

Wieso gerade 50Ω ?



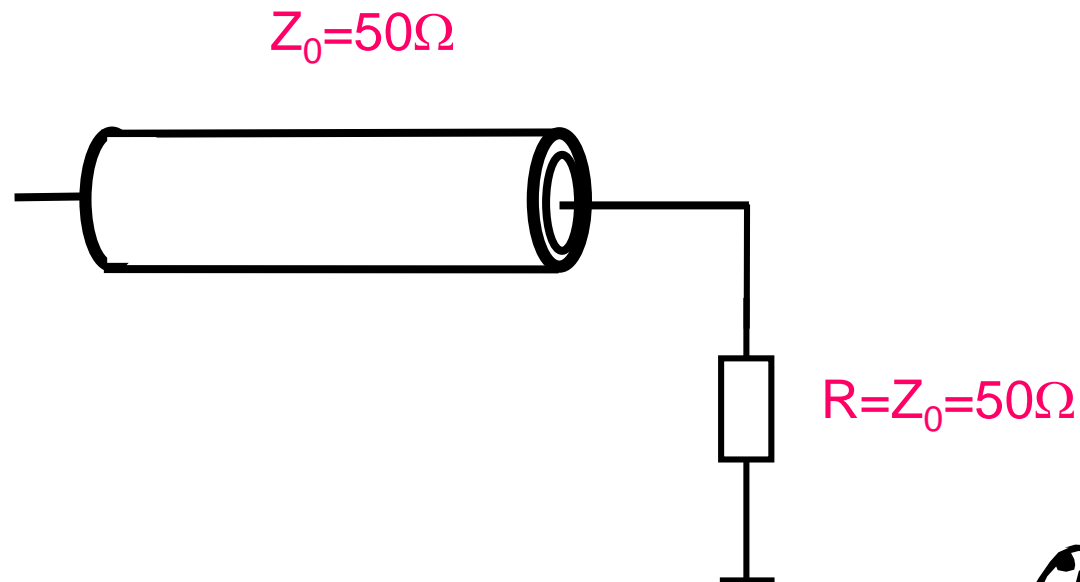
Roland Pfeiffer
8. Vorlesung

Grundlagen Koaxialkabel

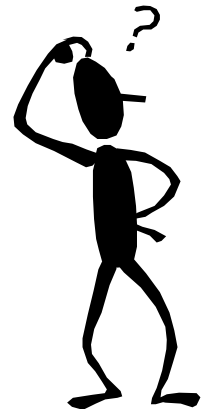
Koaxialkabel: Standardimpedanz $Z_0=50\Omega$



Anpassung „50Ω-Hochfrequenz-Welt“

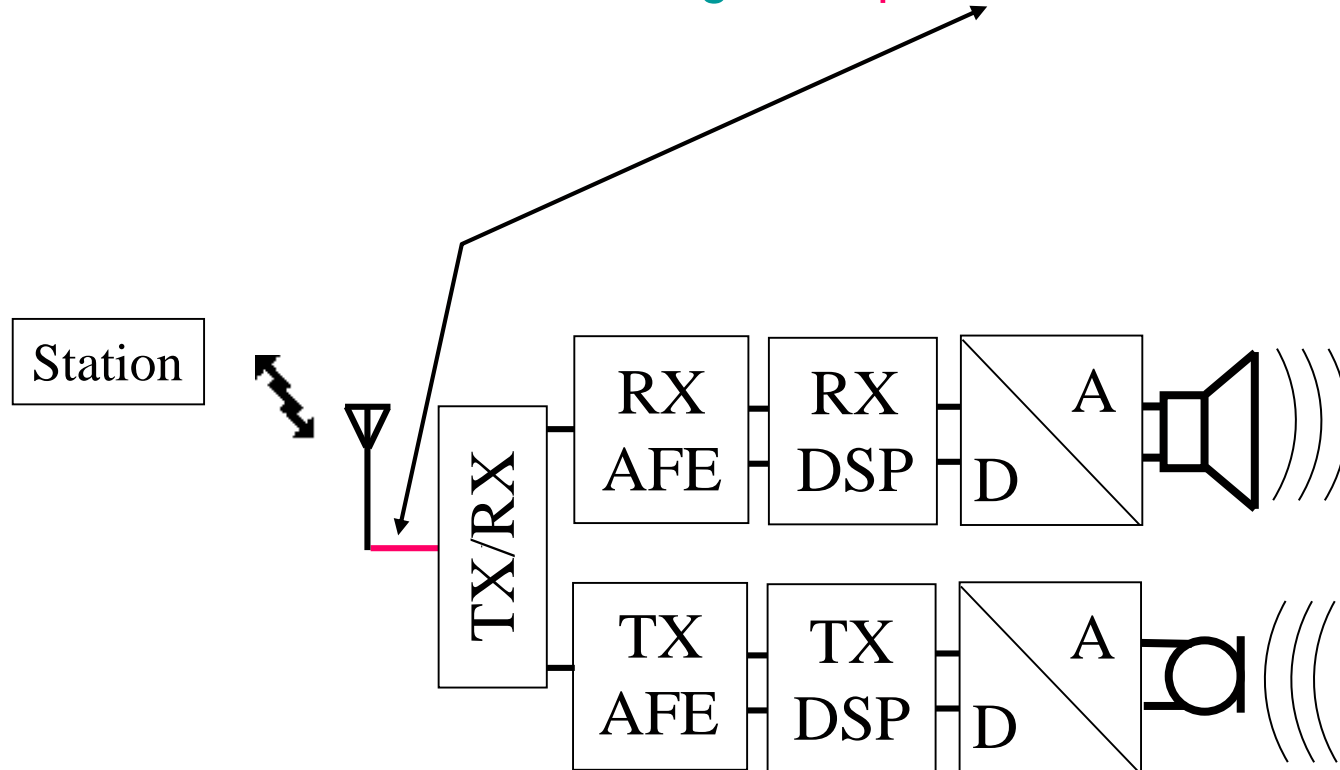


Wieso gerade 50 Ω ?



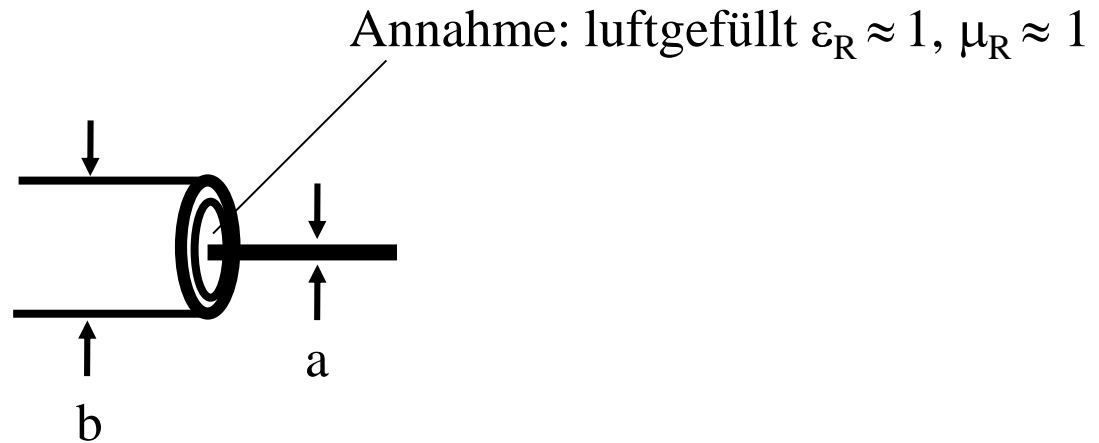
Grundlagen Koaxialkabel

Einsatz des Koaxialkabels: Verbindung **Leiterplatte/Antenne**



Grundlagen Koaxialkabel

Z_0 eines Koaxialkabel:

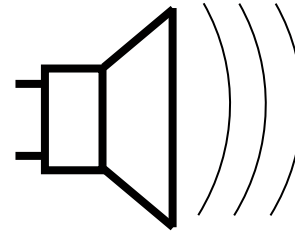


$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0 \cdot \mu_R}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_R}} \cdot \frac{\ln\left(\frac{b}{a}\right)}{2 \cdot \pi} \approx 60 \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Leitungseigenschaften = f(Z_0)

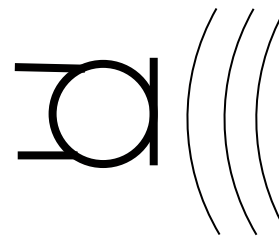
Problemstellung

Empfang: Dämpfung des Koaxialkabel möglichst klein



$$Z_0 \approx ?? \Omega$$

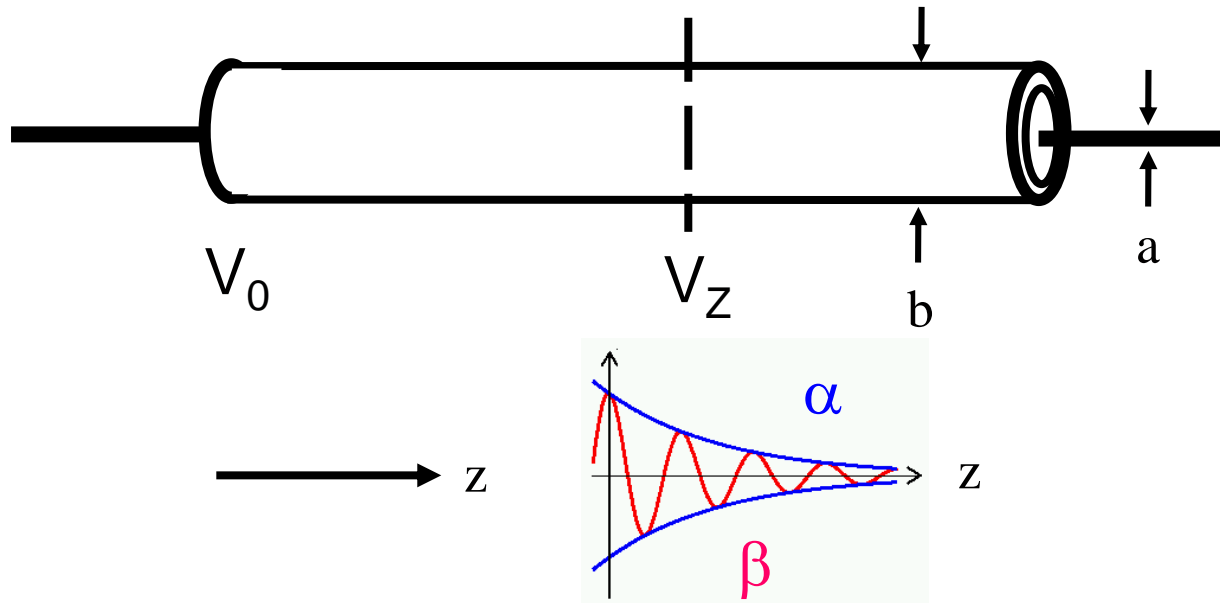
Senden: Leistungsübertragung des Koaxialkabel möglichst groß



$$Z_0 \approx ?? \Omega$$

Dämpfung

Wiederholung: Dämpfung



$$V_Z = V_0 \cdot e^{-\gamma \cdot z} = V_0 \cdot e^{-(\alpha + j\beta)z}$$

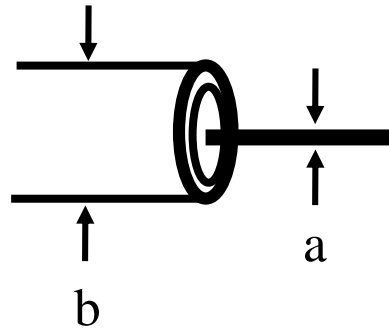
$$\alpha \approx \frac{R'}{2 \cdot Z_0}$$

R' Widerstand pro Meter



Dämpfung

Widerstand hauptsächlich durch Skin-Effekt



$$R' \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \delta \cdot \sigma} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

σ Leitfähigkeit des Drahtes: $1/(\Omega \cdot m)$

$$\text{Skin - Tiefe : } \delta = \sqrt{\frac{2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_R \cdot \sigma}}$$

Dämpfung

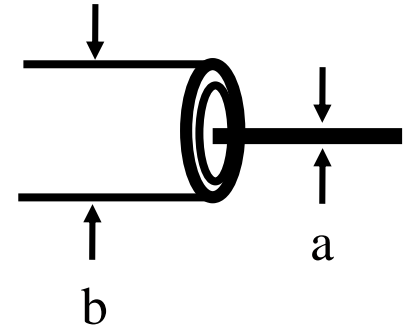
eingesetzt:

$$V_Z = V_0 \cdot e^{-\gamma \cdot z} = V_0 \cdot e^{-(\alpha + j\beta)z}$$

$$\alpha \approx \frac{R'}{2 \cdot Z_0} \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \delta \cdot \sigma} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \cdot \frac{1}{2 \cdot \left[60 \cdot \ln \left(\frac{b}{a} \right) \right]}$$

Dämpfung

Minimum (Ableitung zu Null) bei gegebenem b:



$$\frac{d\alpha}{da} = 0 \Rightarrow \frac{d}{da} \frac{\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} = 0 \Rightarrow \ln\left(\frac{b}{a}\right) = 1 + \frac{a}{b}$$

Iteration zur Lösung:

$$\frac{b}{a} \approx 3,6$$

Dämpfung

eingesetzt: $Z_0 \approx 60 \cdot \ln(3,6) \approx 77\Omega$

Einsatz bei

„one way communication“ (ein starker Sender, viele Teilnehmer)

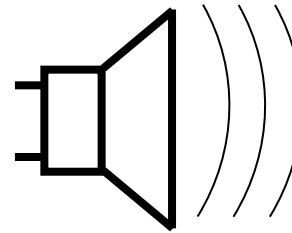
z. Bsp. Antenne oder Kabel-TV/Satelliten-TV:

Verbindung Anschlußstelle-Fernsehgerät/Radio über 75 Ohm Kabel



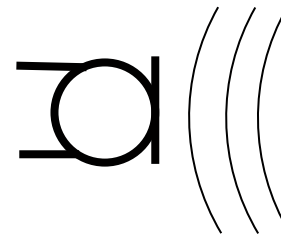
Problemstellung

Empfang: Dämpfung des Koaxialkabel möglichst klein



$$Z_0 \approx 77\Omega$$

Senden: Leistungsübertragung des Koaxialkabel möglichst groß

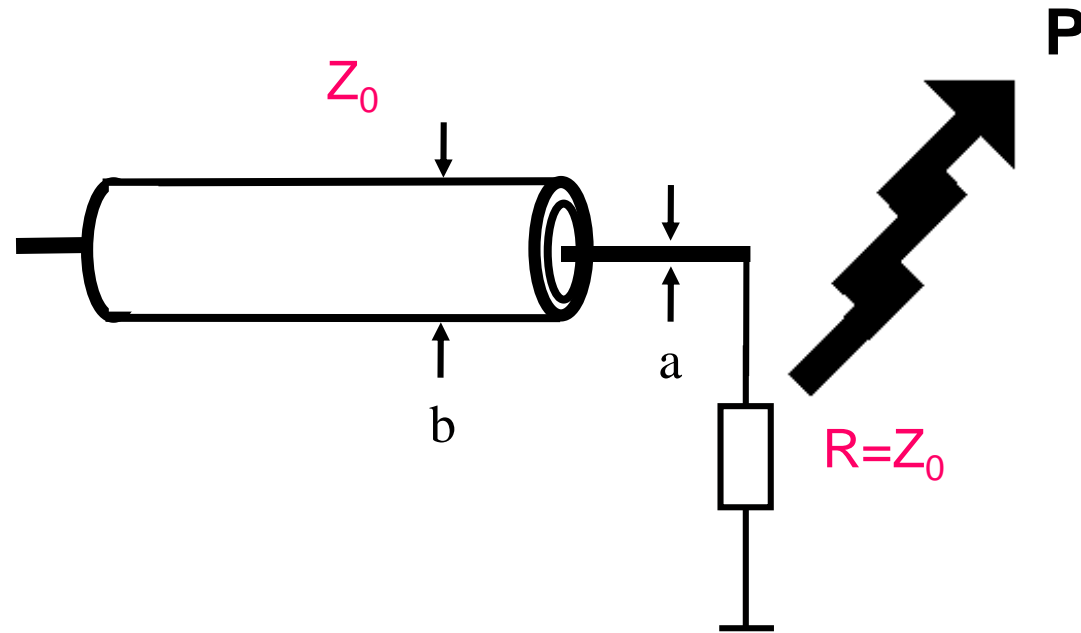


$$Z_0 \approx ??\Omega$$

Leistungsübertragung

Wiederholung Leistungsübertragung:

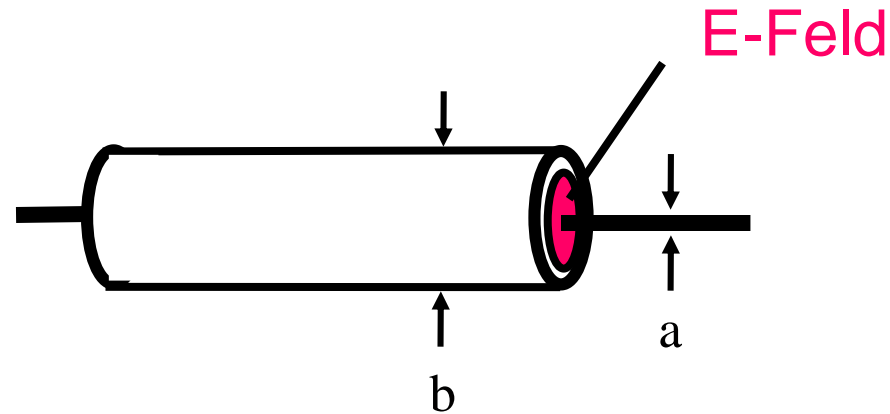
Optimum Leistungsanpassung:



$$P \propto \frac{V^2}{Z_0} = \frac{V^2}{60 \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

Leistungsübertragung

Leistungsübertragung wird begrenzt durch das E-Feld zwischen beiden Leitern:



$$E_{\text{MAX}} \propto \frac{V}{a \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

Leistungsübertragung

eingesetzt:

$$P \propto \frac{V^2}{60 \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)} = \frac{E_{\text{MAX}}^2 \cdot a^2 \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)^2}{60 \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$
$$= \frac{E_{\text{MAX}}^2 \cdot a^2 \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)}{60}$$

Leistungsübertragung

Maximum (Ableitung zu Null) bei gegebenem b :

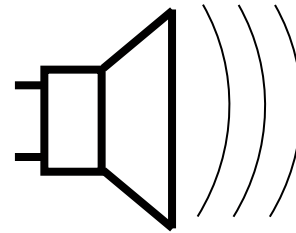
$$\frac{dP}{da} = 0 \Rightarrow \frac{d}{da} \left[a^2 \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right) \right] = 0 \Rightarrow \frac{b}{a} = \sqrt{e}$$

eingesetzt:

$$Z_0 \approx 60 \cdot \sqrt{e} \approx 30 \Omega$$

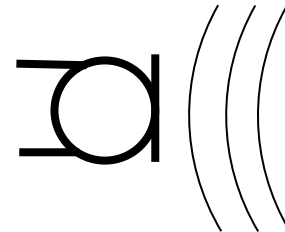
Problemstellung

Empfang: Dämpfung des Koaxialkabel möglichst klein



$$Z_0 \approx 77 \Omega$$

Senden: Leistungsübertragung des Koaxialkabel möglichst groß



$$Z_0 \approx 30 \Omega$$

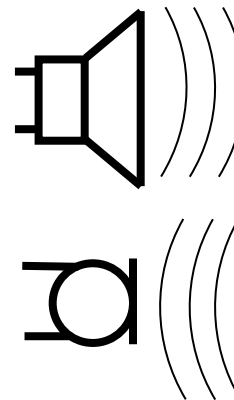
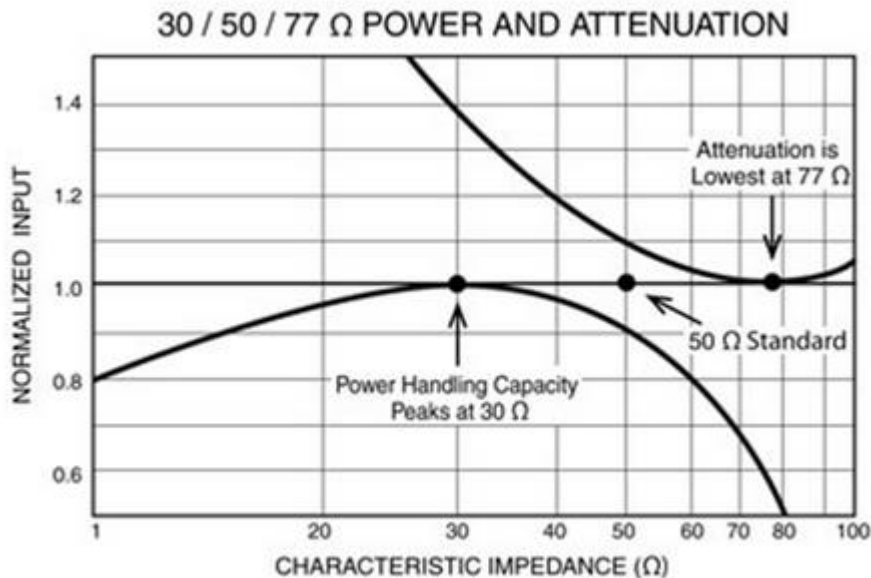
Kompromiß Dämpfung/Leistungsübertragung:

Empfang: Dämpfung des Koaxialkabel möglichst klein

Optimum: $Z_0 \approx 77 \Omega$

Senden: Leistungsübertragung des Koaxialkabel möglichst groß

Optimum $Z_0 \approx 30 \Omega$



$Z_0 = 50 \Omega !!$



Zusammenfassung

- Grundlagen
- Problemstellung
- Dämpfung
- Leistungsübertragung
- Kompromiß zwischen Dämpfung und Leistungsübertragung
- Zusammenfassung
- Literaturhinweise

Literaturhinweise

Bücher:

-T.H.Lee, „The design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits“, Cambridge University Press, 2004, ISBN 0-521-835399