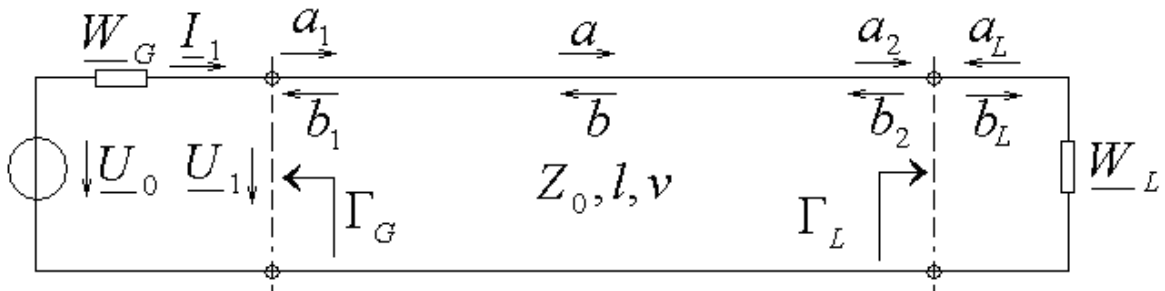
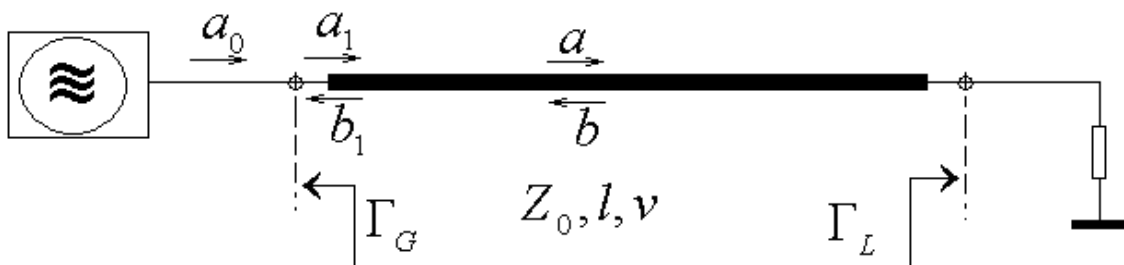


## Wellenquellen

Jede Strom- oder Spannungsquelle speist eine Welle in eine Leitung ein. Im Umgang mit Wellengrößen  $a$  und  $b$  ist es von Vorteil solche Quellen als **Wellenquellen** zu behandeln.



Überführung in die Beschreibung mittels 2-Toren.



In dieser Beschreibung ergeben sich sehr einfache Zusammenhänge.

Für die Quelle gilt:

$$a_1 = a_0 + b_1 \cdot \Gamma_G,$$

Wobei  $a_0$  die **Urwelle** der Wellenquelle ist und deutlich macht, dass ein **aktives 2-Tor** vorliegt. Sie ist leicht zu berechnen, da bei reflexionsfreiem Abschluß  $\Gamma_L = 0$   $a_1 = a_0$  ist da  $b_1$  verschwindet.

$$a_0 = \frac{U_0 \cdot \sqrt{Z_0}}{Z_0 + W_G} = \frac{u_0}{1 + w_G} \quad \text{bei einer Stromquelle gilt} \quad a_0 = \frac{i_0 \cdot w_G}{1 + w_G}.$$

Mit diesen Größen soll nun der Fall der

## Anpassung

untersucht werden und gezeigt werden, dass die erwarteten Ergebnisse eintreffen. Zuerst betrachten wir die

**Wellenanpassung** mit  $W_L = Z_0$ ,  $G_L = 0$

Es gibt nur die hinlaufende Welle

$$a = a_0 \cdot e^{-j \cdot b \cdot z}$$

und damit gilt

$$P_L = |a|^2 = |b_0|^2 = \frac{|u_0|^2}{|1 + w_G|^2} = \frac{U_0^2}{(Z_0 + R_G)^2 + X_G^2} \cdot Z_0 = |I_1|^2 \cdot Z_0$$

### Konjugiert komplexe Anpassung

Gesucht ist die Last ( $\Gamma_L$ ) für die die Leistung  $P_L$  zu Maximum wird.

Wenn  $\Gamma_L \neq 0$  gilt

$$b_1 = a_1 \cdot e^{-j \cdot b \cdot l} \cdot \Gamma_L \cdot e^{-j \cdot b \cdot l} = a_1 \cdot \tilde{\Gamma}_L \quad \text{damit gilt}$$

$$a_1 = a_0 + a_1 \cdot \tilde{\Gamma}_L \cdot \Gamma_G \quad \text{also}$$

$$a_1 = \frac{a_0}{1 - \tilde{\Gamma}_L \cdot \Gamma_G} \quad \text{und} \quad b_1 = \frac{a_0 \cdot \tilde{\Gamma}_L}{1 - \tilde{\Gamma}_L \cdot \Gamma_G}$$

Wir wollen zunächst den Fall einer sehr kurzen Leitung mit  $l \rightarrow 0$  und  $\tilde{\Gamma}_L = \Gamma_L$  betrachten

$$P_L = |a_1|^2 - |b_1|^2 = \frac{|b_0|^2 \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - \Gamma_G \cdot \Gamma_L|^2}.$$

Zur Maximierung von  $P_L$  muß  $\arg\{\Gamma_L\}$  und  $|\Gamma_L|$  entsprechend festgelegt werden.

Der Winkel hat nur Einfluß auf den Nenner und muß so gewählt werden, dass

$\Gamma_L \cdot \Gamma_G$  positiv reell wird, damit der Nenner minimal wird.

$$\arg\{\Gamma_L\} = -\arg\{\Gamma_G\}$$

Damit lautet  $P_L$  jetzt

$$P_L = \frac{|a_0|^2 \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{(1 - |\Gamma_G| \cdot |\Gamma_L|)^2}.$$

Dieser Ausdruck wird, wie man sich leicht klar macht, für  $|\Gamma_L| = |\Gamma_G| = \Gamma$  maximal.

Dabei wird dann

$$P_L = \frac{|a_0|^2}{1 - \Gamma^2} = \frac{U_0^2}{4R} \quad \text{mit} \quad R_G = R_L = R$$

gleich der verfügbaren Leistung des Generators.

Es liegt also der Fall der **konjugiert komplexen Anpassung** vor. Ist die Länge der

Leitung von Belang, muß  $\Gamma_L$  durch  $\tilde{\Gamma}_L$  ersetzt werden (Anpassung des Einganges der Leitung an den Generator).

### Anpassungsverluste

Bei Fehlanpassung wird eine geringere Leistung an die Last abgegeben. Das Verhältnis von  $P_A$  zu  $P_L$  stellt die Verluste durch Fehlanpassung dar.

$$M = \frac{P_A}{P_L} = \frac{|1 - \Gamma_L \cdot \Gamma_G|^2}{(1 - |\Gamma_L|^2) \cdot (1 - |\Gamma_G|^2)}, M|_{dB} = 10 \cdot \lg(M)$$

### Wirkungsgrad

Nicht immer ist der Fall der Anpassung anstrebenswert. Muß auf den Wirkungsgrad geachtet werden (Leistungsverstärker, Sendeendstufen), verbietet sich Anpassung, da in diesem Fall  $\eta$  nur 50% beträgt.

$$h = \frac{P_L}{P_L + P_v}$$

Gehen wir davon aus, dass sowohl  $P_L$  als auch  $P_v$  vom gleichen Strom verursacht werden, ergibt sich  $\eta$  aus dem Verhältnis der verantwortlichen Wirkanteile der Impedanzen, also

$$h = \frac{r_L}{r_L + r_v} = \frac{R_L}{R_L + R_v}.$$

Ist die Leitungslänge zu berücksichtigen, ist  $R_L$  durch den transformierten Wert  $\tilde{R}_L$  zu ersetzen. Sollen Leitungsverluste Berücksichtigung finden gelten andere Zusammenhänge.

### Resonanzabstimmung

Wichtig ist es noch den Wirkungsgrad im Zusammenhang mit den Anpassverlusten zu sehen. Sie sollten bei vorgegebenem Wirkungsgrad möglichst klein gehalten werden. Mit

$$P_A = \frac{U_0^2}{4 \cdot R_G} \quad \text{und} \quad P_L = \frac{U_0^2 \cdot R_L}{|\underline{W}_G + \underline{W}_L|^2} = \frac{U_0^2 \cdot R_L}{(R_G + R_L)^2 + (X_G + X_L)^2}$$

wird

$$M = \frac{U_0^2 \cdot R_L}{|\underline{W}_G + \underline{W}_L|^2} = \frac{(R_G + R_L)^2 + (X_G + X_L)^2}{4 \cdot R_G \cdot R_L} \quad \text{und man}$$

sieht, dass  $X_G = -X_L$  eingehalten werden, eine Forderung, die als **Resonanzabstimmung** bezeichnet wird.