



4. Übung zur Hochfrequenztechnik I Smith-Diagramm, Teil 3 Anpassung mit Stichleitungen

Galina Georgieva

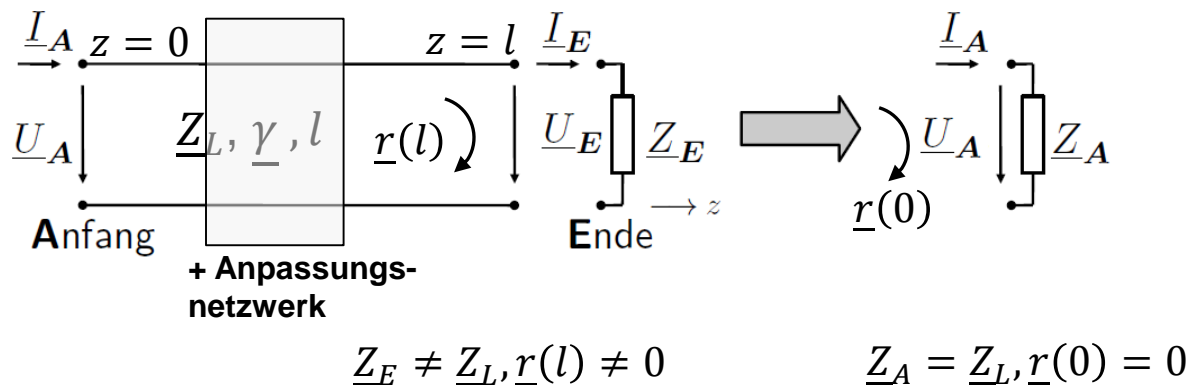
WiSe 2020/2021

Anpassung mit Smith-Diagramm:

- 1) Welche Möglichkeiten für Anpassung haben wir?
- 2) Vorgehensweise bei Anpassung mit Stichleitungen.

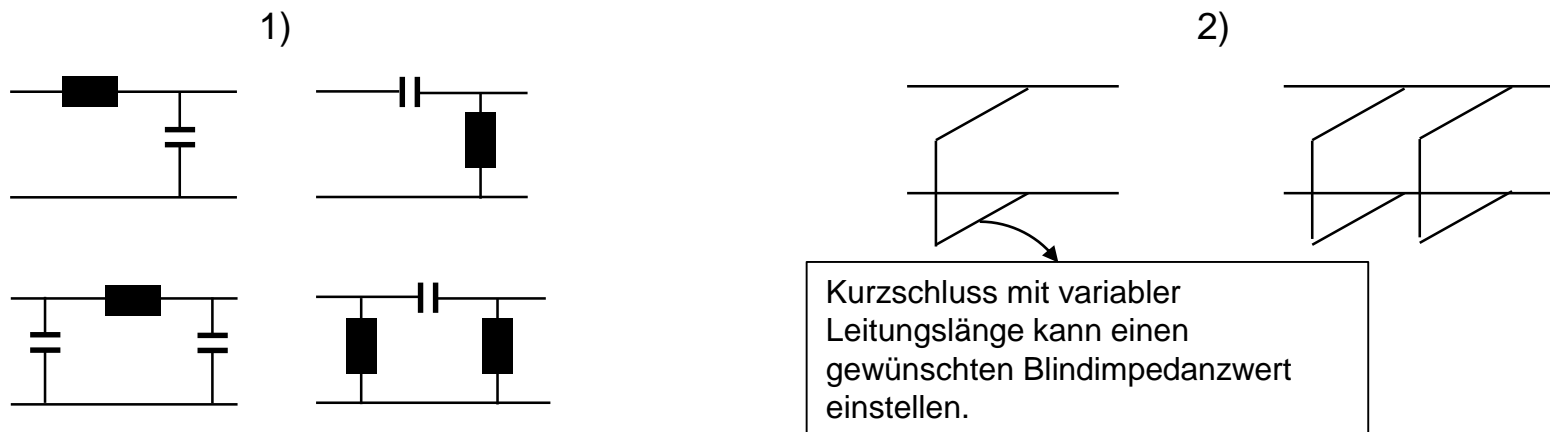
Rückblick - Anpassung

- Reflexion und rücklaufende Welle in einem Netzwerk sind nicht erwünscht.
- Oft aber können wir den Verbraucher nicht so wählen, dass Anpassung vorliegt.
- Die Impedanz am Leitungsende ist damit $\underline{Z}_E \neq \underline{Z}_L$, der Reflexionsfaktor ist $\underline{r}(l) \neq 0$.
- Ausweg: das Hinzufügen von einem Anpassungsnetzwerk sorgt für die Transformation von \underline{Z}_E in eine Impedanz \underline{Z}_A , so dass $\underline{Z}_A = \underline{Z}_L, \underline{r}(0) = 0$



Rückblick - Realisierung von Anpassungsnetzwerken

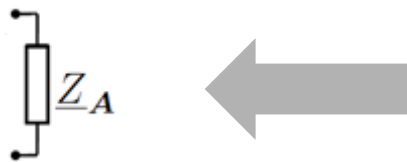
- Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten:
 - 1) Anpassung mit konzentrierten Elementen → L, C -Schaltungen.
 - 2) Anpassung mit Stichleitungen (offen oder kurzgeschlossen) – denn Kurzschluss und Leerlauf lassen sich in beliebige Blindwiderstände transformieren.
- Die genaue Realisierung hängt von praktischen Aspekten ab, wie z.B. die gewünschte Bandbreite, der vorgegebene Frequenzband, die Notwendigkeit für Gleichstromblockierung etc.
- Beispielanordnungen



Anpassung mit konzentrierten Elementen

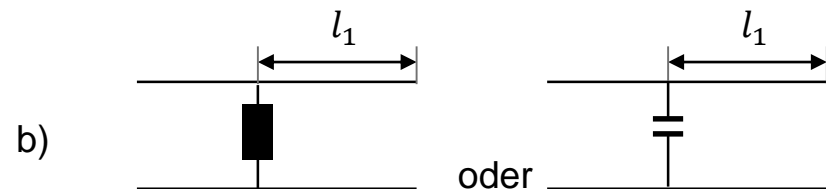
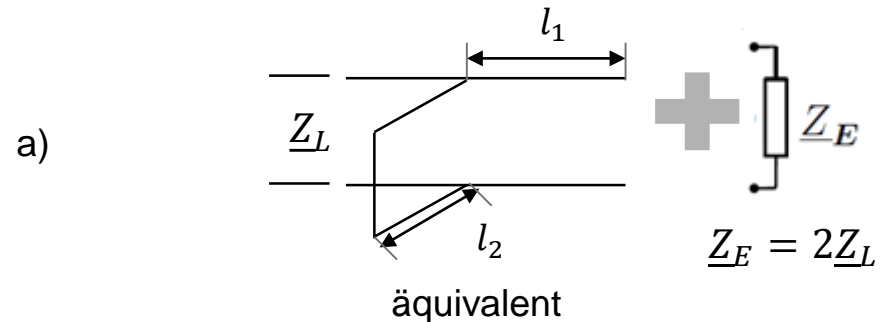
Beispiel: Am Leitungsende wird die Impedanz $\underline{Z}_E = 2\underline{Z}_L$ angeschlossen.

- Eine Anpassung soll realisiert werden, indem eine kurzgeschlossene Leitung der Länge l_2 im Abstand l_1 von \underline{Z}_E angeschlossen wird.
- Welches Bauelement ließe sich alternativ an der Stelle der kurzgeschlossene Leitung verwenden?



$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_L, \underline{Z}_A = 1, \underline{r}(0) = 0$$

Transformation zum Mittelpunkt
des Smith-Diagramms



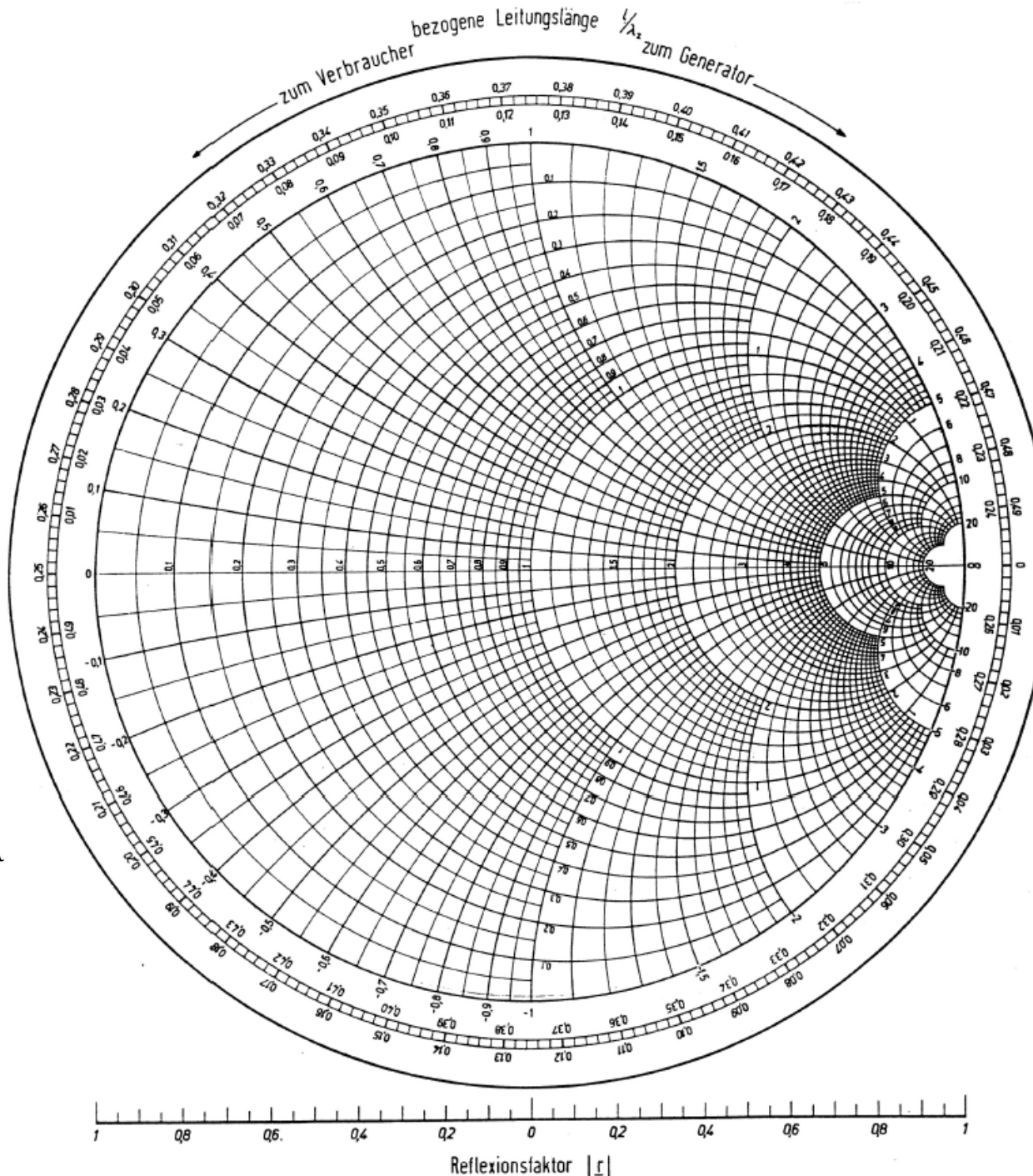
1) Normierung $\underline{z}_E = \frac{Z_E}{Z_L} = 2$

- Wegen der Parallelschaltung mit der kurzgeschlossenen Leitung, arbeiten wir mit Admittanzen. Wir betrachten $\underline{y}_E = 0,5$.
- Ziel ist, dass die Admittanz \underline{y}_E in eine Admittanz mit $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ transformiert wird. D.h. \underline{y}_E muss den Kreis $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ (in Grün) erreichen.
- Die Leitung l_1 sorgt für eine Phasendrehung des zur \underline{y}_E zugehörigen Reflexionsfaktors und behält seinen Betrag unverändert.

2) Messen des Betrags $|\underline{r}(l)|$, Eintragen des Punktes mit demselben Radius auf dem Zielkreis. (Alternativ den kompletten Kreis $|\underline{r}| = |\underline{r}(l)|$, zeichnen und den nächsten Schnittpunkt mit dem Zielkreis betrachten.)

3) Eine Leitung der Länge $l_1 = 0,151\lambda$ kann die gewünschte Transformation realisieren (gemessen mit der unteren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,151, l_1 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Anm.: Die Drehung erfolgt zum Generator.



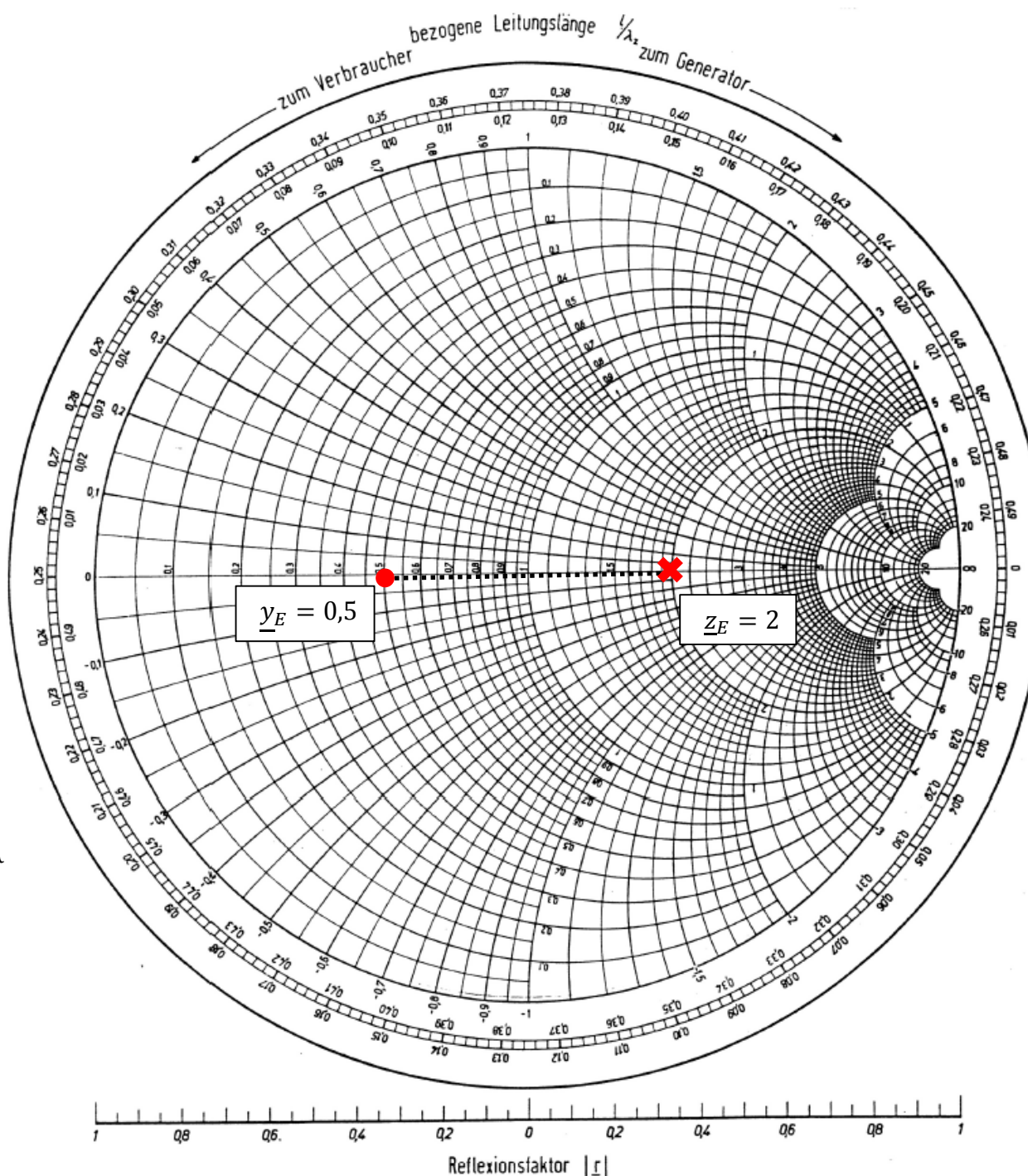
1) Normierung $\underline{z}_E = \frac{Z_E}{Z_L} = 2$

- Wegen der Parallelschaltung mit der kurzgeschlossenen Leitung, arbeiten wir mit Admittanzen. Wir betrachten $\underline{y}_E = 0,5$.
- Ziel ist, dass die Admittanz \underline{y}_E in eine Admittanz mit $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ transformiert wird. D.h. \underline{y}_E muss den Kreis $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ (in Grün) erreichen.
- Die Leitung l_1 sorgt für eine Phasendrehung des zur \underline{y}_E zugehörigen Reflexionsfaktors und behält seinen Betrag unverändert.

- 2) Messen des Betrags $|\underline{r}(l)|$, Eintragen des Punktes mit demselben Radius auf dem Zielkreis. (Alternativ den kompletten Kreis $|\underline{r}| = |\underline{r}(l)|$, zeichnen und den nächsten Schnittpunkt mit dem Zielkreis betrachten.)

- 3) Eine Leitung der Länge $l_1 = 0,151\lambda$ kann die gewünschte Transformation realisieren (gemessen mit der unteren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,151, l_1 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Anm.: Die Drehung erfolgt zum Generator.



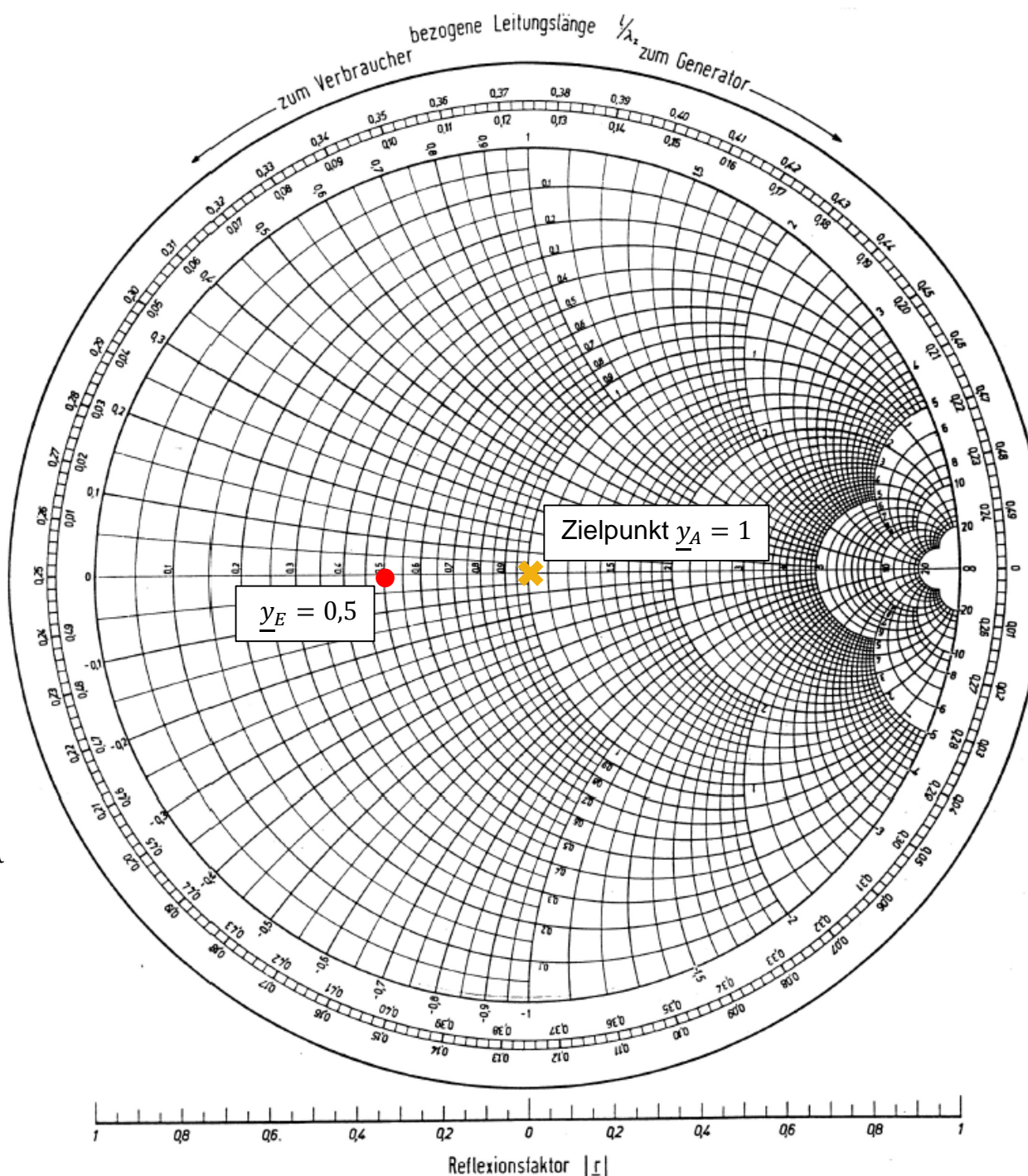
1) Normierung $\underline{z}_E = \frac{Z_E}{Z_L} = 2$

- Wegen der Parallelschaltung mit der kurzgeschlossenen Leitung, arbeiten wir mit Admittanzen. Wir betrachten $\underline{y}_E = 0,5$.
- Ziel ist, dass die Admittanz \underline{y}_E in eine Admittanz mit $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ transformiert wird. D.h. \underline{y}_E muss den Kreis $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ (in Grün) erreichen.
- Die Leitung l_1 sorgt für eine Phasendrehung des zur \underline{y}_E zugehörigen Reflexionsfaktors und behält seinen Betrag unverändert.

2) Messen des Betrags $|\underline{r}(l)|$, Eintragen des Punktes mit demselben Radius auf dem Zielkreis. (Alternativ den kompletten Kreis $|\underline{r}| = |\underline{r}(l)|$, zeichnen und den nächsten Schnittpunkt mit dem Zielkreis betrachten.)

3) Eine Leitung der Länge $l_1 = 0,151\lambda$ kann die gewünschte Transformation realisieren (gemessen mit der unteren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,151, l_1 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Anm.: Die Drehung erfolgt zum Generator.



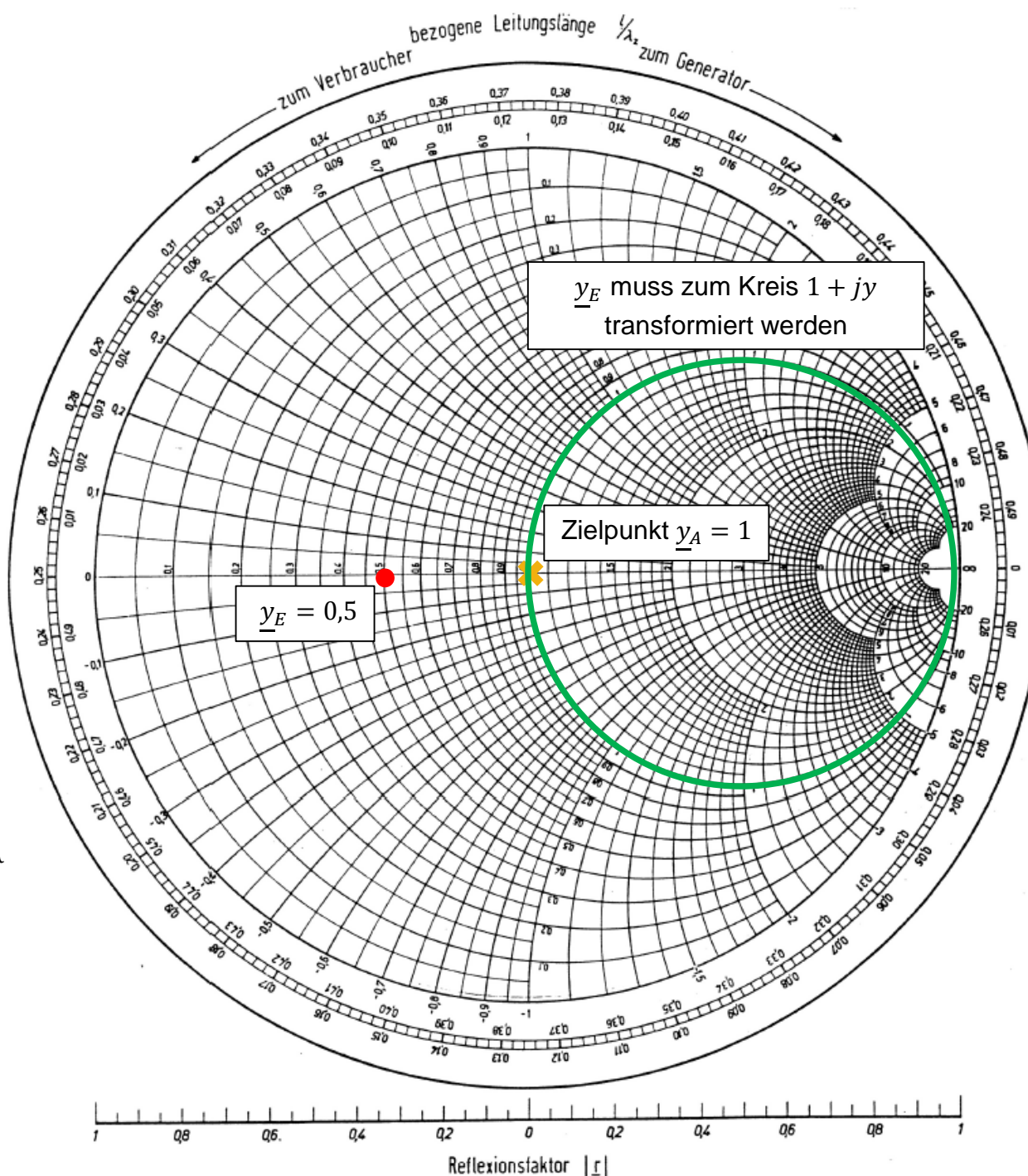
1) Normierung $\underline{z}_E = \frac{Z_E}{Z_L} = 2$

- Wegen der Parallelschaltung mit der kurzgeschlossenen Leitung, arbeiten wir mit Admittanzen. Wir betrachten $\underline{y}_E = 0,5$.
- Ziel ist, dass die Admittanz \underline{y}_E in eine Admittanz mit $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ transformiert wird. D.h. \underline{y}_E muss den Kreis $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ (in Grün) erreichen.
- Die Leitung l_1 sorgt für eine Phasendrehung des zur \underline{y}_E zugehörigen Reflexionsfaktors und behält seinen Betrag unverändert.

2) Messen des Betrags $|\underline{r}(l)|$, Eintragen des Punktes mit demselben Radius auf dem Zielkreis. (Alternativ den kompletten Kreis $|\underline{r}| = |\underline{r}(l)|$, zeichnen und den nächsten Schnittpunkt mit dem Zielkreis betrachten.)

3) Eine Leitung der Länge $l_1 = 0,151\lambda$ kann die gewünschte Transformation realisieren (gemessen mit der unteren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,151, l_1 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Anm.: Die Drehung erfolgt zum Generator.



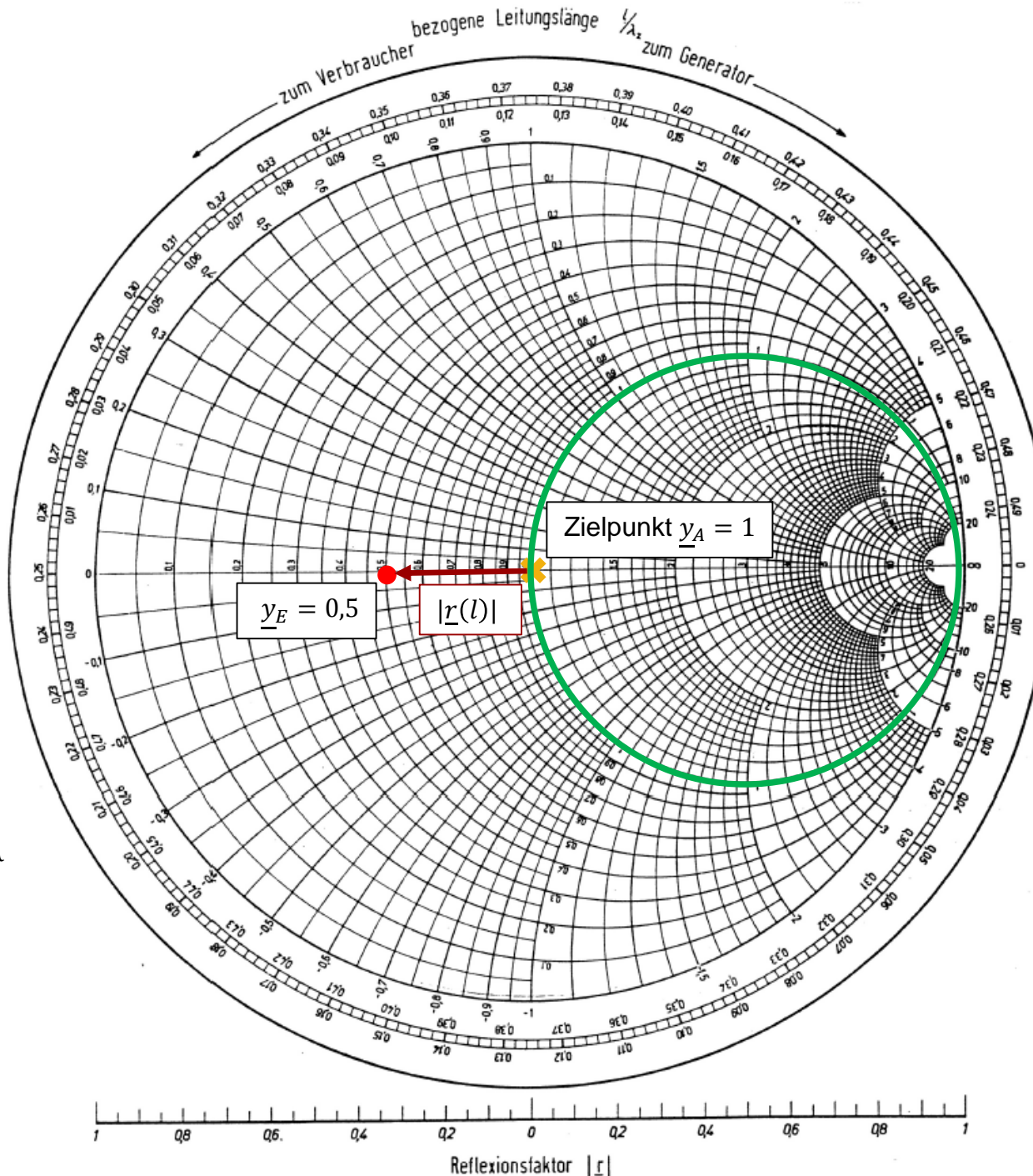
1) Normierung $\underline{z}_E = \frac{Z_E}{Z_L} = 2$

- Wegen der Parallelschaltung mit der kurzgeschlossenen Leitung, arbeiten wir mit Admittanzen. Wir betrachten $\underline{y}_E = 0,5$.
- Ziel ist, dass die Admittanz \underline{y}_E in eine Admittanz mit $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ transformiert wird. D.h. \underline{y}_E muss den Kreis $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ (in Grün) erreichen.
- Die Leitung l_1 sorgt für eine Phasendrehung des zur \underline{y}_E zugehörigen Reflexionsfaktors und behält seinen Betrag unverändert.

2) Messen des Betrags $|\underline{r}(l)|$, Eintragen des Punktes mit demselben Radius auf dem Zielkreis. (Alternativ den kompletten Kreis $|\underline{r}| = |\underline{r}(l)|$, zeichnen und den nächsten Schnittpunkt mit dem Zielkreis betrachten.)

3) Eine Leitung der Länge $l_1 = 0,151\lambda$ kann die gewünschte Transformation realisieren (gemessen mit der unteren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,151, l_1 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Anm.: Die Drehung erfolgt zum Generator.



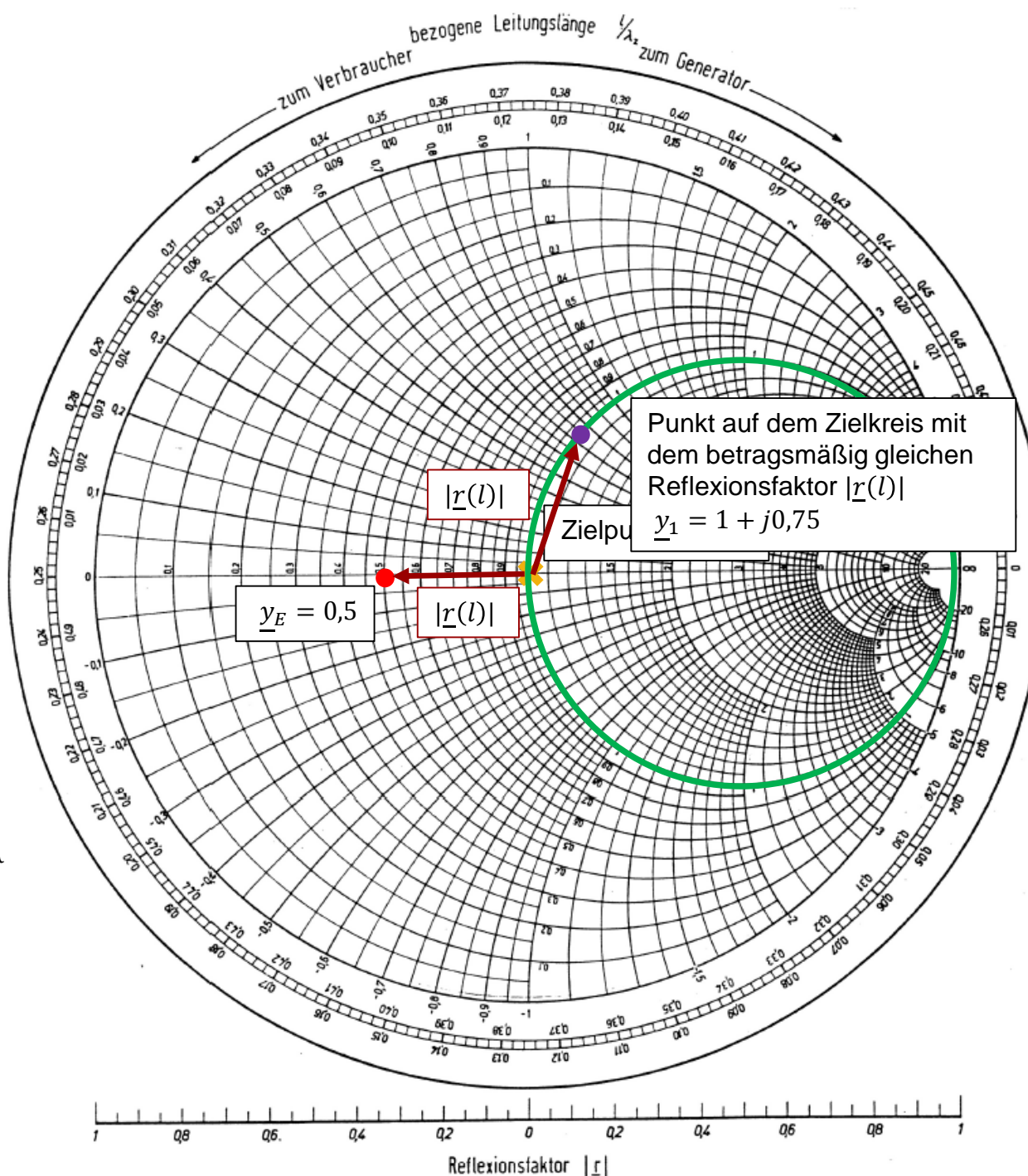
1) Normierung $\underline{z}_E = \frac{Z_E}{Z_L} = 2$

- Wegen der Parallelschaltung mit der kurzgeschlossenen Leitung, arbeiten wir mit Admittanzen. Wir betrachten $\underline{y}_E = 0,5$.
- Ziel ist, dass die Admittanz \underline{y}_E in eine Admittanz mit $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ transformiert wird. D.h. \underline{y}_E muss den Kreis $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ (in Grün) erreichen.
- Die Leitung l_1 sorgt für eine Phasendrehung des zur \underline{y}_E zugehörigen Reflexionsfaktors und behält seinen Betrag unverändert.

- 2) Messen des Betrags $|\underline{r}(l)|$, Eintragen des Punktes mit demselben Radius auf dem Zielkreis. (Alternativ den kompletten Kreis $|\underline{r}| = |\underline{r}(l)|$, zeichnen und den nächsten Schnittpunkt mit dem Zielkreis betrachten.)

- 3) Eine Leitung der Länge $l_1 = 0,151\lambda$ kann die gewünschte Transformation realisieren (gemessen mit der unteren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,151, l_1 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Anm.: Die Drehung erfolgt zum Generator.



1) Normierung $\underline{z}_E = \frac{Z_E}{Z_L} = 2$

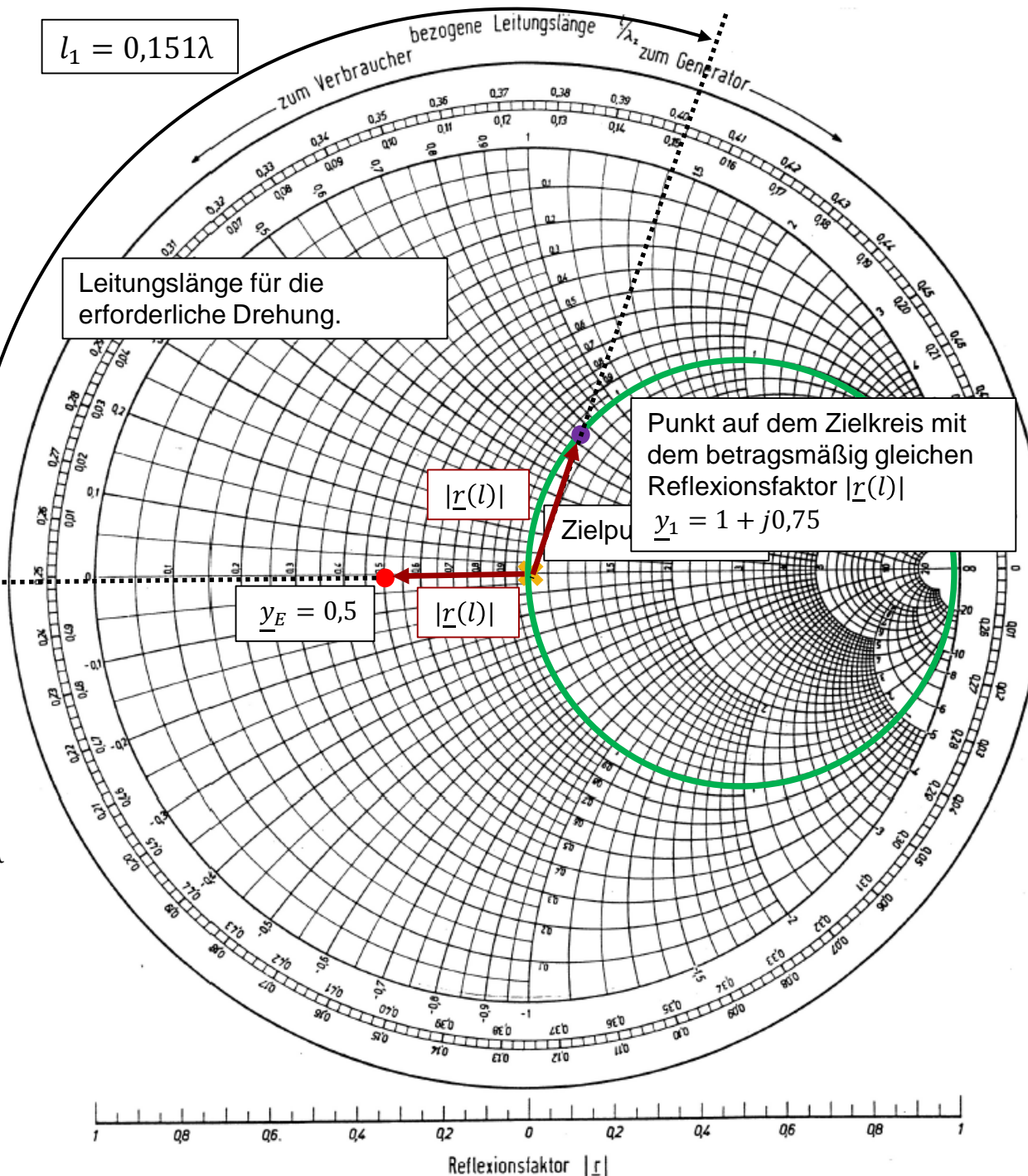
- Wegen der Parallelschaltung mit der kurzgeschlossenen Leitung, arbeiten wir mit Admittanzen. Wir betrachten $\underline{y}_E = 0,5$.
- Ziel ist, dass die Admittanz \underline{y}_E in eine Admittanz mit $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ transformiert wird. D.h. \underline{y}_E muss den Kreis $\text{Re}\{\underline{y}\} = 1$ (in Grün) erreichen.
- Die Leitung l_1 sorgt für eine Phasendrehung des zur \underline{y}_E zugehörigen Reflexionsfaktors und behält seinen Betrag unverändert.

$l_1 = 0,151\lambda$

- 2) Messen des Betrags $|\underline{r}(l)|$, Eintragen des Punktes mit demselben Radius auf dem Zielkreis. (Alternativ den kompletten Kreis $|\underline{r}| = |\underline{r}(l)|$, zeichnen und den nächsten Schnittpunkt mit dem Zielkreis betrachten.)

- 3) Eine Leitung der Länge $l_1 = 0,151\lambda$ kann die gewünschte Transformation realisieren (gemessen mit der unteren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,151, l_1 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Anm.: Die Drehung erfolgt zum Generator.



- Der erreichte Punkt hat einen Blindleitwert, der noch zu kompensieren ist (wir müssen einen betragsmäßig gleichen Blindleitwert, aber mit negativem Vorzeichen einstellen).
- Neben mit Bauelementen (Teil b)) kann das mit einer kurzgeschlossenen Leitung realisiert werden.
- Die Wahl passender Länge l_2 transformiert den Kurzschluss zum gewünschten Blindleitwert.

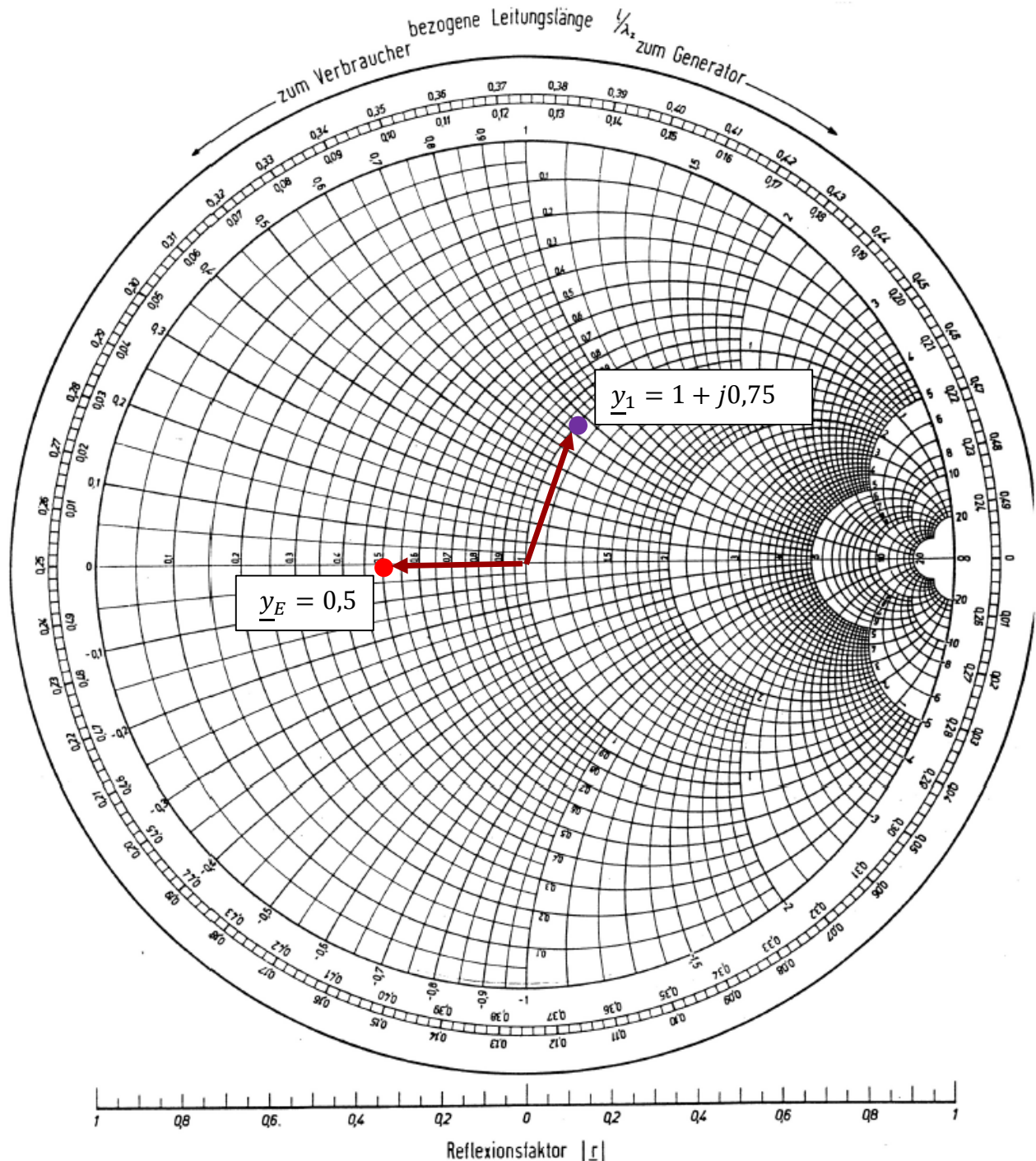
4) Der Punkt ist $\underline{y}_1 = 1 + j0,75$. Zu kompensieren ist $jy = j0,75$. Der Kurzschluss muss zum Punkt $\underline{y}_{comp} = -j0,75$ transformiert werden.

5) Eine Drehung zum Generator von \underline{y}_{KS} zum $jy = j0,75$ erfolgt mit einer Leitungslänge $l_2 = 0,148\lambda$ (gemessen mit der äußeren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,148, l_2 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Zu Teil b): Alternativ zur kurzgeschlossenen Leitung kann man gleich ein Bauelement mit der Kompensationsadmittanz anschließen. Da diese hier negativ ist, handelt es sich um eine Induktivität L .

Mit der Kreisfrequenz ω gilt:

$$\underline{y}_{comp} = \frac{-j}{\omega L} Z_L$$



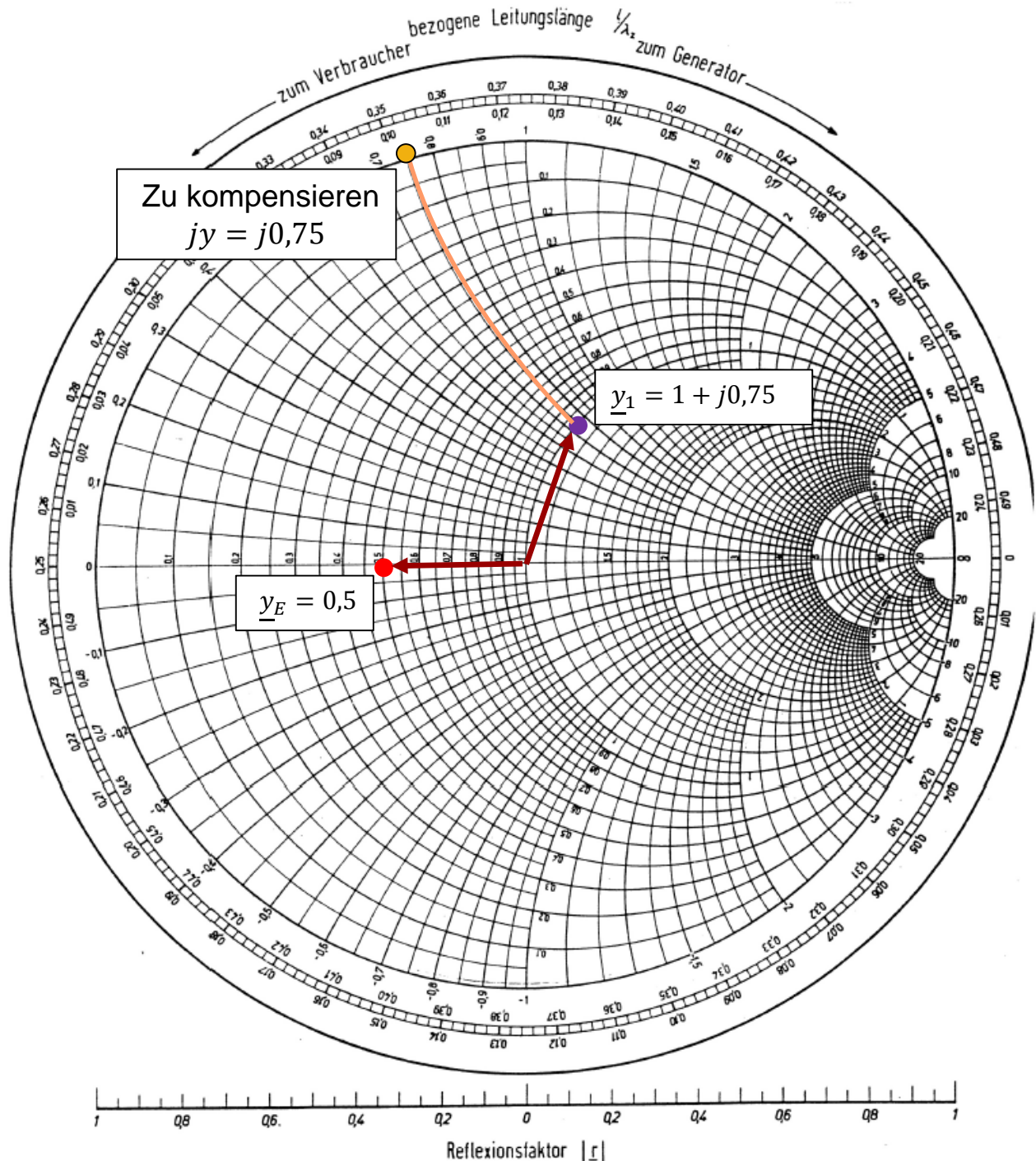
- Der erreichte Punkt hat einen Blindleitwert, der noch zu kompensieren ist (wir müssen einen betragsmäßig gleichen Blindleitwert, aber mit negativem Vorzeichen einstellen).
- Neben mit Bauelementen (Teil b)) kann das mit einer kurzgeschlossenen Leitung realisiert werden.
- Die Wahl passender Länge l_2 transformiert den Kurzschluss zum gewünschten Blindleitwert.

4) Der Punkt ist $\underline{y}_1 = 1 + j0,75$. Zu kompensieren ist $jy = j0,75$. Der Kurzschluss muss zum Punkt $\underline{y}_{comp} = -j0,75$ transformiert werden.

5) Eine Drehung zum Generator von \underline{y}_{KS} zum $jy = j0,75$ erfolgt mit einer Leitungslänge $l_2 = 0,148\lambda$ (gemessen mit der äußeren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,148, l_2 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Zu Teil b): Alternativ zur kurzgeschlossenen Leitung kann man gleich ein Bauelement mit der Kompensationsadmittanz anschließen. Da diese hier negativ ist, handelt es sich um eine Induktivität L . Mit der Kreisfrequenz ω gilt:

$$\underline{y}_{comp} = \frac{-j}{\omega L} Z_L$$



- Der erreichte Punkt hat einen Blindleitwert, der noch zu kompensieren ist (wir müssen einen betragsmäßig gleichen Blindleitwert, aber mit negativem Vorzeichen einstellen).
- Neben mit Bauelementen (Teil b)) kann das mit einer kurzgeschlossenen Leitung realisiert werden.
- Die Wahl passender Länge l_2 transformiert den Kurzschluss zum gewünschten Blindleitwert.

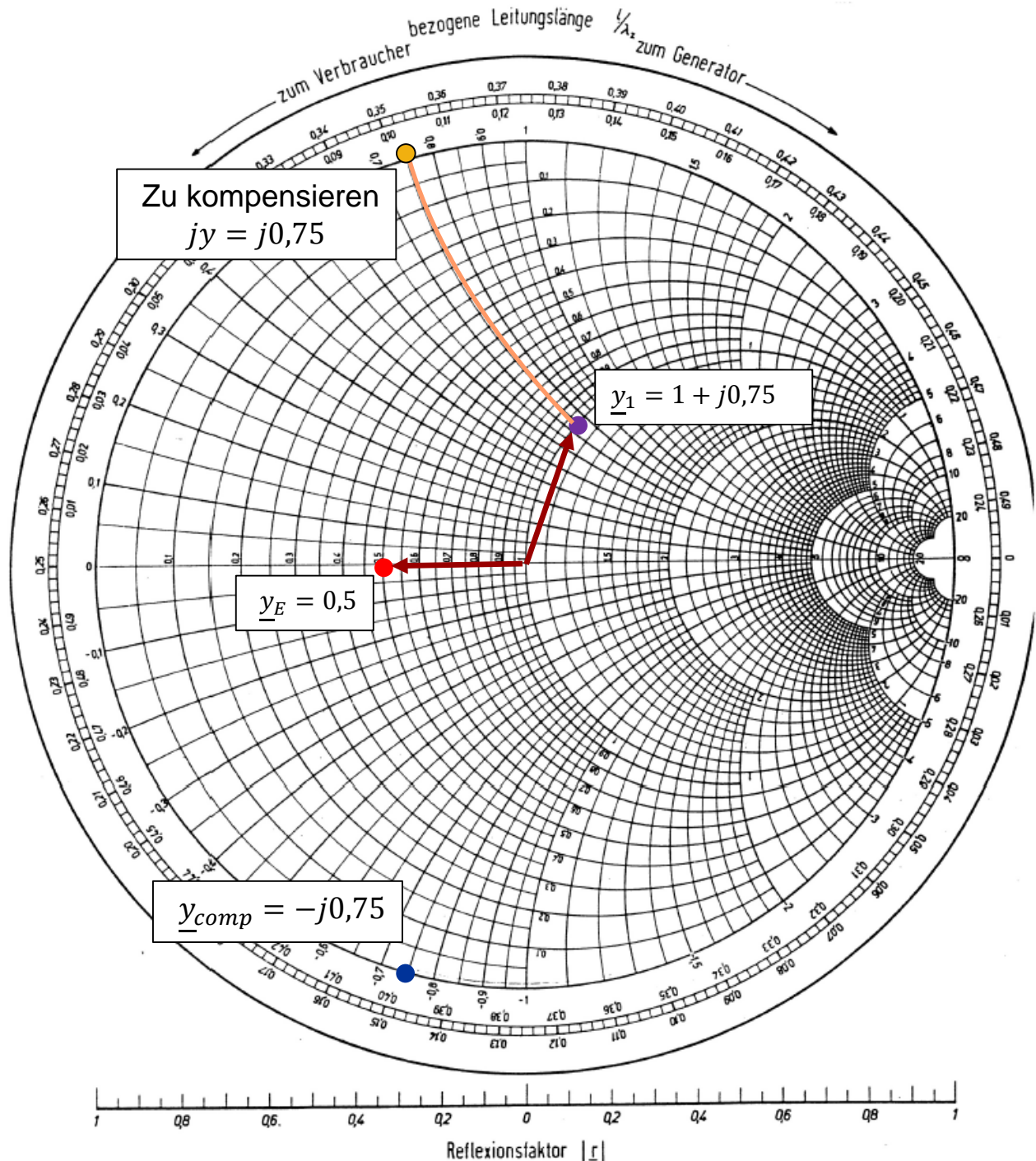
4) Der Punkt ist $\underline{y}_1 = 1 + j0,75$. Zu kompensieren ist $jy = j0,75$. Der Kurzschluss muss zum Punkt $\underline{y}_{comp} = -j0,75$ transformiert werden.

5) Eine Drehung zum Generator von \underline{y}_{KS} zum $jy = j0,75$ erfolgt mit einer Leitungslänge $l_2 = 0,148\lambda$ (gemessen mit der äußeren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,148, l_2 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Zu Teil b): Alternativ zur kurzgeschlossenen Leitung kann man gleich ein Bauelement mit der Kompensationsadmittanz anschließen. Da diese hier negativ ist, handelt es sich um eine Induktivität L .

Mit der Kreisfrequenz ω gilt:

$$\underline{y}_{comp} = \frac{-j}{\omega L} Z_L$$



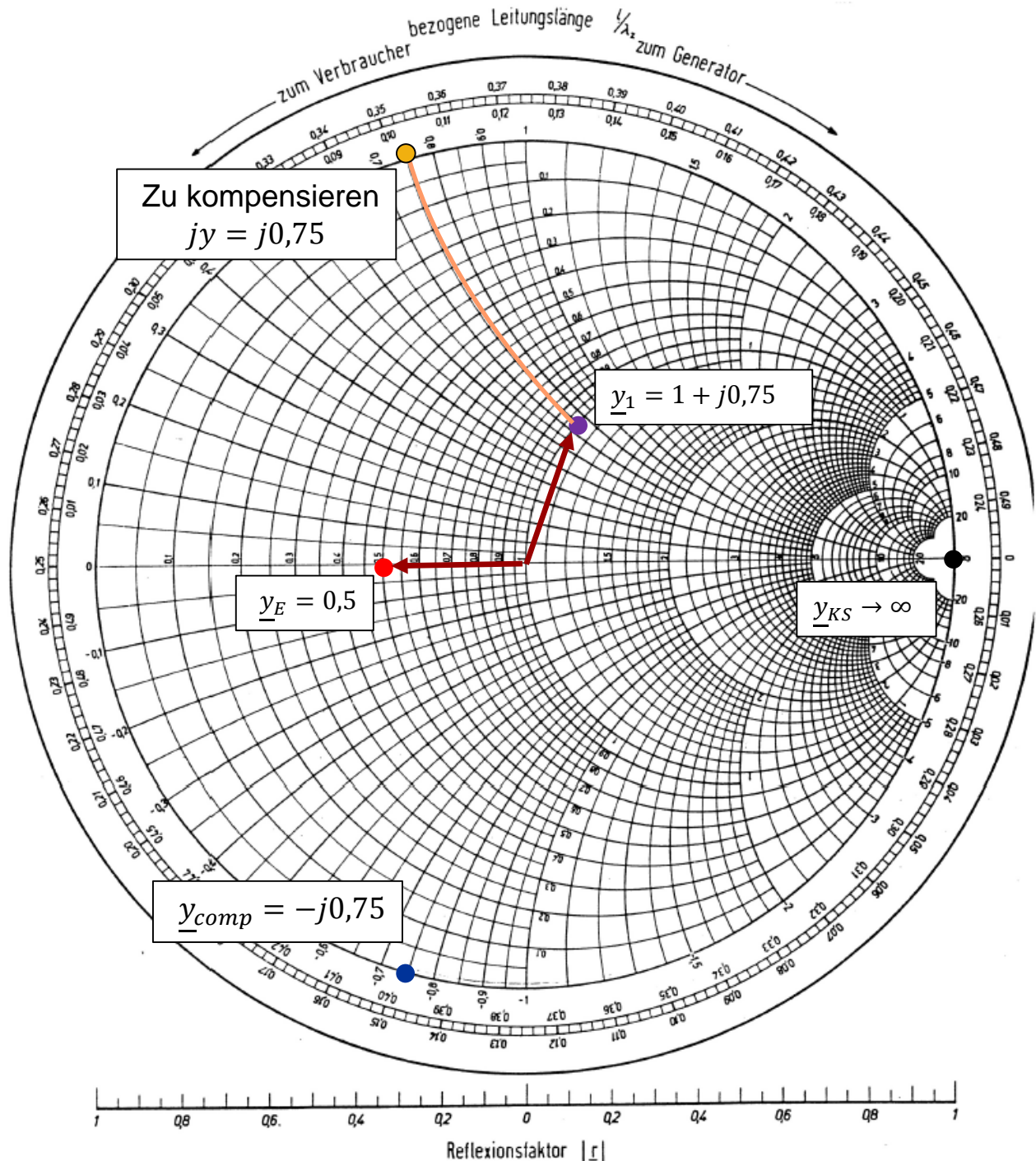
- Der erreichte Punkt hat einen Blindleitwert, der noch zu kompensieren ist (wir müssen einen betragsmäßig gleichen Blindleitwert, aber mit negativem Vorzeichen einstellen).
- Neben mit Bauelementen (Teil b)) kann das mit einer kurzgeschlossenen Leitung realisiert werden.
- Die Wahl passender Länge l_2 transformiert den Kurzschluss zum gewünschten Blindleitwert.

4) Der Punkt ist $\underline{y}_1 = 1 + j0,75$. Zu kompensieren ist $jy = j0,75$. Der Kurzschluss muss zum Punkt $\underline{y}_{comp} = -j0,75$ transformiert werden.

5) Eine Drehung zum Generator von \underline{y}_{KS} zum $jy = j0,75$ erfolgt mit einer Leitungslänge $l_2 = 0,148\lambda$ (gemessen mit der äußeren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,148, l_2 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Zu Teil b): Alternativ zur kurzgeschlossenen Leitung kann man gleich ein Bauelement mit der Kompensationsadmittanz anschließen. Da diese hier negativ ist, handelt es sich um eine Induktivität L . Mit der Kreisfrequenz ω gilt:

$$\underline{y}_{comp} = \frac{-j}{\omega L} Z_L$$



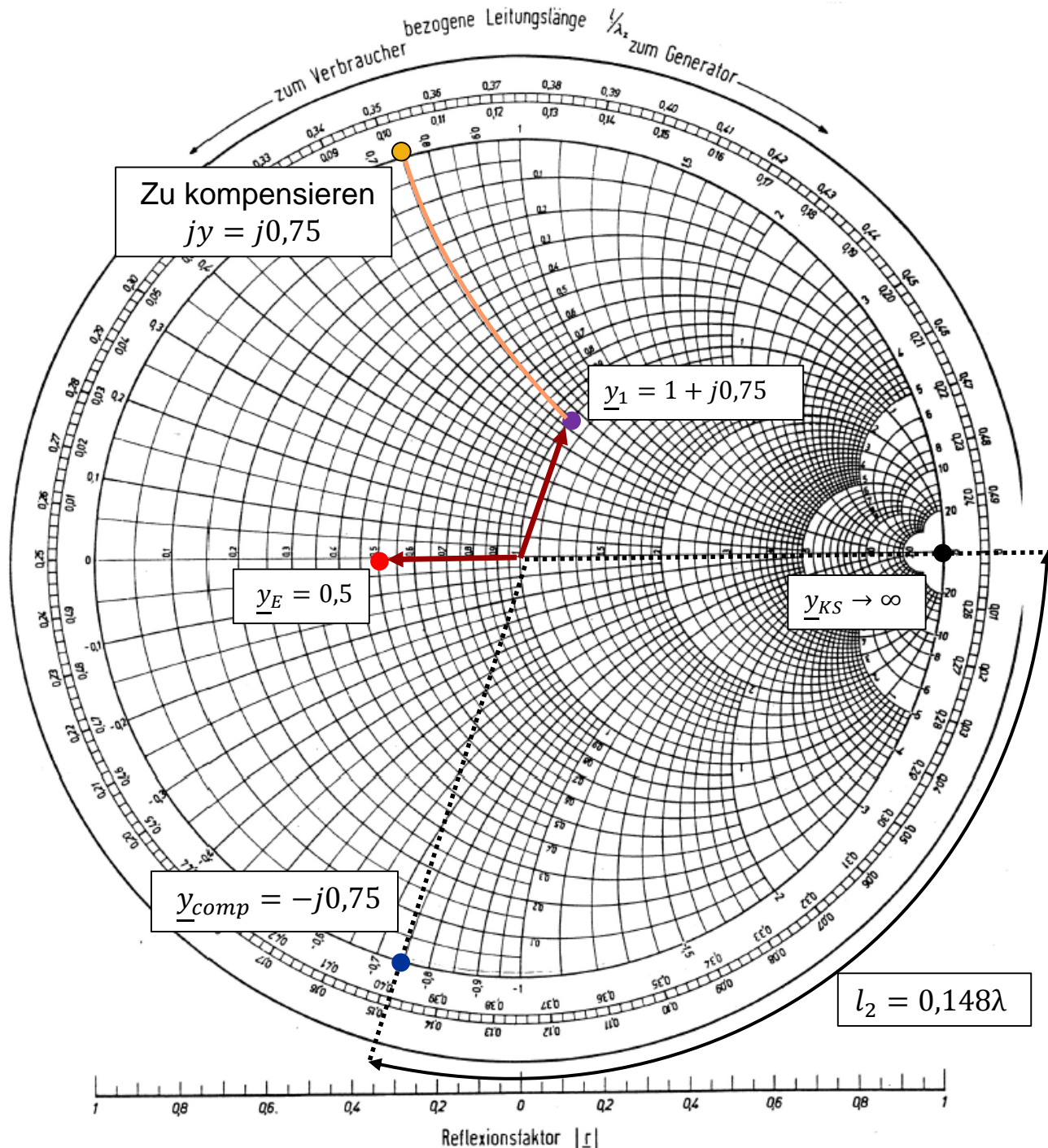
- Der erreichte Punkt hat einen Blindleitwert, der noch zu kompensieren ist (wir müssen einen betragsmäßig gleichen Blindleitwert, aber mit negativem Vorzeichen einstellen).
- Neben mit Bauelementen (Teil b)) kann das mit einer kurzgeschlossenen Leitung realisiert werden.
- Die Wahl passender Länge l_2 transformiert den Kurzschluss zum gewünschten Blindleitwert.

4) Der Punkt ist $\underline{y}_1 = 1 + j0,75$. Zu kompensieren ist $jy = j0,75$. Der Kurzschluss muss zum Punkt $\underline{y}_{comp} = -j0,75$ transformiert werden.

5) Eine Drehung zum Generator von \underline{y}_{KS} zum $jy = j0,75$ erfolgt mit einer Leitungslänge $l_2 = 0,148\lambda$ (gemessen mit der äußeren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,148, l_2 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Zu Teil b): Alternativ zur kurzgeschlossenen Leitung kann man gleich ein Bauelement mit der Kompensationsadmittanz anschließen. Da diese hier negativ ist, handelt es sich um eine Induktivität L . Mit der Kreisfrequenz ω gilt:

$$\underline{y}_{comp} = \frac{-j}{\omega L} Z_L$$



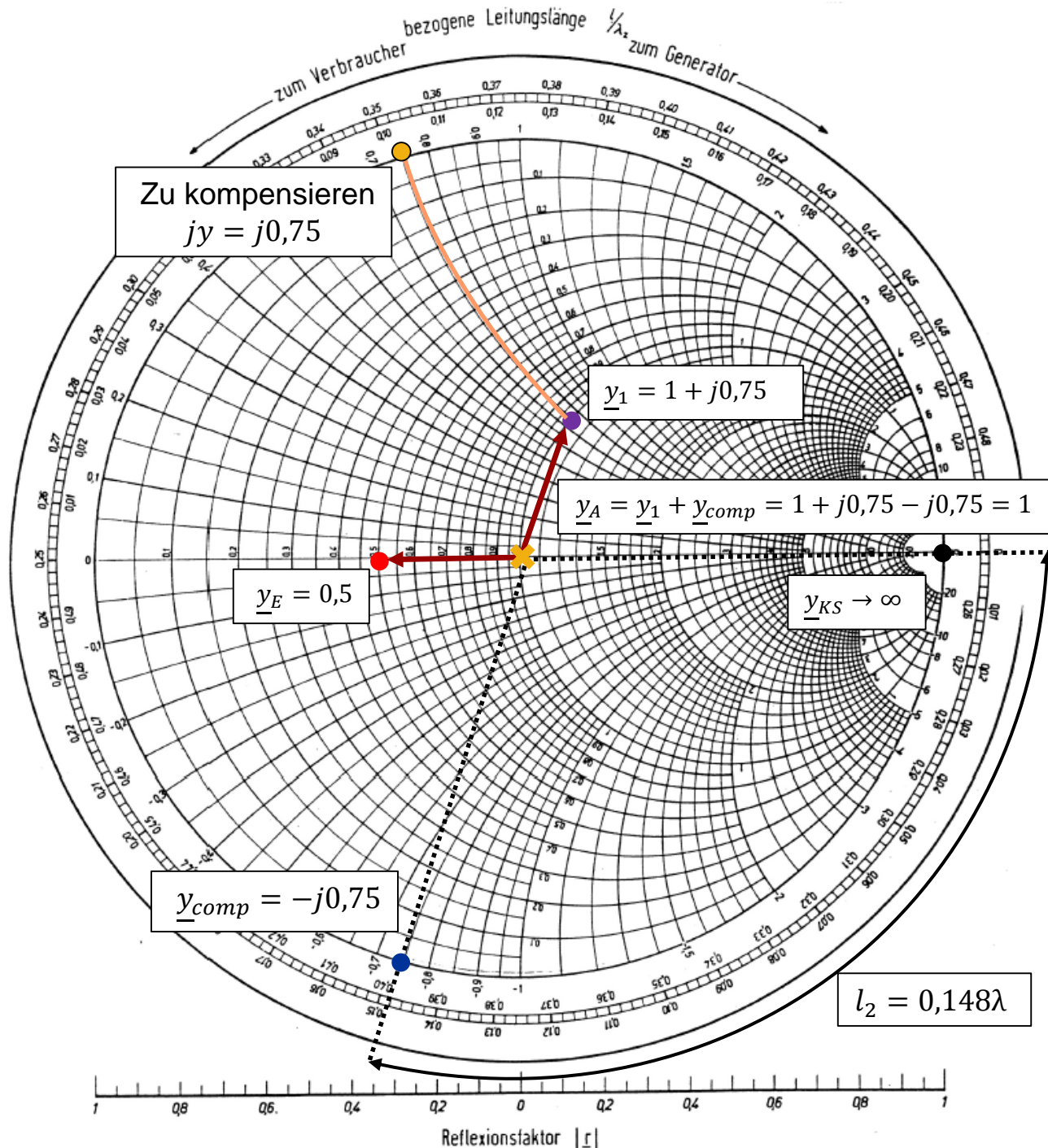
- Der erreichte Punkt hat einen Blindleitwert, der noch zu kompensieren ist (wir müssen einen betragsmäßig gleichen Blindleitwert, aber mit negativem Vorzeichen einstellen).
- Neben mit Bauelementen (Teil b)) kann das mit einer kurzgeschlossenen Leitung realisiert werden.
- Die Wahl passender Länge l_2 transformiert den Kurzschluss zum gewünschten Blindleitwert.

4) Der Punkt ist $\underline{y}_1 = 1 + j0,75$. Zu kompensieren ist $jy = j0,75$. Der Kurzschluss muss zum Punkt $\underline{y}_{comp} = -j0,75$ transformiert werden.

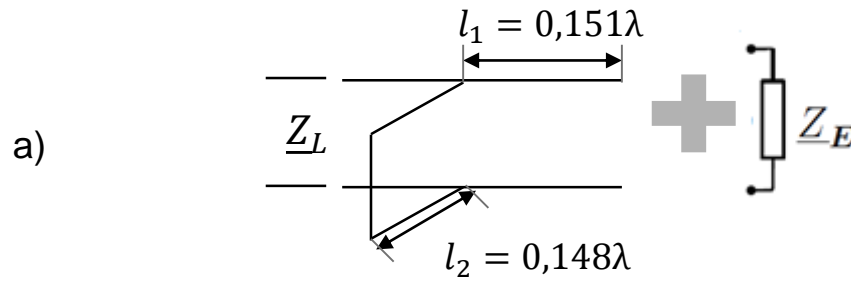
5) Eine Drehung zum Generator von \underline{y}_{KS} zum $jy = j0,75$ erfolgt mit einer Leitungslänge $l_2 = 0,148\lambda$ (gemessen mit der äußeren l/λ Skala, Startwert = 0, Endwert = 0,148, l_2 die Differenz vom Endwert zum Startwert).

Zu Teil b): Alternativ zur kurzgeschlossenen Leitung kann man gleich ein Bauelement mit der Kompensationsadmittanz anschließen. Da diese hier negativ ist, handelt es sich um eine Induktivität L . Mit der Kreisfrequenz ω gilt:

$$\underline{y}_{comp} = \frac{-j}{\omega L} Z_L$$



Zusammenfassung der Lösung



äquivalent



Aufgaben (abgabepflichtig)

Gegeben ist eine Leitung mit $Z_L = 50 \Omega$. Am Ende dieser Leitung wird die Impedanz $Z_E = (90 + j55) \Omega$ angeschlossen. Die Betriebsfrequenz beträgt 900 MHz. Entwerfen Sie ein Anpassungsnetzwerk mit den folgenden Vorgaben:

- Das Anpassungsnetzwerk besteht aus einer kurzgeschlossenen Leitung der Länge l_2 , die parallel im Abstand l_1 von der Impedanz am Ende angeschlossen ist. Geben Sie die Längen l_1 , l_2 an.
- Das Anpassungsnetzwerk besteht aus einem Blindwiderstand, der parallel im Abstand l_1 von der Impedanz am Ende angeschlossen ist. Wird hierzu eine Induktivität L oder eine Kapazität C eingesetzt? Geben Sie den Wert von L oder C an. Die Betriebsfrequenz ist weiterhin 900 MHz.
- Das Anpassungsnetzwerk besteht aus einer der Konfigurationen 1) oder 2). Bestimmen Sie für eine der Konfigurationen die Werte von L und C .

