

### Aufgabe 1: Streuparameter (13 Punkte)

Zwei Leitungen mit einem Leitungswiderstand  $Z_l$  seien mit einem Netzwerk mit einem konzentrierten Element verbunden (Abb. 1).

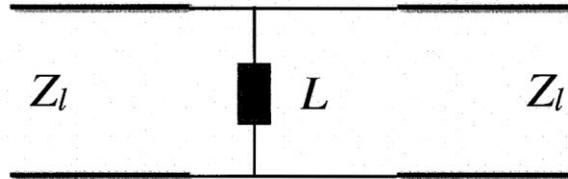


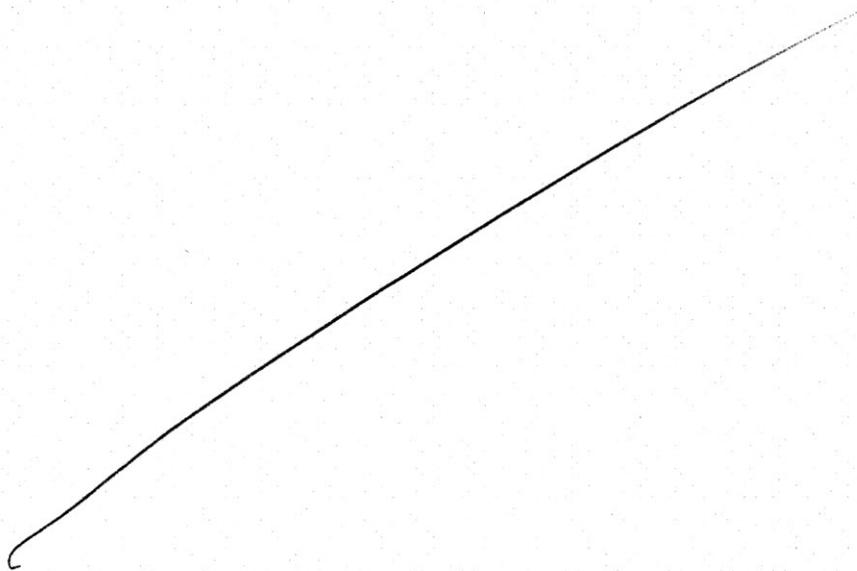
Abb. 1: Netzwerk aus konzentrierten Elementen

1. Berechnen Sie alle Streuparameter  $\underline{S}_{ij}$  des angegebenen Zweitors bezogen auf den Leitungswiderstand  $Z_l$  der Zuleitungen in Abhängigkeit von der Kreisfrequenz  $\omega$ . Bringen Sie das Ergebnis in die Form:

$$\underline{S}_{ij} = \frac{a_{ij} + j b_{ij}}{c_{ij} + j d_{ij}} \quad \text{mit } a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij} \text{ reell.}$$

(7 Punkte)

2. Zeichnen Sie  $\underline{S}_{11}$  und  $\underline{S}_{21}$  in der komplexen S-Ebene als Funktion der Frequenz  $f$ . (4 Punkte)
3. Erklären Sie das Verhalten von  $\underline{S}_{11}$  und  $\underline{S}_{21}$  für die Grenzfälle  $\omega \rightarrow \infty$  und  $\omega \rightarrow 0$  physikalische anhand der gegebenen Schaltung. (2 Punkte)



### Aufgabe 2: Impulse auf Leitungen (11 Punkte)

Gegeben ist ein Leitungsanordnung (verlustlos, dispersionsfrei, luftgefüllt) wie in Abbildung 2 dargestellt.

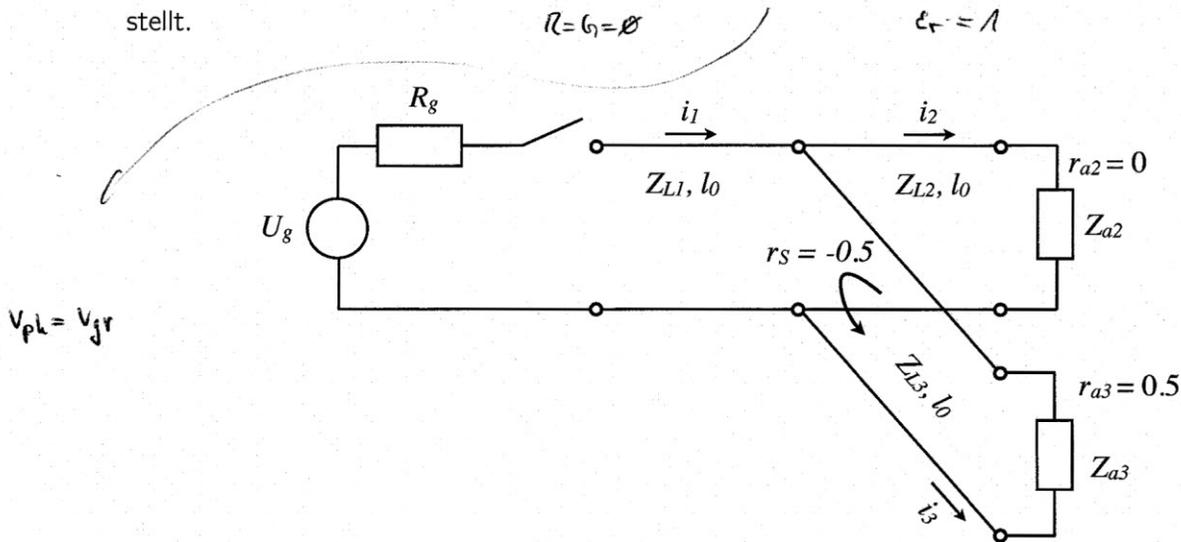


Abb. 2: Leitungsanordnung

Es gelte  $R_g = Z_{L1} = Z_{L2}/2 = 50\Omega$ . Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$  wird der Schalter geschlossen und zum Zeitpunkt  $t_1 = 4\tau$  wieder geöffnet (mit  $\tau = 4$  ns).

1. Wie muss die Länge  $l_0$  der Leitung 1 gewählt werden, damit die steigende Spannungsflanke des entstehenden Impulses zum Zeitpunkt  $t_1$  genau die Verzweigung der Leitung erreicht? (Verwenden Sie diese Länge  $l_0$  in den folgenden Aufgaben für alle Leitungsstücke.) (1 Punkt)
2. Wie muss  $Z_{L3}$  gewählt werden, damit ein von der Leitung 3 auf die Verzweigung treffender Impuls ein Reflektionsfaktor von  $r_s = -\frac{1}{2}$  sieht. (2 Punkte)
3. Wie muss der Abschlusswiderstand  $Z_{a2}$  gewählt werden, damit keine Reflektion am Ende der Leitung 2 auftritt ( $r_{a2} = 0$ ). (1 Punkt)
4. Wie muss der Abschlusswiderstand  $Z_{a3}$  gewählt werden, um einen Reflektionsfaktor am Ende der Leitung 3 von  $r_{a3} = \frac{1}{2}$  zu erhalten. (2 Punkte)
5. Berechnen Sie die Strom- und Spannungsamplitude am Anfang der Leitung 1 für den Zeitraum  $0 < t < t_1 = 4\tau$ . (1 Punkt)
6. Skizzieren Sie für die oben bestimmten Werte den Verlauf der Spannung und des Stromes in Abhängigkeit des Ortes für drei verschiedene Zeitpunkte:  $t_2 = 6\tau$ ,  $t_3 = 10\tau$ ,  $t_3 = 14\tau$ . (4 Punkte)

**Aufgabe 3: Satellitenkommunikation (10 Punkte)**

Bei dem Iridium-Satellitenkommunikationssystem wird für eine weltweite Erreichbarkeit eine direkte Funkverbindung zwischen einem Mobiltelefon und einem Satelliten hergestellt. Die Iridiumsatelliten bewegen sich in einer Umlaufbahn von  $r = 780$  km Höhe um die Erde und nutzen eine Übertragungsfrequenz von  $f_0 = 1620$  MHz. Die Iridium-Satelliten verwenden eine *Phased Array* Antenne mit den Maßen  $1,86 \text{ m} \times 0,88 \text{ m}$  und einem Antennengewinn von  $G_2 = 20$  dB. Die maximale Sendeleistung der Mobiltelefone liegt bei  $P_{s,1} = 0,5 \text{ W}$ .

1. Bestimmen Sie die maximale Empfangsleistung des Satelliten  $P_{e,2}$  in dBm, wenn das Mobiltelefon eine Patchantenne mit einem Gewinn von  $G_1 = 10$  dB verwendet. Welche Annahmen über das System der Sende- und Empfangsantenne sind für Bearbeitung der Aufgabe gemacht worden. (3 Punkte)
2. Das Mobiltelefon soll jetzt eine kurze lineare Antenne (Hertzscher Dipol) verwenden. Wie muss die Sendeleistung des Mobiltelefons geändert werden, damit die Empfangsleistung des Satelliten gleich bleibt. (2 Punkte)
3. Welchen Durchmesser würde eine Parabolantenne mit konstanter Belegung am Satelliten aufweisen, damit der selbe Antennengewinn wie mit der Phased Array Antenne realisiert werden kann. (2 Punkte)
4. Das Thuraya-Satellitenkommunikationssystem arbeitet mit Satelliten auf einer geosynchronen Umlaufbahn in einer Höhe von etwa 36.000 km. Welchen Durchmesser müssen Parabolantennen mit konstanter Belegung des Thuraya-Satelliten aufweisen, damit die selbe Empfangsleistung wie bei den Iridiumsatelliten erzielt werden kann ( $f_0 = 1620$  MHz,  $P_{s,1} = 0,5$ ,  $G_1 = 10$  dB). (3 Punkte)

### Aufgabe 4: Smith-Diagramm (9 Punkte)

Ein mit Luft gefülltes Koaxialkabel mit dem Wellenwiderstand  $Z_L = 60\Omega$  ist 30 cm lang und am Ende reflexionsfrei abgeschlossen. In der Mitte des Kabels befindet sich eine 2 cm breite, verlustfreie Isolierstütze mit  $\epsilon = 2,4$ .

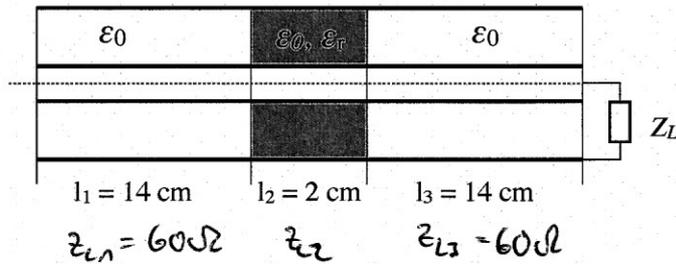


Abb. 3: Koaxialkabel mit Isolierstütze

- Bestimmen Sie den Wellenwiderstand der Isolierstütze  $Z_{L2}$ . (1 Punkt)
- Berechnen Sie die Eingangsimpedanz des Kabels bei  $f = 250$  MHz unter Verwendung des Smith-Diagramms. Alle Schritte im Smith-Diagramm müssen dokumentiert werden! (8 Punkte)

$$\frac{m}{s} = \frac{1}{s} \cdot m \Rightarrow \lambda = c/f = 1,199m$$

2) Die Anpassung von  $Z_L$  auf  $Z_{L3}$  ändert nichts an der Lage '1' im Smith-Diagramm. Schließlich muss  $Z_L$  auf  $Z_{L2}$  angepasst werden:

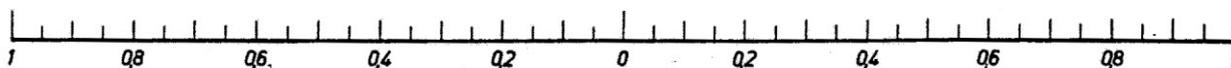
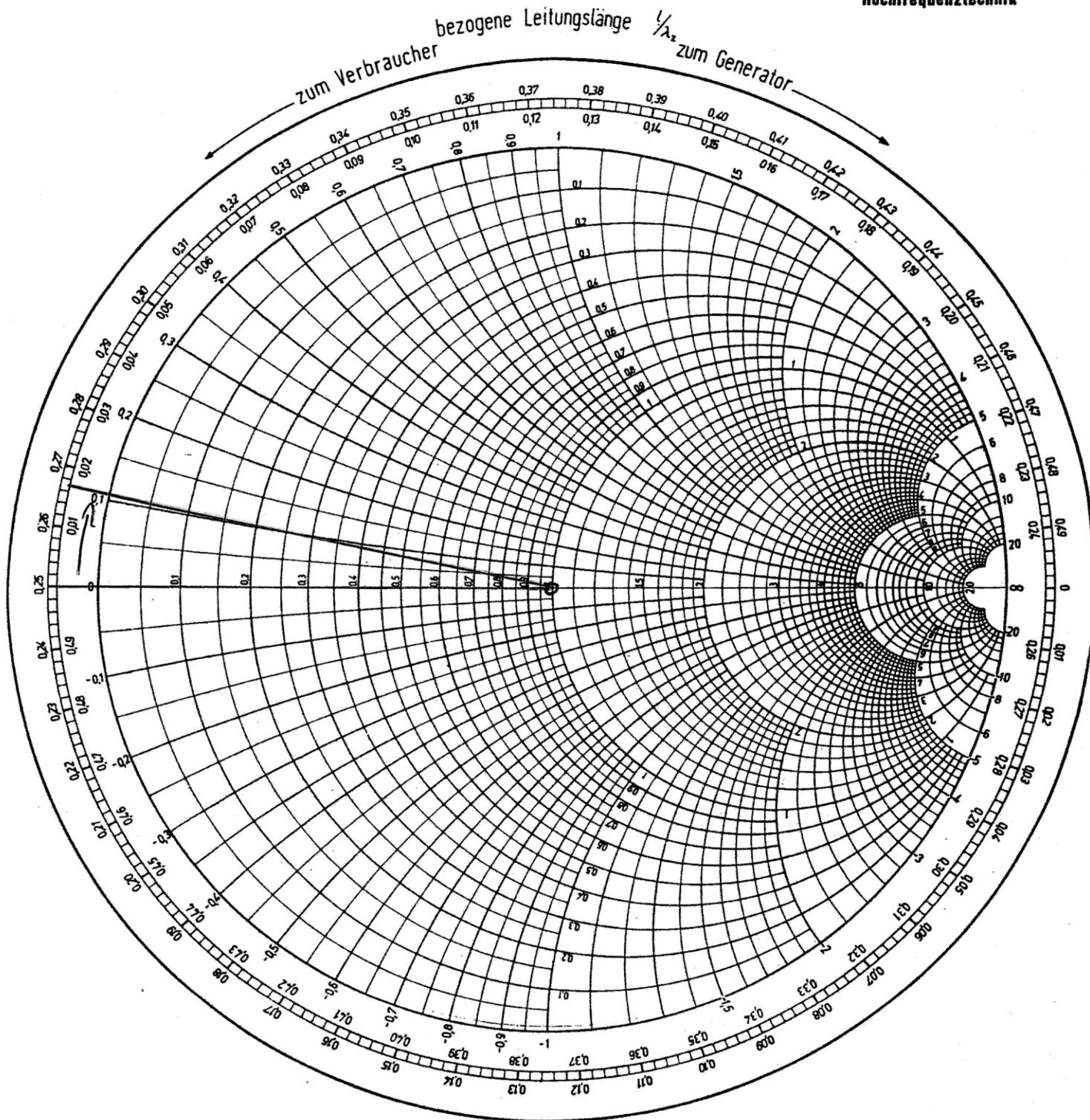
$$Z_{L2} =$$

Dieses dann normierte  $\underline{z}$  wird um  $\frac{l_2}{L} = \frac{2cm}{1,199m} = 0,0166$  zum Generator gedreht.

1

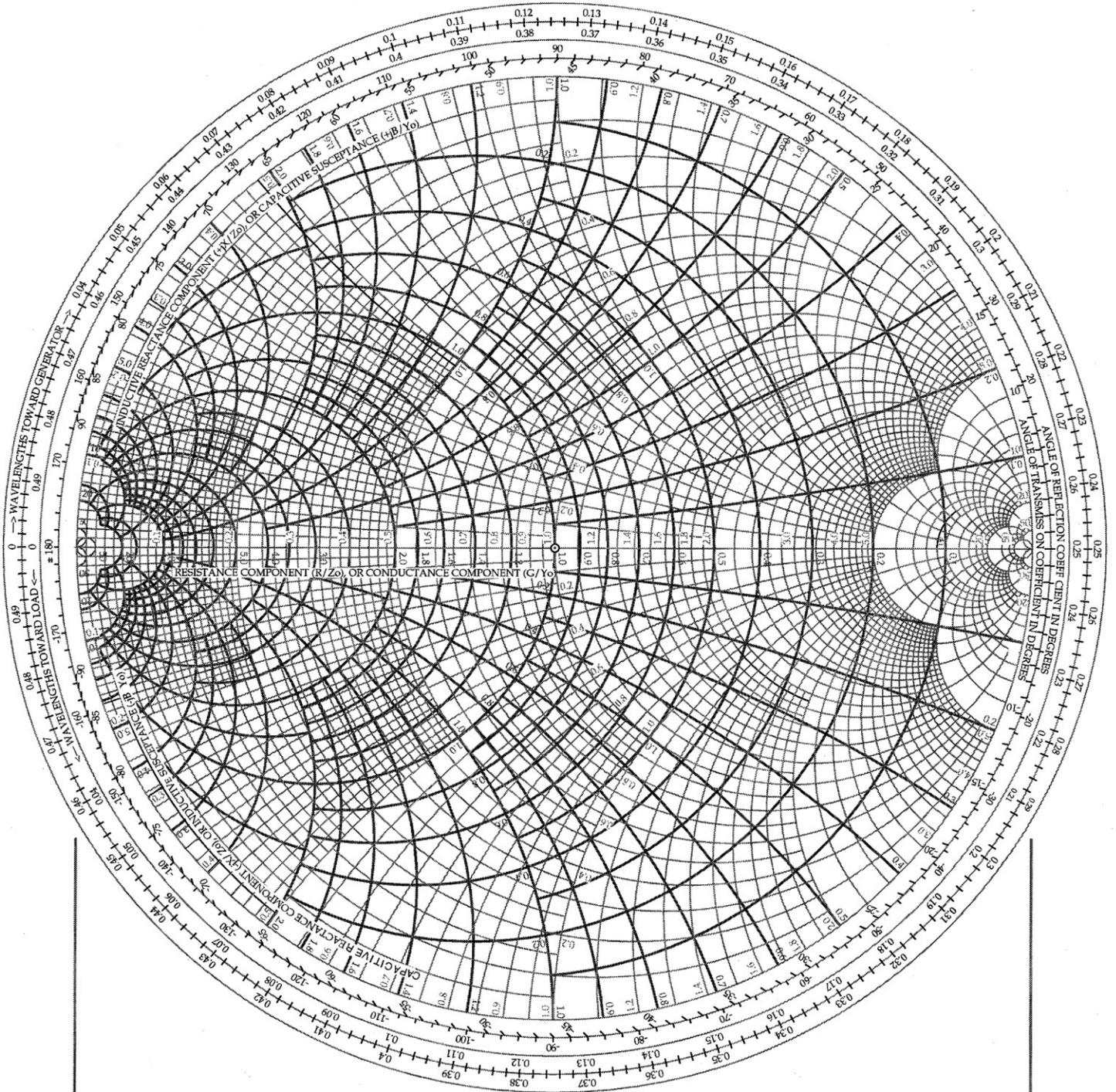
# Smith-Diagramm

T U Berlin  
Institut für  
Hochfrequenztechnik



Reflexionsfaktor  $|\Gamma|$

# NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



## RADIALLY SCALED PARAMETERS

