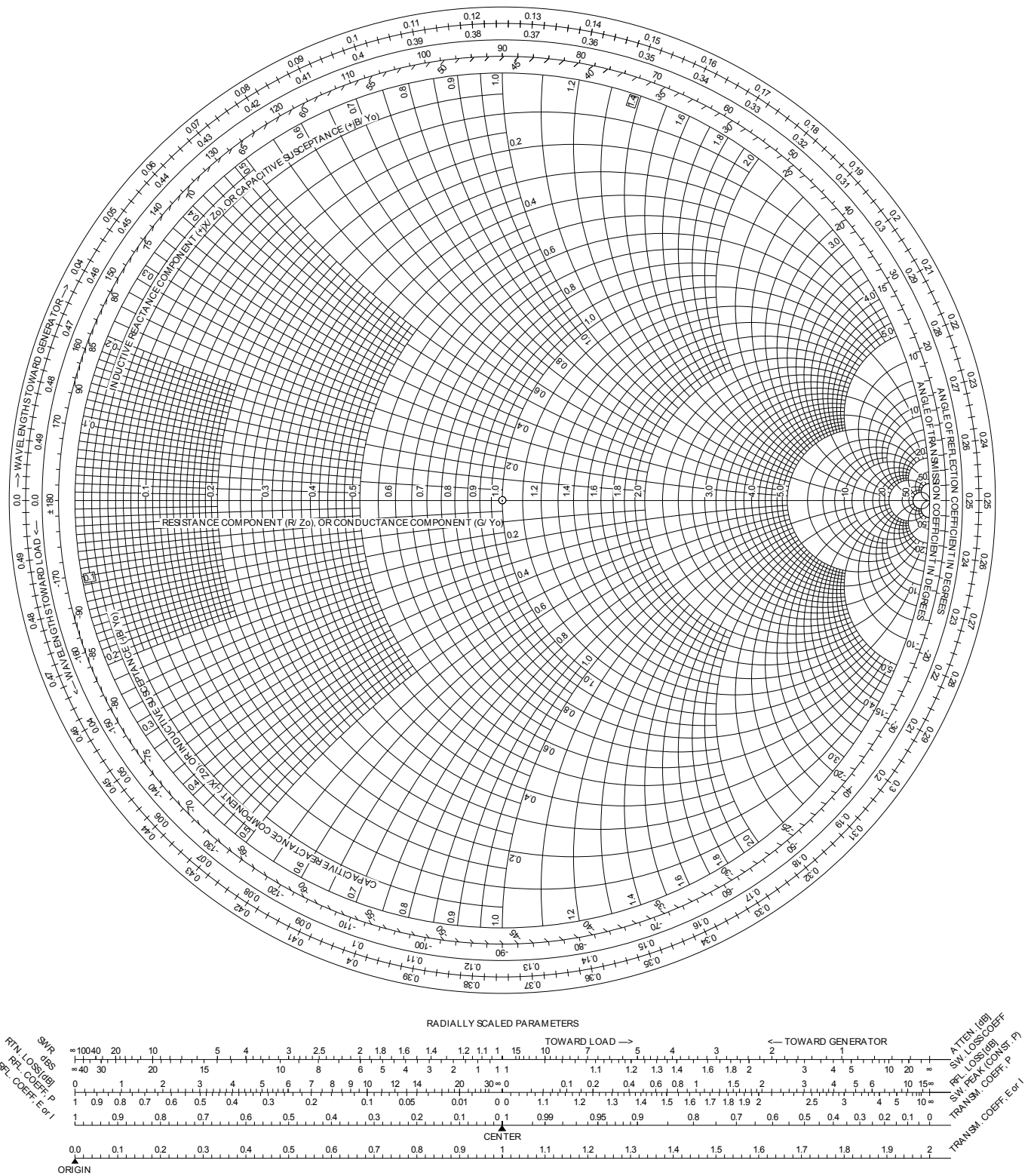
Lösen Sie die folgenden Aufgaben grafisch im Smith-Diagramm und vergessen Sie nicht, dieses beizulegen! Tipp: Diese Aufgabe ist mir Sorgfalt erheblich leichter zu lösen als mit Kreativität!



Ein einfacher Serien-Resonanzkreis (im obigen Bild links) hat einen Impedanzverlauf des Eingangsreflexionsfaktors  $\Gamma_{in}$ , der im Smith-Diagramm gezeigt werden soll. Die Werte der Elemente sind  $C = 20 \text{ pf}$  für die Kapazität und  $L = 2 \text{ nH}$  für die Induktivität.

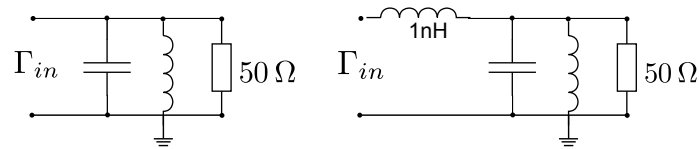
- Wie groß ist die Resonanzfrequenz?
- Zeichnen Sie die Ortskurve der Schaltung in das Smith-Diagramm ein. Geben die Sie Punkte für sehr niedrige (DC) sehr hohe (unendliche) Frequenz sowie den Punkt der Resonanzfrequenz an!
- Berechnen Sie die jeweiligen Ortspunkte und geben Sie den zugehörigen Betrag des Reflexionsfaktors (in dB) für die Frequenzen 200, 500, MHz, die Resonanzfrequenz, 2, 4 GHz an und zeichnen Sie es ins Smithdiagramm ein.
- Wie im obigen Bild rechts gezeigt liegt in Serie nun eine  $50 \Omega$ -Koax-Leitung der Länge 10 cm mit Luftfüllung! Zeichnen Sie die nun resultierenden Ortspunkte und die Ortskurve in das Smith-Diagramm ein. Geben Sie die daraus resultierende Filterkurve an und äußern Sie sich zu den Impedanzen in den Frequenz-Extrema!

# Smith Chart



### 3 Smith-Diagramm

Lösen Sie die folgenden Aufgaben grafisch im Smith-Diagramm und vergessen Sie nicht, dieses beizulegen! Tipp: Diese Aufgabe ist mir Sorgfalt erheblich leichter zu lösen als mit Kreativität!



Ein Parallel-Resonanzkreis (im obigen Bild links) hat einen Impedanzverlauf des Eingangsreflexionsfaktors  $\Gamma_{in}$  wie im Smith-Diagramm gezeigt.

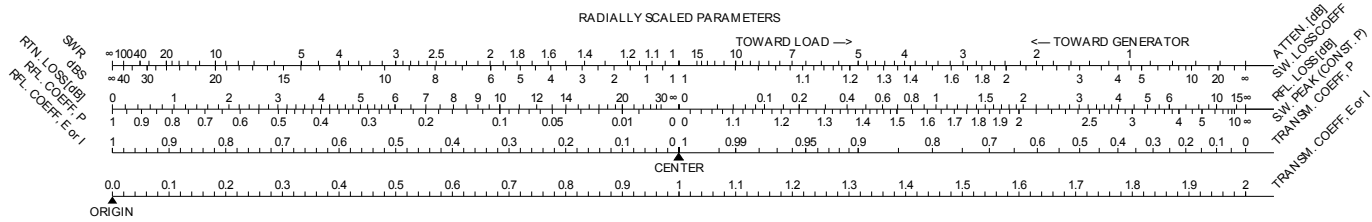
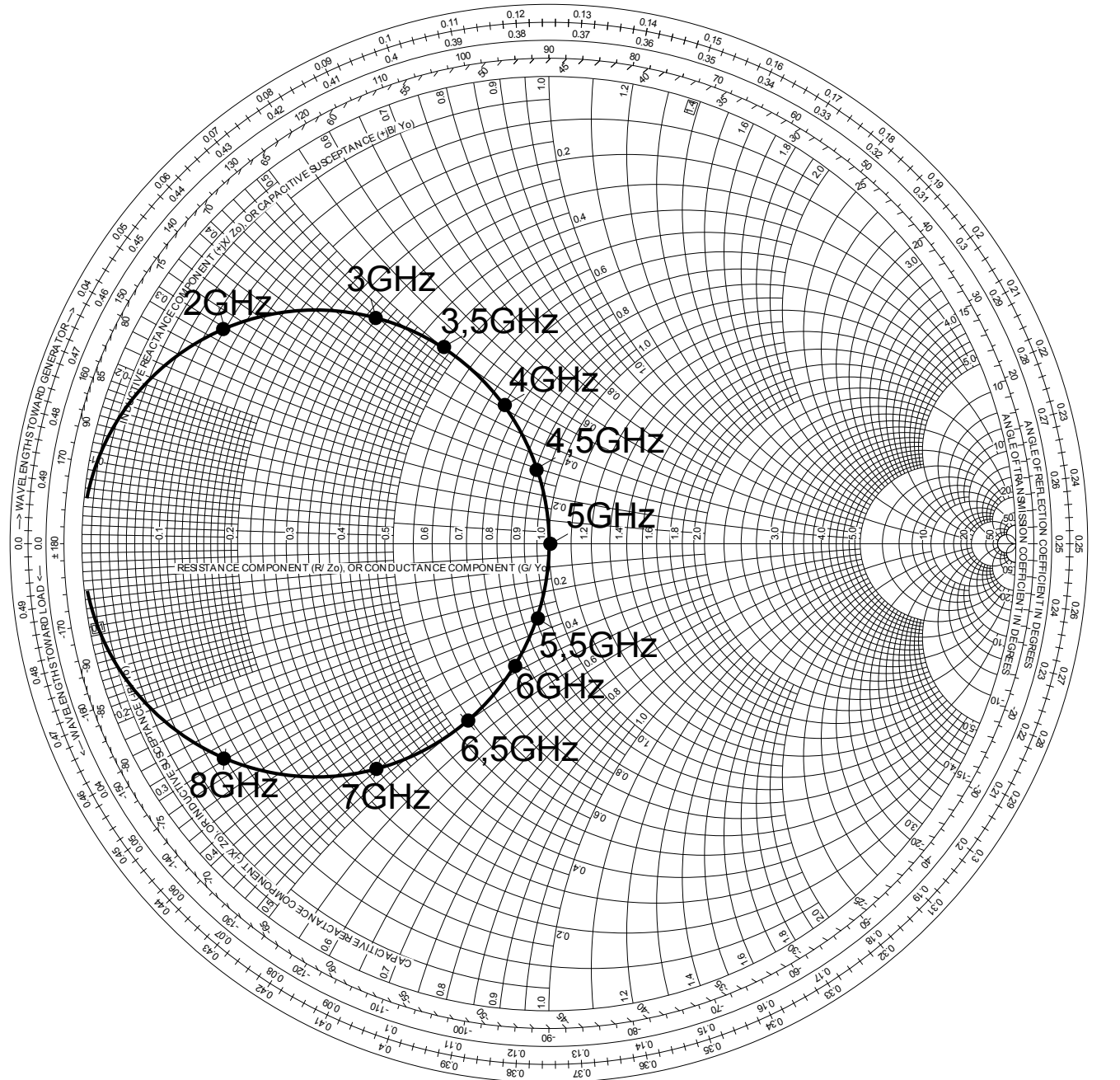
- (a) Wie groß ist die Resonanzfrequenz?
- (b) Bestimmen Sie für die angegebenen Frequenzen den Betrag der Leistungsreflexion in dB und tragen Sie diesen über der Frequenz auf!
- (c) Geben Sie die Bandbreite an, in der die Anpassung besser als 10 dB ist!
- (d) Wie im obigen Bild rechts gezeigt liegt in Serie zu dem Resonanzkreis eine (parasitäre) Induktivität der Größe 1 nH. Berechnen Sie die Ortskurve von  $\Gamma_{in}$  dieser Schaltung und zeichnen Sie sie ins Smith-Diagramm! Ergänzen Sie über die gegebenen Frequenzen hinaus die Werte für Frequenzen sehr klein (0) und sehr groß ( $\infty$ )!

Zur Vereinfachung können Sie folgende Tabelle verwenden:

$f/\text{GHz}$	$\omega = 2\pi f \cdot \text{s}$
2,0	$13 \cdot 10^9$
3,0	$19 \cdot 10^9$
3,5	$22 \cdot 10^9$
4,0	$25 \cdot 10^9$
4,5	$28 \cdot 10^9$
5,0	$31 \cdot 10^9$
5,5	$35 \cdot 10^9$
6,0	$38 \cdot 10^9$
6,5	$41 \cdot 10^9$
7,0	$44 \cdot 10^9$
8,0	$50 \cdot 10^9$

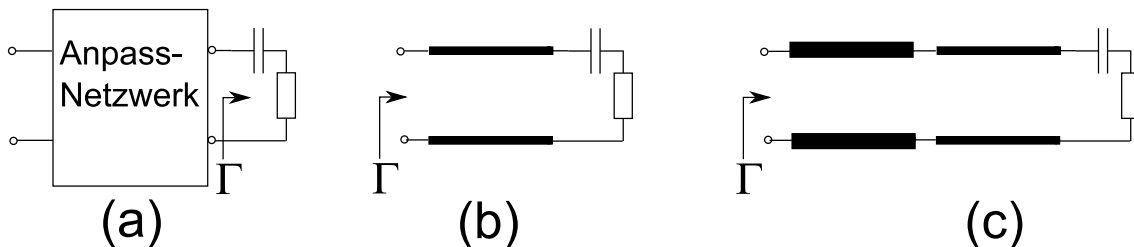
- (e) Geben Sie nun die Resonanzfrequenz an!

# Smith Chart



## 4 Smith-Diagramm und Leitungstheorie

Lösen Sie die folgenden Aufgaben grafisch im Smith-Diagramm und vergessen Sie nicht, dieses beizulegen!



Die Reihenschaltung der Kapazität mit dem Widerstand hat bei der betrachteten Frequenz die Impedanz  $Z = 50\Omega - j100\Omega$ . Die Spannungsquelle hat eine Eingangsimpedanz von  $50\Omega$ , führen Sie sämtliche Berechnungen im Smith-Diagramm auf diesem Impedanzniveau aus.

- Zeichnen Sie den Wert der Impedanz in das Smithdiagramm ein und geben Sie Reflexionsfaktor nach Betrag und Phase sowie die Leistungsreflexion an.
- Mit welchem Anpassungsnetzwerk können Sie die o.g. Impedanz an die gegebene Quelle anpassen. Zeichnen Sie das Schaltbild des Anpassungsnetzwerkes und geben Sie die notwendige(n) Impedanz(en) an. Zeichnen Sie die Ortskurve ("Trajectory") der Anpassung in das Smith-Diagramm!
- Wie in Bild (b) gezeigt, befindet sich nun zwischen Quelle und o.g. Impedanz eine Leitung ( $Z_c = 50\Omega$ ) der elektrischen Länge  $\beta l = 60^\circ$ . Zeichnen Sie die Ortskurve dieser Leitung und geben Sie die Impedanz an, die am Eingang der Leitung zu messen ist.
- Mit welcher (minimalen) elektrischen Leitungslänge  $\beta l$  können Sie die ursprüngliche Impedanz so transformieren, dass ihr Imaginärteil verschwindet. Wie groß ist der dann Realteil.
- An die Leitung, die in Punkt (d) ermittelt wurde, wird nun eine  $\lambda/4$ -Leitung in Serie geschaltet, wie in Bild (c) angedeutet. Berechnen Sie die Impedanz dieser Leitung, um das Ergebnis aus (d) an die Quelle ( $Z = 50\Omega$ ) anzupassen. Hinweis: Dieses muss nicht im Smith-Diagramm erfolgen, und wenn Sie mit (d) Schwierigkeiten hatten, nehmen Sie einen Realteil von  $12,5\Omega$  an!

# Smith Chart

